

EL ENTRENAMIENTO de la HIPERTROFIA MUSCULAR



Gonzalo Cuadrado Sáenz
Carlos Pablos Abella
Juan García Manso



WANCEULEN EDITORIAL DEPORTIVA, S.L.

GONZALO CUADRADO SÁENZ
CARLOS PABLOS ABELLA
JUAN GARCÍA MANSO

EL ENTRENAMIENTO DE LA HIPERTROFIA MUSCULAR



WANCEULEN
EDITORIAL DEPORTIVA, S.L.

Título: EL ENTRENAMIENTO DE LA HIPERTROFIA MUSCULAR

Autor: Gonzalo Cuadrado Sáenz, Carlos Pablos Abella, Juan García Manso

Editorial: WANCEULEN EDITORIAL DEPORTIVA, S.L.
C/ Cristo del Desamparo y Abandono, 56 - 41006 SEVILLA
Tlfs: 95 465 66 61 y 95 492 15 11 - Fax: 95 492 10 59

I.S.B.N.: 84-9823-119-1

Dep. Legal:

©Copyright: WANCEULEN EDITORIAL DEPORTIVA, S.L.

Primera Edición: Año 2006

Impreso en España: Publidisa

Reservados todos los derechos. Queda prohibido reproducir, almacenar en sistemas de recuperación de la información y transmitir parte alguna de esta publicación, cualquiera que sea el medio empleado (electrónico, mecánico, fotocopia, impresión, grabación, etc), sin el permiso de los titulares de los derechos de propiedad intelectual.

ÍNDICE

Capítulo 1: Entrenamiento de la fuerza máxima hipertrofica: Generalidades	7
1.1. Los materiales y los medios de entrenamiento de la fuerza máxima hipertrofica	7
1.2. Entrenamiento de la fuerza máxima hipertrofica	9
Capítulo 2: La selección de cargas de entrenamiento: La intensidad.....	13
2.1. La selección de las cargas de entrenamiento de la fuerza máxima hipertrofica	13
2.2. Intensidades de las cargas	13
2.3. La repetición máxima (RM).....	14
2.4. El porcentaje de carga (%)	27
2.5. Las recuperaciones.....	38
Capítulo 3: La selección de cargas de entrenamiento: La magnitud.....	47
3.1. La magnitud de la carga	47
3.2. Aspectos que deben tenerse en cuenta para determinar la magnitud de un entrenamiento de la fuerza.....	56
3.3. Número de grupos musculares por sesión.....	57
3.4. Ejercicios por grupo muscular y/o sesión	58
3.5. Series por ejercicio, grupo muscular y/o sesión	58
3.6. Repeticiones por serie y repeticiones por sesión y series por sesión de entrenamiento	60
3.7. Número de sesiones por microciclo.....	67
Capítulo 4: La selección de cargas de entrenamiento: Aspectos metodológicos.....	71
4.1. Forma de ejecutar el entrenamiento.....	71
4.2. La selección del ejercicio	71
4.3. Orden de ejecución de los ejercicios	79
4.4. Velocidad de ejecución de los movimientos.....	82
4.5. Amplitud de los movimientos	85
4.6. Modelos de ejecución utilizados en las series.....	86
Capítulo 5: Otros métodos de entrenamiento utilizados en el trabajo de hipertrofia	95
5.1. Trabajo extensivo de cargas medias	95
5.2. Método excéntrico y excéntrico-concéntrico	96
5.3. Método de contraste	104
5.4. Entrenamiento isocinético.....	106
5.5. Isometría	110
5.6. La vibración muscular como método de entrenamiento de fuerza	114
Capítulo 6: Movimientos básicos de musculación	121
6.1. Movimientos básicos de musculación	121
6.2. Grupos musculares de la articulación del hombro	121
6.3. Rotación de la articulación del hombro	132
6.4. Articulación del codo.....	134
6.5. Movimiento de flexión del codo	135
6.6. Musculatura extensora de la articulación del codo	141

6.7. Las acciones de prono-supinación del miembro superior.....	148
6.8. Articulación de la muñeca	149
6.9. Musculatura del tórax	151
6.10. Musculatura de la parte superior y media de la región dorsal	161
6.11. Musculatura extensora del tronco: Musculatura de la parte baja de la espalda.....	178
6.12. Musculatura de las extremidades inferiores: La extensión y la flexión de la cadera, rodilla y tobillo	183
6.13. Musculatura extensora de la rodilla.....	184
6.14. Musculatura flexora de la rodilla.....	203
6.15. Músculos extensores de la cadera	212
6.16. La flexo-extensión en la articulación del tobillo	215
6.17. Multisaltos	219
6.18. Músculos aductores del miembro inferior.....	221
6.19. Músculos abductores del miembro inferior.....	222
Capítulo 7: Los Movimientos complejos.....	223
7.1. Movimientos complejos mixtos.....	223
7.2. Arrancada y sus variantes	223
7.3. Dos tiempos y sus variantes.....	226
7.4. Yerk o envión.....	227
7.5. Variantes de ejercicios para los dos movimientos de halterofilia.....	228

Capítulo 1

Entrenamiento de la fuerza máxima hipertrofica: Generalidades.

INTRODUCCIÓN

Entre los contenidos de este volumen de entrenamiento de hipertrofia muscular se tratarán los capítulos dedicados a las generalidades del entrenamiento de la fuerza máxima hipertrofica, y las características de este tipo de fuerza, seguido de los aspectos relacionados con la carga teniendo en cuenta la intensidad, la magnitud y los aspectos metodológicos que conforman cada uno de estos puntos un capítulo amplio que se complementa con otros métodos de entrenamiento utilizados en el trabajo de hipertrofia, incidiendo en los sistemas extensivos, excéntrico y excéntrico-concéntrico, el de contraste, el isocinético y la isometría, finalizando con la vibración muscular. Se continúa el libro con un capítulo dedicado a los movimientos básicos de musculación, atendiendo a los distintos grupos musculares de todo el cuerpo y los distintos ejercicios a aplicar en función de objetivos y finalizando con un capítulo de los movimientos complejos, principalmente los basados en ejercicios de halterofilia que son muy utilizados en deportes con objetivos de mejora de fuerza explosiva y coordinativa.

Con este libro, queremos aplicar los aspectos generales desarrollados en el primer volumen, mediante los planteamientos metodológicos del entrenamiento de la fuerza con objetivo hipertrofico.

1.1. Los materiales y los medios de entrenamiento de la fuerza máxima hipertrofica.

En la actualidad son muy variados los instrumentos y planteamientos metodológicos de que dispone el entrenador para poder desarrollar con éxito la fuerza de sus deportistas. Su elección dependerá de los medios que se tengan, de las necesidades reales del deporte que queramos entrenar y de las características individuales del sujeto en el que se va a emplear. Las pesas (mancuernas y barras), las máquinas, los medios naturales, etc., son algunos de los medios más utilizados entre los técnicos de las diferentes modalidades deportivas. Cada uno tendrá una utilidad y una eficacia diferente según las circunstancias que rodeen el proceso. Entre los distintos medios que se aplican al entrenamiento de la fuerza tenemos: las pesas y las mancuernas, las máquinas de musculación clásicas y las modernas como el yo-yo, las hidráulicas, etc.

1.1.1. Las pesas y las mancuernas.

Estos materiales permiten una gran versatilidad, variedad y multiplicidad en el entrenamiento de la fuerza, haciendo participar una mayor masa muscular en el movimiento merced a la intervención de no sólo los músculos agonistas, sino también los fijadores y sinergistas del movimiento realizado, favoreciendo además la dinámica global del gesto y sus factores cinestésicos. Algunos estudios demuestran que el trabajo con pesas logra una mayor actividad muscular que cuando se realiza el mismo ejercicio con un aparato de musculación. McCaw y Friday (1994) señalan que la respuesta EMG del movimiento de press de banca

con el 60% del 1RM era superior cuando se hacía con pesas que cuando se utilizaba un aparato que permitía ejecutar el mismo gesto.

Un posible problema de las pesas, está en el elevado riesgo que supone su uso entre personas poco familiarizadas con las mismas. Los ejercicios con barras son más peligrosos cuando se emplean cargas más elevadas, por lo que la figura de la ayuda adquiere mayor relevancia.



Figura 1.1. Aparatos de pesas.



Figura 1.2. Halteras

1.1.2. Las máquinas de musculación.

Estos aparatos ayudan a focalizar con facilidad los movimientos sobre los músculos que más nos interesa trabajar, lo que permite una mejor localización muscular del trabajo de fuerza. Sin embargo, estos aparatos no permiten grandes variaciones en sus aplicaciones, limitando el número de ejercicios que se puedan realizar en cada uno de ellos. No obstante, los aparatos de poleas y palancas ofrecen algunas ventajas sobre las barras, los cuáles se centran en la mayor seguridad, la comodidad de su utilización y la imagen que ofrecen a sus usuarios. Parece ser que se obtienen mejores resultados con las pesas y mancuernas que con las máquinas de musculación.



Figura 1.3. Máquinas de musculación

Las máquinas más populares y baratas son las de resistencia constante. En este tipo de máquinas las cargas (resistencias) van unidas por un cable que pasa a través de una o más poleas de radio fijo. Estas máquinas mantienen constante la carga de trabajo pero no así los niveles de tensión que necesita realizar el deportista para mover la carga. En la actualidad las máquinas se fabrican de

manera que permiten ir variando la resistencia a lo largo del movimiento adaptando la carga a los diferentes niveles de fuerza que tiene el grupo muscular actuante a lo largo de un rango completo de movimiento articular. Las máquinas de resistencia fija se mueven en un plano pre-establecido a través de un mecanismo simple de palancas y poleas. Por su parte las máquinas de resistencia variable, teóricamente, modifican la resistencia de acuerdo con la variación del momento de fuerza desarrollado por el músculo o grupo que interviene en ese instante.

1.1.3. Otros materiales de musculación.

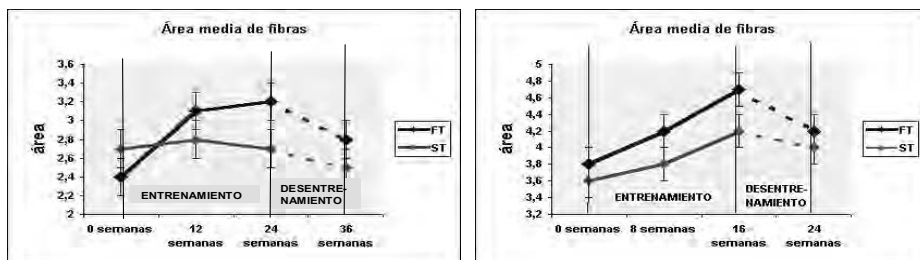
- Dentro del último tipo de máquinas de musculación se encuentran las de resistencia inercial (*máquinas Yo-Yo*), las cuáles fueron desarrolladas por Berg y Tesch para proporcionar a la NASA un instrumento de trabajo para los astronautas en sus viajes al espacio, el cual basa su funcionamiento en el mismo mecanismo que los populares Yo-Yo.
- Por su parte, los *dinamómetros isocinéticos* son instrumentos electromecánicos que permiten seleccionar previamente la velocidad de entrenamiento y mantienen constante la velocidad de contracción del músculo independientemente de la fuerza que sea aplicada.
- Las máquinas de resistencia hidráulica presentan la resistencia al aplicar la fuerza contra una cámara rellena de líquido que va saliendo por un orificio en función del diámetro que tenga el mismo o de la fuerza aplicada.
- Las máquinas neumáticas son similares a las anteriores pero ofreciendo la resistencia por medio de gases comprimidos que se oponen a la fuerza desarrollada por el deportista.

1.2. Entrenamiento de la fuerza máxima hipertrofica.

Las diferentes respuestas adaptativas que manifiesta cada deportista, es decir, el carácter individual de la misma, es uno de los conceptos claves que se deben entender a la hora de analizar los mecanismos que regulan el entrenamiento de la fuerza. En este sentido, se debe ser muy prudente a la hora de interpretar los resultados que nos aportan las diferentes investigaciones que sobre el tema se han desarrollado en diferentes poblaciones. Es absurdo extrapolar conclusiones entre sujetos de diferentes posibilidades de rendimiento y experiencia de entrenamiento.

Básicamente, la ganancia de la fuerza máxima se puede lograr por dos caminos: logrando una mayor *hipertrofia muscular*, o mejorando el *comportamiento de control nervioso de las UM* (unidades motrices). Las primeras adaptaciones que tienen lugar en el músculo se producen a nivel neuromuscular. Estas corresponden a modificaciones en el reclutamiento de nuevas UM, posteriormente corresponden a la capacidad de reclutar más UM en unidad de tiempo y finalmente a la mejora en la capacidad de emitir impulsos nerviosos de alta frecuencia. Vemos por lo tanto que se inicia con adaptaciones a nivel del sistema nervioso periférico y termina con las adaptaciones más inestables que son las que tienen lugar a nivel del sistema nervioso central.

En un segundo estadio las adaptaciones que se producen, suceden al nivel de las estructuras musculares. Estas adaptaciones estructurales que se generan con el trabajo de fuerza máxima corresponden a hipertrofia en estructuras contráctiles y elásticas. Häkkinen (1986) y Häkkinen et al. (1981) comprobaron que el trabajo de fuerza máxima conduce a un aumento de la sección transversal de las fibras, especialmente de las rápidas (ver gráficas 1.1 y 1.2). Estos caminos son simultáneos pero tienen un comportamiento individual diferente, pero afectan de forma sinérgica en las ganancias de fuerza.



Gráficas 1.1 y 1.2.: Adaptaciones estructurales en el entrenamiento de la fuerza máxima (Häkkinen, 1986 y 1981)

Este tipo de adaptaciones conduce a mejoras rápidas y en poco tiempo de la fuerza cuando el sujeto es poco experimentado en el entrenamiento de fuerza, mientras que el comportamiento observado en sujetos entrenados es de una lenta, progresiva y prolongada mejora de la fuerza en relación al tiempo de entrenamiento. Como es lógico, las cargas de entrenamiento de la fuerza máxima deberán ser diferentes para deportistas altamente entrenados en esta cualidad, que las que se tienen que emplear con sujetos sedentarios o de bajo nivel de rendimiento.

En el entrenamiento de deportistas altamente especializados, en su trabajo de fuerza, se deberán combinar adecuadamente los procesos de adaptación antes mencionados (tamaño de las fibras e innervación). Para estos deportistas se precisarán importantes niveles de carga para poder conseguir mejorar los niveles de fuerza máxima que, lógicamente, ya son muy elevados en el momento de comenzar el proceso de entrenamiento.

Por el contrario, conseguir rápidas e importantes mejoras de fuerza máxima entre los sujetos sedentarios resulta una tarea relativamente sencilla a causa de la elevada reserva de adaptación que poseen en relación con esta cualidad. Ya hace años, De Lorme et al. (1954) comprobaron, en niños adolescentes, el aumento de la circunferencia del brazo (entre 0.6 y 1.3 centímetros) y de la pierna (entre 1.6 y 4.4 centímetros), por la aplicación de un trabajo poco intenso con cargas de resistencia progresiva (5 extensiones de brazos y 5 extensiones de piernas / 4 veces por semana). El entrenamiento utilizado en la experimentación supone una carga irrisoria para conseguir iguales o similares adaptaciones entre deportistas altamente entrenados en fuerza.

Aunque es aceptado que para lograr ganancias de masa muscular se necesita combinar de forma adecuada un entrenamiento intenso y específico, acompañarlo

con una dieta correcta y rodearlo con la suficiente recuperación que permita asegurar un balance positivo entre los procesos anabólicos-catabólicos.

En este apartado centraremos nuestra atención en lo que hace referencia al diseño de cargas de trabajo que activen en mayor proporción la síntesis de proteínas. Por regla general estos protocolos se apoyan en el *carácter extensivo* de la carga de entrenamiento, es decir, protocolos de entrenamiento en los que prima el volumen de las cargas elevadas utilizadas. MacDonagh et al. (1984) señalan que cargas superiores al 66% de 1RM utilizadas a razón de al menos 10 repeticiones por serie, son suficientes para producir un incremento significativo de la fuerza de sujetos no muy entrenados. En el mismo sentido, ya hace algunos años, Salter (1955) comprobó que con un total de 30 repeticiones realizadas en cada sesión de entrenamiento, a lo largo de 16 sesiones de trabajo, con cargas elevadas (75%-1RM), eran suficientes para conseguir mejoras del 32% de la FIM ($p < 0.001$), lo que supone un incremento medio del 2% por cada día de entrenamiento.

Para poder conseguir mejoras estructurales evidentes y estables en deportistas altamente entrenados se utilizan cargas importantes y prolongadas en el tiempo (sinmorfismo). El concepto de *sinmorfosis* establece que la cantidad de elementos estructurales es regulada para satisfacer, pero no para exceder, los requerimientos del sistema funcional, razón por lo que es necesario mantener durante un largo período de tiempo altas demandas en las cargas de entrenamiento para poder establecer mejoras estructurales. Los deportistas altamente experimentados muestran que los progresos en los resultados deportivos solamente son posibles por el uso de ejercicios que requieren una extensa movilización de las habilidades corporales, algo que no siempre es necesario entre los sujetos sedentarios que se inician en el trabajo de fuerza. Todo parece indicar que existe un mecanismo intracelular que relaciona el funcionamiento de las principales respuestas fisiológicas y el aparato genético celular, a través del cual, la intensidad de la actividad funcional de las estructuras celulares determinan la actividad del aparato genético. Por efecto del ejercicio, el organismo pone en marcha complejos mecanismos que llevan a la acumulación de metabolitos que desencadenan la síntesis de proteínas.

La hipertrofia se explica por la intensificación de numerosos procesos metabólicos que acompañan a los procesos de fatiga y recuperación de los ejercicios realizados en condiciones de elevado estrés muscular. Incrementos de masa muscular, como resultado del trabajo de fuerza, requieren un estímulo apropiado que precipite el mecanismo de síntesis proteica y/o reduzca los mecanismos del catabolismo proteico. Por acción de los importantes e intensos trabajos realizados, los procesos catabólicos predominarán sobre los de síntesis durante la ejecución del ejercicio, lo que provoca que en los procesos de recuperación se produzca la regeneración del contenido de proteínas, factor que conduce al aumento de la masa muscular. De acuerdo con los principios de Engelhardt, cuanto mayor sea la pérdida de proteínas durante el entrenamiento, mayor será la posterior supercompensación, siempre y cuando, el organismo no caiga en un estado de fatiga crónica que interrumpa el proceso.

Ya vimos como algunas teorías señalan que mecanismos fisiológicos como son la *hipoxia* y la *congestión* muscular, favorecen que se disparen los mecanismos de síntesis de proteínas contráctiles. La hipótesis que se apoya en la

hipoxia, sugiere que un inadecuado suministro de sangre y, por lo tanto, oxígeno, nutrientes e información a la musculatura que trabaja es el que pone en marcha el mecanismo de síntesis proteica, situación que se produce siempre que las tensiones son relativamente elevadas. La otra teoría, la de la congestión, se apoya en el importante suministro de sangre, por lo tanto oxígeno y nutrientes, que recibe el músculo durante la recuperación o durante la contracción cuando se emplean cargas pequeñas. Actualmente, se plantean otras teorías basadas en el *nivel de destrucción proteica* que sufre el músculo durante la actividad y la posibilidad de regenerarlo durante el descanso, siempre que el mismo se acompañe con el adecuado aporte exógeno de aminoácidos, por la puesta en marcha adecuada del mecanismo neuroendocrino específico, o aquella otra que se apoya en el *descenso de los niveles musculares de ATP* que acompañan al ejercicio.

BIBLIOGRAFÍA.

- Bosco, C. *La fuerza Muscular: Aspectos metodológicos*. Barcelona. INDE. (2000).
- DeLorme, TL., Ferris, BG., Gallagher, JR. "*Effect of progressive resistance exercise on muscle contraction time*". Archives Physiological Medi. Rehabil. 35:420-426. (1954).
- MacDonagh, M., Davies, C. "*Adaptative response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads*". European Journal Applied Physiology. 52:139-155. (1984).
- McCaw, S.T; Friday, J.J. "*A comparison of muscle activity between a free weight and machine bench press*". Journal of strength and conditioning research (Champaign, Ill.) 8(4): 259-264. (1994).

Capítulo 2

La selección de cargas de entrenamiento: la intensidad

2.1. La selección de las cargas de entrenamiento de la fuerza máxima hipertrofica.

A la hora de planificar un entrenamiento de fuerza que nos permita conseguir importantes hipertrofias musculares debemos seleccionar con cuidado y acierto las cargas de trabajo que serán más eficaces para el objetivo a alcanzar. Sólo determinadas cargas, y su forma de utilización, permitirán crear un entorno anabólico (hormonal y catabolitos) favorable. Para una mejor explicación de las cargas de entrenamiento de orientación hipertrofica haremos referencia a tres importantes aspectos: la intensidad (calidad) de la carga, la magnitud (volumen) de trabajo realizado y la forma de ejecución (aplicación) (figura 2.1).

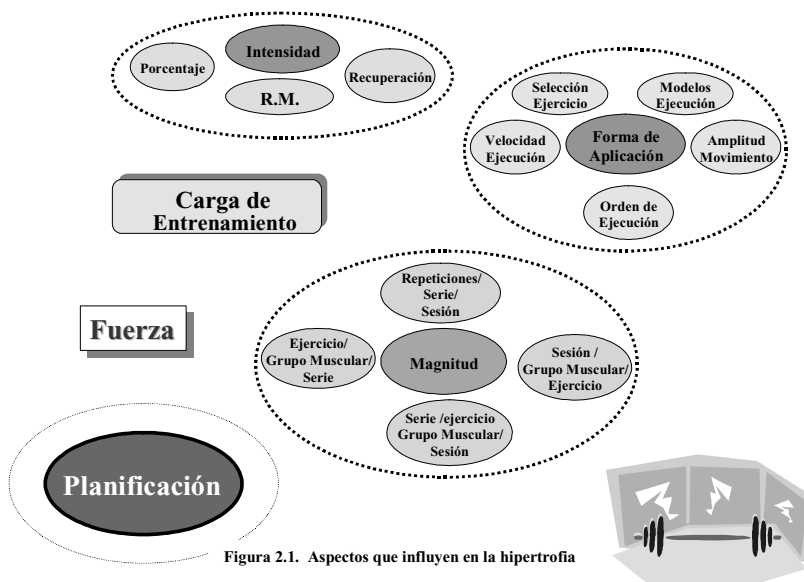


Figura 2.1. Aspectos que influyen en la hipertrofia

2.2. Intensidades de las cargas.

La intensidad de la carga de entrenamiento es el aspecto cualitativo de la misma y siempre se encuentra supeditada al nivel del deportista y al momento de la temporada. Grosser (1988) la define como la fuerza del estímulo que manifiesta un deportista durante la realización de un esfuerzo, aunque lo más corriente es plantear la intensidad como la magnitud de la resistencia a vencer durante un ejercicio, grupo muscular o entrenamiento. Esta última definición sólo es válida cuando la resistencia a vencer está en relación con un valor de referencia máximo

y el ejercicio se realiza con la velocidad límite respecto a esa carga, ya que cualquier resistencia puede ser movida con diferentes grados de intensidad.

Entendemos por intensidad de una carga aquellos parámetros que nos dan información sobre la intensidad de las resistencias utilizadas en cada movimiento, dando por aceptado que el gesto se realiza al máximo potencial de su ejecución. La expresión de este parámetro puede hacerse de diferentes formas aunque nosotros prestaremos especial interés por tres de ellas:

Repetición máxima (RM)	Porcentaje de carga (%)	Recuperaciones
------------------------	-------------------------	----------------

2.3. La repetición máxima (rm).

La determinación de la carga correspondiente a una repetición máxima (1 RM) es la forma más popular y el método más simple para concretar la fuerza máxima dinámica de un deportista y/o la carga de trabajo con la que debe entrenar. El número de repeticiones máximas que se pueden realizar con una carga, aumenta conforme disminuye el valor absoluto de la misma (2-RM; 3-RM; 4-RM; etc.), es decir, a mayor peso menos repeticiones y a menor peso más repeticiones.

Cuando no se tiene en cuenta la velocidad de ejecución y/o no se realiza el número máximo de repeticiones que se pueden ejecutar con una carga¹, se hace necesario disponer de criterios de referencia que permitan comprender el efecto que en los procesos de adaptación van a desencadenar diferentes cargas de entrenamiento. Los siguientes gráficos muestran algunas de las zonas de intensidad más comunes que se emplean en el entrenamiento de la fuerza:

- **1-5 RM** = Gran activación neural de fuerza (máximo número de U.M.), elevada respuesta hormonal anabólica con baja respuesta catabólica, pero moderadas ganancias de volumen.

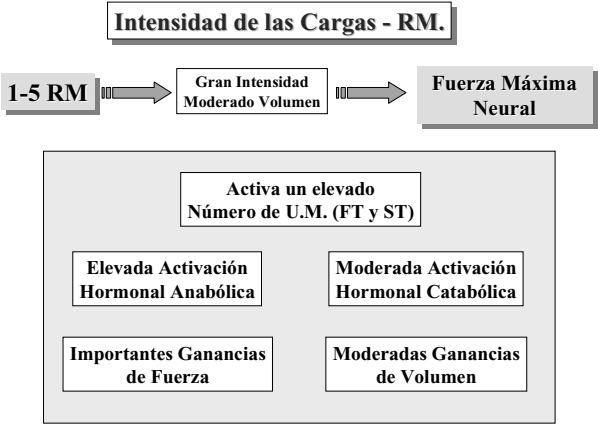


Figura 2.2. Zona de intensidad máxima

¹ Las cosas cambian de forma significativa cuando cada movimiento se realiza a la máxima velocidad posible y no se llega al número máximo potencial de repeticiones que se pueden hacer con una carga.

- **6-8 RM** = Óptimo compromiso de la fuerza, congestión muscular importante, elevada respuesta hormonal anabólica y respuesta catabólica media y significativas ganancias del volumen muscular.

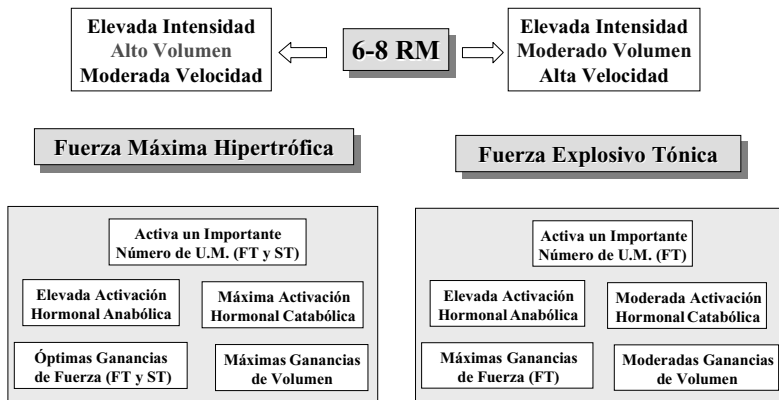


Figura 2.3. Zona de intensidad sub-máxima

- **9-12 RM** = Elevada respuesta hormonal anabólica y respuesta catabólica intensa con grandes mejoras en volumen y fuerza.

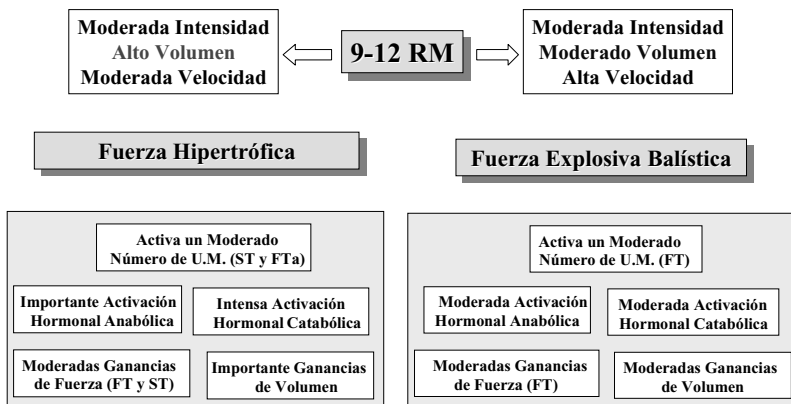


Figura 2.4. Zona de intensidad alta

- **13-20 RM** = Moderada respuesta hormonal anabólica y respuesta catabólica intensa con compromiso bajo de la fuerza, con mejora de la fuerza resistencia pero con moderadas ganancias de volumen.

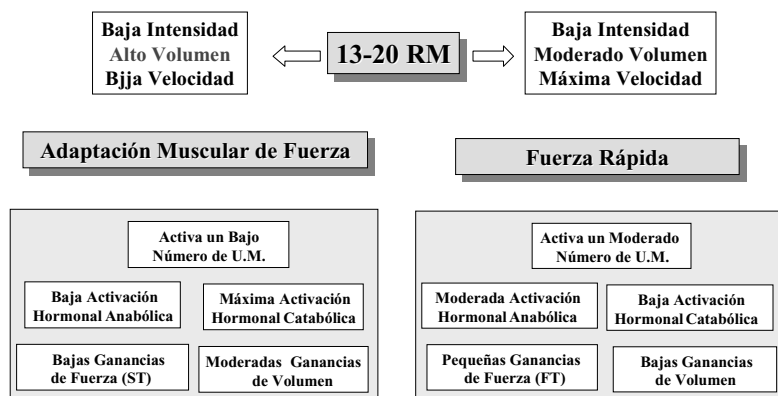


Figura 2.5. Zona de intensidad media

Como se observa en los datos anteriores, normalmente se acepta que son las cargas que oscilan entre el 6 RM y el 12 RM las que mejores y más importantes beneficios tienen sobre el aumento de tamaño de las estructuras musculares. Desde el punto de vista metodológico el trabajo hipertrófico de fuerza se apoya principalmente en la ejecución de un elevado número de ejercicios y/o series de muchas repeticiones con cargas muy grandes de trabajo para cada grupo muscular.

Evaluación del 1-RM.

La forma en que se determine cada valor de RM para cada ejercicio y/o sujeto depende en gran medida del nivel de entrenamiento acumulado y de los niveles de fuerza que se posean. En sujetos muy experimentados es posible determinar el valor de 1-RM de forma directa utilizando el método tradicional de sobrecargas en la que se repite el test aumentando los pesos hasta llegar a las cargas que corresponden a valores de 1 a 3-RM. Con sujetos de este sector de población (deportistas entrenados en fuerza) es normal que se establezcan comparaciones de rendimiento que permitan establecer su nivel o categoría deportiva. Sin embargo, una de las principales dificultades tiene su origen en las diversas categorías de peso en que se suelen organizar muchas modalidades deportivas que tienen su sustento en la fuerza (halterofilia, powerlifting, etc.,). En este caso, para poder comparar los resultados entre dos o más deportistas de diferente peso, se utilizan algunas ecuaciones de compensación que permiten igualar los resultados que obtienen en un movimiento o ejercicio determinado. Entre aquellas que podemos encontrar en la bibliografía destacan las siguientes:

Ecuaciones de Siff (Deporte: halterofilia).

- Total (Γ) = $512.245 - 146230 \times PC(kg)^{-1.605}$
- Total (E) = $257.314 - 943.063 \times \exp(-0.05142 \times PC(kg))$

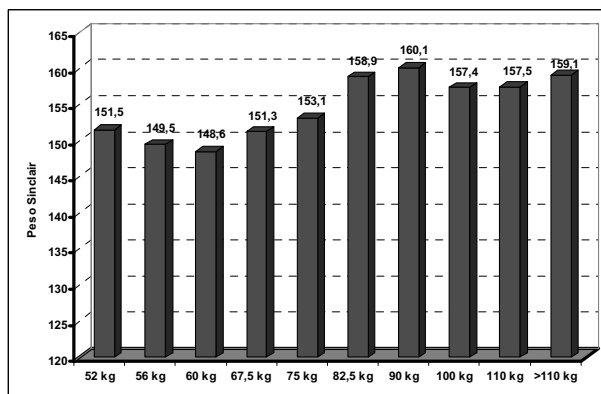
Ecuaciones Siff (Deporte: powerlifting):

- Total (Γ) = $1270.4 - 172970 \times PC(kg)^{-1.3925}$

Ecuaciones Sinclair:

- Total (I') = $10^{(1.016281142 \times \log(PC/135.39))}$

- Total (E) = $10^{(1.348196177 \times \log(PC/110.69))}$



Gráfica 2.1. Evolución del peso Sinclair en halterófilos por categoría de peso durante el período competitivo (I. Román-1986)

Sin embargo, evaluar la fuerza máxima haciendo repeticiones hasta llegar al límite en el que se mueve una carga muy elevada puede resultar una estrategia muy peligrosa en otro tipo de poblaciones donde los niveles de fuerza no son muy importantes (niños, sedentarios, deportistas de resistencia, sujetos de edad avanzada, etc.,). Incluso la utilización de estos protocolos de evaluación empleados con sujetos con poca fuerza resultan inútiles por su poca fiabilidad en el resultado final.

Para estas ocasiones resulta más interesante utilizar test en los que el sujeto evaluado trata de alcanzar el número máximo de repeticiones en un ejercicio en el que se colocan cargas de menor intensidad (submáximas). En el caso de adolescentes (también es útil con adultos sedentarios), la Academia Americana de Pediatría y la National Strength and Conditioning Association recomiendan el uso del test del 10 RM como valor de referencia de la fuerza máxima. Incluso a la hora de calcular una RM, no todos los entrenadores están dispuestos a utilizar cargas demasiado elevadas durante un test, especialmente si el deportista no está acostumbrado a levantar resistencias tan grandes y agresivas. Para solucionar este problema existen una interesante gama de fórmulas y tablas que nos permiten, con bastante fiabilidad y facilidad, el cálculo del 1-RM a partir del uso de cargas submáximas.

Algunas de estas propuestas permiten estimar a partir de sencillas ecuaciones la carga máxima que un deportista es capaz de mover al menos una vez en un movimiento o ejercicio determinado. Lógicamente, la validez del resultado será mayor cuanto más se parezca el sujeto a las características de la muestra con la que la ecuación fue determinada, aunque los posibles errores son tan pequeños que los resultados pueden ser asumidos como válidos sin riesgo a estar cometiendo fallos muy significativos. Algunas de las más difundidas y utilizadas por entrenadores y aficionados al entrenamiento de fuerza son las propuestas por

Lombardi (1989), O'Conner et al. (1989), Epley (1995), Mayhew et al. (1993), Brzycki (1993), Watham (1994), y Lander (1985), (tabla 2.1.).

AUTOR	ECUACIÓN
Lombardi (1989)	$1RM = \text{Kilos} \times \text{Repeticiones}^{0.1}$
O'Conner et al. (1989)	$1RM = \text{Kilos} \times (1 + 0.025 \times \text{repeticiones})$
Epley (1995)	$1RM = (0.0333 \times \text{Kilos}) \times \text{Repeticiones} + \text{kilos}$
Mayhew et al. (1993)	$\%1RM = 53.3 + 41.8 \times e^{-0.055 \times \text{repeticiones}}$
Brzycki (1993)	$\%1RM = 102.78 - 2.78 \times \text{repeticiones}$
Watham (1994)	$1RM = 100 \times \text{kilos} / (48.8 + 53.8^{-0.075 \times \text{número de repeticiones}})$
Landers (1985)	$\%1RM = 101.3 - 2.67123 \times \text{repeticiones}$
NFL	$1RM = (0.03 \times \text{Kilos}) \times \text{Repeticiones} + \text{Kilos}$

Tabla 2.1. Fórmulas para hallar 1RM, según distintos autores

La fiabilidad de estas ecuaciones han sido objeto de estudio en diferentes trabajos. Le Suer et al. (1997) estudiaron la precisión de siete ecuaciones antes descritas cuando se utilizaba para evaluar 1RM en los ejercicios de pectoral, sentadilla y peso muerto. Los resultados demostraron que todas ellas muestran una elevada precisión y dan un valor muy similar con independencia de la que se utilice, especialmente cuando se trata de evaluar sujetos no altamente entrenados en fuerza (tabla 2.2.).

Ecuación	Diferencia (%) entre el valor estimado y el real			Correlación (r) entre el valor estimado y el real		
	Pectoral	Sentadilla	P. Muerto	Pectoral	Sentadilla	P. Muerto
Lombardi (1989)	4%	0.05%	12%	0.993	0.969	0.956
O'Conner et al. (1989)	3%	0.04%	11%	0.993	0.969	0.956
Epley (1995)	1%	0.03%	10%	0.993	0.968	0.956
Mayhew et al. (1993)	3%	0.05%	11%	0.990	0.965	0.951
Brzycki (1993)	0.8%	0.05%	10%	0.992	0.965	0.953
Watham (1994)	6%	0.08%	14%	0.992	0.968	0.954
Lander (1985)	0.8%	0.02%	9%	0.992	0.969	0.965

Tabla 2.2. Estudio comparativo en pectoral, sentadilla y peso muerto entre diferentes fórmulas de 1-RM. Le Suer et al. (1997).

Lo ideal en la evaluación indirecta de la fuerza máxima, sería disponer de ecuaciones de predicción para cada tipo de población, efectuando diferencias por niveles de entrenamiento, modalidad deportiva realizada, edad de los sujetos o

sexo. De cualquier forma, existen algunas evidencias que nos señalan que no existen diferencias por sexo a la hora de poder hacer un número determinado de repeticiones por cada porcentaje de carga. Así, Hoeger et al. (1990) demostraron que no existen diferencias significativas ($p < 0.05$) en el número de repeticiones que hombres y mujeres pueden realizar a diferentes intensidades (40, 60 y 80%) de siete movimientos (prensa de piernas, tirón de polea tras nuca, pectoral, extensión de piernas, sit-up, curl de piernas y curl de brazos). Por el contrario, si encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) al comparar el número de repeticiones que eran capaces de realizar hombres entrenados y sujetos no entrenados, cuando eran testados en todas las intensidades de los movimientos de curl de brazos, extensiones de piernas y sit-up. Diferencias significativas también fueron encontradas al realizar el test del 60% del ejercicio de curl de piernas, así como al 60 y 80% del movimiento de tirón de polea tras nuca. Paradójicamente, las diferencias no fueron estadísticamente significativas en los ejercicios de prensa de piernas y pectoral. Cuando se compararon mujeres entrenadas y no entrenadas, las diferencias fueron significativas en los siete ejercicios cuando el test se realizó al 40% del 1RM, mientras que al 60%, las diferencias significativas sólo se dieron en el de extensión de rodillas, pectoral, sit-up, curl de brazos y curl de piernas, mientras que al 80% del 1RM, ocurrió en los movimientos de pectoral, sit-up y prensa de piernas.

La edad puede ser un parámetro importante a considerar, especialmente cuando se hace referencia a poblaciones muy jóvenes o a sujetos de edad avanzada. No obstante, las ecuaciones antes mencionadas tienen suficiente validez en todo tipo de poblaciones. Knutzen et al. (1999) comprobaron la alta validez de predicción de varias ecuaciones (tabla 2.3).

Ejercicio	Brzycki	Epley	Lander	Mayhew	O'Connor	Watham
Press tríceps	0,798	0,782	0,791	0,774	0,778	0,799
Curl bíceps	0,871	0,815	0,869	0,856	0,858	0,784
Remo lateral	0,855	0,862	0,871	0,852	0,857	0,828
Press banca	0,896	0,881	0,901	0,901	0,901	0,898
Leg press	0,786	0,802	0,795	0,799	0,799	0,798
Flexión cadera	0,751	0,746	0,746	0,737	0,742	0,745
Extensión cadera	0,709	0,614	0,621	0,604	0,609	0,543
Abducción cadera	0,749	0,757	0,748	0,756	0,757	0,758
Aducción cadera	0,766	0,761	0,753	0,756	0,758	0,758
Flexión plantar	0,662	0,621	0,645	0,608	0,614	0,624
Extensión plantar	0,633	0,606	0,627	0,603	0,605	0,602

Tabla 2.3. Estudio sobre la validez de las ecuaciones de 1 RM según Knutzen et al. (1999)

Ejemplo de ecuaciones específicas para sujetos de edad avanzada, son las propuestas por Brown et al. (1995) para determinar el 1RM en pectoral y por Guynes et al. (1995) para el ejercicio de extensión de piernas:

$$\text{Press de banca (1RM)} = (1.2991 \times 7\text{-}10\text{RM}) + 4.373.$$

$$\text{Sentadilla (9) (1 RM)} = (1.0778 \times 5\text{-}10 \text{ RM}) + (2.2419 \times n^{\circ} \text{ repeticiones}) + 10.061$$

Valoración de los tests de fuerza máxima.

Con independencia del protocolo utilizado para determinar los niveles de fuerza, uno de los aspectos más interesantes de la evaluación es saber con suficiente exactitud los rendimientos que posee un sujeto y cual es su nivel con respecto a otras personas de su misma o diferente población. Revisando la bibliografía especializada, podemos encontrar numerosas propuestas de evaluación de la fuerza máxima en las que se utilizan ejercicios muy populares en el entrenamiento de la fuerza, aunque una vez más, debemos señalar que lo ideal sería elaborar una tabla específica para cada tipo de población.

Sujetos sedentarios, jóvenes y tercera edad.

Ya comentamos que son muchas las tablas de evaluación que podemos encontrar en la bibliografía especializada, por lo que sólo nos limitaremos a referenciar algunas que según los autores son de mayor difusión en el campo del entrenamiento de la fuerza. Por estas razones proponemos analizar y utilizar las siguientes:

1) Propuesta para sujetos en edad escolar teniendo en cuenta el peso corporal.

Hatfield (1984) propone una tabla por percentiles en la que se evalúa la fuerza de varones en edad escolar a través del control de ocho ejercicios (curl, tirón vertical, press militar, pectoral, sentadilla, remo en polea baja y buenos días) teniendo en cuenta parámetros como el peso corporal del sujeto.

Peso	Percentil	Sit-Up	Curl	Tirón vertical	Press militar	Pectoral	Sentadilla	Remo en polea	Buenos Días
54,5-58,5	100%	70	49	54	69,75	76,5	114,75	83,25	96,75
	50%	40	36	40,5	47,25	54	72	54	74,25
58,6-63,0	100%	70	50,5	56,25	74,25	78,75	119,25	87,75	99
	50%	40	38,2	42,75	51,75	56,25	76,5	56,25	76,5
63,1-67,5	100%	70	52,8	58,5	76,5	83,25	123,75	92,25	101,25
	50%	40	40,5	47,25	54	60,75	81	58,5	78,75
67,6-72,0	100%	75	55,125	60,75	78,75	87,75	130,5	94,5	103,5
	50%	45	42,75	49,5	56,25	65,25	87,75	60,75	81
72,1-76,5	100%	75	56,25	63	81	92,25	137,25	96,75	105,75
	50%	45	45	51,75	58,5	69,75	94,5	63	83,25
76,6-81,2	100%	75	57,15	65,25	83,25	96,75	141,75	99	108
	50%	45	45	54	60,75	74,25	101,25	65,25	85,5
81,3-85,7	100%	75	58,5	67,5	85,5	101,25	146,25	101,25	110,25
	50%	45	47,25	56,25	63	78,75	108	67,5	87,75
>85,8	100%	75	60,75	69,75	87,75	105,75	150,75	103,5	112,5
	50%	45	49,5	58,5	65,25	83,25	112,5	69,75	90

Tabla 2.4. Tabla por percentiles para evaluar la fuerza en escolares masculinos. Hatfield (1984)

2) Propuesta de incentivación para adolescentes.

Por su parte, Ference (1991) propone una batería de tests de evaluación de la fuerza para jóvenes estudiantes en High School (bachillerato 15 a 17 años) en los que se trata de incentivar su motivación hacia el trabajo con sobrecargas. Dicha tabla sólo es válida para sujetos que ya poseen experiencia en el entrenamiento con sobrecargas, proponiéndose niveles de rendimiento como metas a alcanzar y no como evaluación básica de la fuerza en los tres movimientos que se utilizan como control. La propuesta incorpora el peso corporal como variable a considerar para asegurar una mayor eficacia y objetividad durante la evaluación de los niveles de fuerza alcanzados por el deportista (tabla 2.5).

Ejercicio	Nivel-1	Nivel-2	Nivel-3	Nivel-4
<73 kilos				
Sentadilla	175%	185%	205%	230%
Pectoral	135%	150%	165%	175%
Cargada	115%	125%	135%	145%
73-90 kilos				
Sentadilla	170%	180%	200%	225%
Pectoral	130%	145%	160%	170%
Cargada	110%	120%	130%	140%
91-105 kilos				
Sentadilla	160%	170%	190%	215%
Pectoral	125%	140%	155%	165%
Cargada	105%	115%	125%	135%
>105 kilos				
Sentadilla	150%	160%	180%	205%
Pectoral	120%	135%	150%	160%
Cargada	100%	110%	120%	130%

Tabla 2.5. Tabla para jóvenes estudiantes con experiencia con sobrecargas (Ference, 1991)

Aquellas personas que pretendan utilizar la batería propuesta por Ference, deberán tener en cuenta que los niveles fueron establecidos para jóvenes practicantes de fútbol americano. Esta modalidad deportiva se caracteriza por una elevada masa muscular de sus practicantes y una gran capacidad para desarrollar acciones explosivas.

3) Propuesta para sujetos adultos.

Para valorar lo que Hoeger cfr. George et al. (1996) denominan *fitness muscular*, los autores proponen una tabla de puntuación para cada ejercicio básico de trabajo de fuerza (curl de bíceps, prensa de piernas, jalón polea alta, press de banca (pectoral), curl de bíceps femoral y abdominales con mano en la nuca), en función del número de repeticiones que el sujeto realiza de acuerdo a su peso corporal y sexo. Para ello se multiplica el peso corporal por un tanto por ciento individual para cada ejercicio y sexo del ejecutante.

Ejercicio	Hombres	Mujeres
Curl Bíceps	35	18
Prensa Piernas	65	50
Jalón Polea Alta	70	45
Abdominales (1')	--	--
Press de banco (pectoral)	75	45
Curl Bíceps Femoral	32	25

Tabla 2.6. Porcentaje del peso corporal como carga a utilizar por cada ejercicio

Hombres							
Nivel	Puntos	Curl bíceps	Prensa prn	jalón p.a.	Press banco	Bíceps femora	Abdominal
Muy baja	5	<2	0-3 rep.	0-3 rep.	0	0-1 rep.	0-22
Baja	7	3-4 rep.	4-6 rep.	4-5 rep.	1-2 rep.	2-3 rep.	23-27
Regular	9	5-7 rep.	7-9 rep.	6-8 rep.	3-6 rep.	4-7 rep.	28-32
Buena	11	8-9 rep.	10-12 rep.	9-10 rep.	7-10 rep.	8-10 rep.	33-36
Muy Buena	13	10-14 rep.	13-14 rep.	11-15 rep.	11-15 rep.	11-13 rep.	37-40
Excelente	15	15-20 rep.	15-19 rep.	16-24 rep.	16-20 rep.	15-19 rep.	41-44
Superior	17	>21	>20	>25	>21	>20	>45
Mujeres							
Nivel	Puntos	Curl bíceps	Prensa prn	jalón p.a.	Press banco	Bíceps femora	Abdominal
Muy baja	5	<2	0-1 rep.	0-2 rep.	0	0	0-14
Baja	7	3-5 rep.	2-4 rep.	3-5 rep.	1 rep.	1-2 rep.	15-19
Regular	9	6-7 rep.	5-7 rep.	6-8 rep.	2-4 rep.	3-4 rep.	20-24
Buena	11	8-11 rep.	8-9 rep.	9-10 rep.	5-9 rep.	5-6 rep.	25-29
Muy Buena	13	12-15 rep.	10-12 rep.	11-15 rep.	10-15 rep.	7-9 rep.	30-33
Excelente	15	16-20 rep.	13-19 rep.	16-24 rep.	16-20 rep.	10-16 rep.	34-38
Superior	17	>21	>20	>25	>21	>17	>39

Tabla 2.7. Valoración ejercicios en batería de fitness muscular.
Fuente:Hoeger (1991) cfr. George et al. (1996)

La puntuación obtenida en cada test se suma y se aplica la siguiente tabla de evaluación:

Nivel	Total de puntos
Baja	<53
Regular	54-65
Buena	66-77
Muy Buena	78-89
Excelente	>89

Tabla 2.8. Tabla de puntuación de fitness muscular.
Fuente: George et al. (1996).

Esta batería de valoración de la fuerza muscular es válida para poblaciones no altamente entrenadas, debiéndose utilizar ejercicios y tablas de valoración independientes para cada modalidad deportiva y grupo muscular.

4) Propuesta sujetos adultos teniendo en cuenta el peso corporal.

Heyward et al (1996) proponen una batería de evaluación de la fuerza de diferentes grupos musculares, pero teniendo en cuenta el peso corporal, es decir evaluando la fuerza relativa para cada ejercicio de los seleccionados.

Hombres						
Puntos	Curl Biceps	Jalón Pol.Alt	Prensa Pm	Extens. Pm.	Curl Pm	Press Banca
10	0.70	1.20	3.00	0.80	0.70	1.50
9	0.65	1.15	2.80	0.75	0.65	1.40
8	0.60	1.10	2.60	0.70	0.60	1.30
7	0.55	1.05	2.40	0.65	0.55	1.20
6	0.50	1.00	2.20	0.60	0.50	1.10
5	0.45	0.95	2.00	0.55	0.45	1.00
4	0.40	0.90	1.80	0.50	0.40	0.90
3	0.35	0.85	1.60	0.45	0.35	0.80
2	0.30	0.80	1.40	0.40	0.30	0.70
1	0.25	0.75	1.20	0.35	0.25	0.60
Mujeres						
Puntos	Curl Biceps	Jalón Pol.Alt	Prensa Pm	Extens. Pm.	Curl Pm	Press Banca
10	0.50	0.85	2.70	0.70	0.60	0.90
9	0.45	0.80	2.50	0.65	0.55	0.85
8	0.42	0.75	2.30	0.60	0.52	0.80
7	0.38	0.73	2.10	0.55	0.50	0.70
6	0.35	0.70	2.00	0.52	0.45	0.65
5	0.32	0.65	1.80	0.50	0.40	0.60
4	0.28	0.63	1.60	0.45	0.35	0.55
3	0.25	0.60	1.40	0.40	0.30	0.50
2	0.21	0.55	1.20	0.35	0.25	0.45
1	0.18	0.50	1.00	0.30	0.20	0.35

Tabla 2.9. Relaciones óptimas entre la fuerza y el peso corporal en diferentes ejercicios de fuerza máxima Heyward (1996).

5) Propuesta para sujetos adultos teniendo en cuenta la edad, el peso y el sexo.

Es una propuesta realizada por el Institute for Aerobics Research de Dallas (Tablas 2.9 y 2.10).

Prensa Piernas												
	Hombres						Mujeres					
Percentil	<20 a.	20-29 a.	30-39 a.	40-49 a.	50-59 a.	>60 a.	<20 a.	20-29 a.	30-39 a.	40-49 a.	50-59 a.	>60 a.
99	>2,82	>2,40	>2,20	>2,02	>1,90	>1,80	>1,88	>1,98	>1,68	>1,57	>1,43	>1,43
90	2,53	2,27	2,07	1,92	1,8	1,73	1,85	1,82	1,61	1,48	1,37	1,32
80	2,28	2,13	1,93	1,82	1,71	1,62	1,71	1,68	1,47	1,37	1,25	1,18
70	2,15	2,05	1,85	1,74	1,64	1,56	1,65	1,58	1,39	1,29	1,17	1,13
60	2,04	1,97	1,77	1,68	1,58	1,49	1,59	1,5	1,33	1,23	1,1	1,04
50	1,95	1,91	1,71	1,62	1,52	1,43	1,45	1,44	1,27	1,18	1,05	0,99
40	1,9	1,83	1,65	1,57	1,46	1,38	1,38	1,37	1,21	1,13	0,99	0,93
30	1,82	1,74	1,59	1,51	1,39	1,3	1,29	1,27	1,15	1,08	0,95	0,88
20	1,7	1,63	1,52	1,44	1,32	1,25	1,22	1,22	1,09	1,02	0,88	0,85
10	1,57	1,51	1,43	1,35	1,22	1,16	1,09	1,14	1	0,94	0,78	0,72

Tabla 2.10. Propuesta para prensa de piernas

Press de banca (pectoral)												
	Hombres						Mujeres					
Percentil	<20 a.	20-29 a.	30-39 a.	40-49 a.	50-59 a.	>60 a.	<20 a.	20-29 a.	30-39 a.	40-49 a.	50-59 a.	>60 a.
99	>1,76	>1,63	>1,35	>1,20	>1,05	>0,94	>0,88	>1,01	>0,82	>0,77	>0,68	>0,72
90	1,46	1,48	1,24	1,1	0,97	0,89	0,83	0,9	0,76	0,71	0,61	0,6
80	1,34	1,32	1,12	1	0,9	0,82	0,77	0,8	0,7	0,62	0,55	0,54
70	1,24	1,22	1,04	0,93	0,84	0,77	0,74	0,74	0,63	0,57	0,52	0,51
60	1,19	1,14	0,98	0,88	0,79	0,72	0,65	0,7	0,6	0,54	0,48	0,47
50	1,13	1,06	0,93	0,84	0,75	0,68	0,63	0,65	0,57	0,52	0,46	0,45
40	1,06	0,99	0,88	0,8	0,71	0,66	0,58	0,59	0,53	0,5	0,44	0,43
30	0,96	0,93	0,83	0,76	0,68	0,63	0,56	0,56	0,51	0,47	0,42	0,4
20	0,89	0,88	0,78	0,72	0,63	0,57	0,53	0,51	0,47	0,43	0,39	0,38
10	0,81	0,8	0,71	0,65	0,57	0,53	0,5	0,48	0,42	0,38	0,37	0,33

Tabla 2.11. Propuesta para press banca (pectoral)

6) Propuesta para sujetos de edad avanzada.

La bibliografía también nos aporta valores de referencia para poblaciones de edades avanzadas, de las cuáles destacamos la propuesta por Westcott y Baechle (1998) (tabla 2.11). Proponen el test de extensión de piernas en máquina para cuádriceps para aquellos sujetos que muestran unos buenos niveles de condición física, mientras que para aquellas personas con menor condición física o para los que no disponen de los medios necesarios, proponen medir el número de veces que se puede hacer el movimiento de sentadilla bajando la cadera hasta la altura de una silla de referencia, tratando que cada movimiento dure 6 segundos (4 de bajada y 2 de subida). El test de extensiones de piernas se debe realizar con una carga equivalente al porcentaje del peso corporal que el sujeto es capaz de mover en 10 repeticiones.

Test de extensores de pierna (10 – RM)						
Nivel / Edad	50-59 años		60-69 años		70-79 años	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Bajo	<44 rep.	<34 rep.	<39 rep.	<29 rep.	<34 rep.	<24 rep.
Medio-Bajo	45-54 rep.	35-44 rep.	40-49 rep.	30-39 rep.	35-44 rep.	25-34 rep.
Medio	55-64 rep.	45-54 rep.	50-59 rep.	40-49 rep.	45-54 rep.	35-44 rep.
Medio-Alto	65-74 rep.	55-64 rep.	60-69 rep.	50-59 rep.	55-64 rep.	45-54 rep.
Alto	>75 rep.	>65 rep.	>70 rep.	>60 rep.	>65 rep.	>55 rep.
Test de sentadilla sin carga						
Nivel / Edad	50-59 años		60-69 años		70-79 años	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Bajo	<14 rep.	<8 rep.	<11 rep.	<5 rep.	<8 rep.	<2 rep.
Medio-Bajo	15-17 rep.	9-11 rep.	12-14 rep.	6-8 rep.	9-11 rep.	3-5 rep.
Medio	18-20 rep.	12-14 rep.	15-17 rep.	9-11 rep.	12-14 rep.	6-8 rep.
Medio-Alto	21-23 rep.	15-17 rep.	18-20 rep.	12-14 rep.	15-17 rep.	9-11 rep.
Alto	24-26 rep.	18-20 rep.	21-23 rep.	15-17 rep.	18-20 rep.	12-14 rep.

Tabla 2.11. Test de fuerza para personas mayores. Westcott y Baechle (1998)

Sujetos altamente entrenados en fuerza.

Estos valores están muy lejos de las enormes cargas que son capaces de mover los deportistas especializados en deportes de fuerza (lanzadores, halterofilos, powerliftings o culturistas). Sin embargo, resulta imposible crear una

tabla de valoración de la fuerza máxima que englobe con fiabilidad cada una de las modalidades deportivas, pues están condicionados por el tipo de entrenamiento que realizan y las cargas que emplean. Quizás los hombres más fuertes sean los que practican el powerlifting, aunque su eficacia se manifestará en los movimientos de fuerza y no tanto en los de potencia (arrancada, dos tiempos, etc.), donde los practicantes de halterofilia obtendrán los mejores resultados. Dziepak plantea los siguientes resultados, de los hombres teóricamente más fuertes, en los cinco movimientos que se utilizan para controlar estas dos modalidades deportivas. Se observa que en los movimientos donde se necesita más fuerza (sentadilla y peso muerto) algunos deportistas de éstos mueven pesos extraordinariamente elevados (tabla 2.12).

Deportista	Peso Corporal	Arrancada	Dos Tiempos	Sentadilla	Pectoral	Peso Muerto	Total
M. Henry (USA)	181	180	220	432,5	240	410	1482,5
Hamman (USA)	159	169	187,5	457,5	250	332,5	1396,5
J. Cole (USA)	123	155	195	408,5	276,5	400	1435
B. Kazamaier (USA)	145	130	170	420	300	402,5	1422,5
A. Krastev (Bul)	172	216	260	390	210	345	1421
G. Badenhorst (RSA)	140	140	177,5	450	250	402,5	1420
L. Noren (Suec)	140	145	191	422,5	250	406	1414,5
S. Rending (Blr)	133	182,5	235	400	240	350	1407,5
V. Naleiken (Ucr)	130	132	167,5	410	232,5	370	1312
E. Popov (Bul)	152	200	242,5	365	220	365	1392,5
T. Haara (Fin)	132	175	217,5	405	227,5	362,5	1387,5
K. Patera (USA)	150	175,5	229	372,5	255	355	1387
D. Reinhoudt (USA)	157	117,5	167,5	425	275	402,5	1387,5
S. Aleseev (Rus)	147	175	235	420	220	330	1380
B. Wilhelm (USA)	148	182,5	220	362,5	255	360	1380
P. Wrenn (USA)	154	130	167,5	442,5	245	387,5	1372,5
A. Mustikov (Rus)	114	177,5	232,5	360	230	362,5	1362,5
T. Magee (Can)	127	147,5	195	390	260	367,5	1360
J. Hannan (USA)	154	175	217,5	362,5	227,5	362,5	1345
A. Kerr (GB)	136	155	200	357,5	250	382,5	1345
F. Hattfield (USA)	113	125	167,5	460	237,5	347,5	1337,5
G. Rethwish (USA)	148	120	172,5	410	237,5	392,5	1332,5
H. Saarlainen (Fin)	116	165	197,5	360	257,5	337,5	1317,5
J. Nagy (Chec)	140	175	242,5	350	230	320	1317,5
G. Fren (USA)	110	131,5	225	387,5	235	335	1314

Tabla 2.12. Fuente: Dziepak (2000).
<http://www.geocities.com/aedziepack/strength/supert.htm>.

Lógicamente, estos valores deben ser interpretados en relación con el peso corporal del deportista y la edad para poder obtener una información más completa, por lo que entendemos de interés mostrar los resultados de los mejores deportistas del mundo según estos criterios. El promedio de fuerza relativa que presentan los 25 levantadores en la sentadilla es de 2.89, lo que supone un valor realmente impresionante si tenemos en cuenta que el peso corporal medio es de 140.94 kilos. Algunos de ellos llegan a pesos medios superiores a 3.20 para el mismo movimiento.

	PECTORAL (masculino)				
Peso Corporal	Natural	Absoluto	Juniors	40-49 a.	>50 a.
<52 kilos	136,1	177,5	177,5	115,0	117,5
<56 kilos	131,5	187,5	158,0	162,5	132,5
<60 kilos	172,3	190,0	163,0	186,0	140,0
<67,5 kilos	199,5	232,5	190,0	190,0	175,0
<75 kilos	199,5	249,5	195,5	217,5	170,0
<82,5 kilos	226,8	256,0	217,5	227,5	185,5
<90 kilos	238,1	277,5	220,0	220,0	210,0
<100 kilos	272,1	300,5	242,5	232,5	217,5
<110 kilos	260,8	336,0	247,5	262,5	212,5
<125 kilos	274,8	350,0	265,0	247,5	223,0
<140 kilos	285,7	344,5			
>140 kilos	319,7	300,0	251,0	255,0	223,0

	SENTADILLA (masculino)				
Peso Corporal	Natural	Absoluto	Juniors	40-49 a.	>50 a.
<52 kilos	176,9	277,5	270,0	243,0	240,0
<56 kilos	188,2	287,5	261,0	242,5	235,0
<60 kilos	215,4	320,0	275,0	240,0	220,0
<67,5 kilos	238,1	324,5	292,5	275,0	235,0
<75 kilos	283,4	362,5	312,5	277,5	267,5
<82,5 kilos	260,8	383,0	343,5	320,0	300,5
<90 kilos	294,8	397,5	325,5	345,0	290,0
<100 kilos	356,0	437,5	380,0	370,0	295,0
<110 kilos	346,9	468,0	365,0	415,5	317,5
<125 kilos	340,1	460,0	370,5	400,0	335,0
<140 kilos	415,0	450,0			
>140 kilos	367,3	442,5	457,5	420,0	332,5

	PECTORAL (femenino)			
Peso Corporal	Natural	Absoluto	Juniors	>40
<44 kilos	65,8	92,5	87,5	80,0
<48 kilos	65,8	112,5	112,5	85,0
<52 kilos	115,6	107,5	107,5	87,5
<56 kilos	90,7	140,0	110,0	100,0
<60 kilos	102,0	150,0	115,0	95,0
<67,5 kilos	111,1	160,0	142,5	112,5
<75 kilos	115,6	180,0	147,5	145,0
<82,5 kilos	108,8	182,5	135,0	132,5
<90 kilos	95,2	162,5	155,0	105,0
>90 kilos	136,1	178,5	152,5	110,0

	SENTADILLA (femenino)			
Peso Corporal	Natural	Absoluto	Juniors	>40
<44 kilos	102,0	167,5	165,0	142,5
<48 kilos	113,4	177,5	163,0	140,0
<52 kilos	136,1	182,5	182,5	167,5
<56 kilos	181,4	191,5	188,0	167,5
<60 kilos	138,3	210,0	207,5	163,0
<67,5 kilos	181,4	232,5	232,5	172,5
<75 kilos	167,8	246,0	245,0	207,5
<82,5 kilos	163,3	242,5	242,5	202,5
<90 kilos	156,5	260,0	227,5	200,0
>90 kilos	168,2	280,0	280,0	210,0

2.4. El porcentaje de carga (%).

Otra de las formas más comunes de controlar la intensidad de las cargas de entrenamiento de fuerza es a través de la utilización de *porcentajes de carga (%)*. Este método es sumamente sencillo y práctico para el control de este componente de la carga, pero también presenta algunos inconvenientes que son necesarios comentar.

Aunque la relación 1-RM y el 100% de fuerza máxima dinámica es directa, no ocurre lo mismo con el resto de valores de referencias. Cuanto más elevado sea el valor del RM que utilicemos de referencia mayor será la variabilidad que presente sobre su equivalente del porcentaje de carga (tabla 2.13).

Repeticiones	% respecto a la carga máxima
1 RM	100 %
2 RM	95 % (+/- 2)
3 RM	90 % (+/- 3)
4 RM	86 % (+/- 4)
5 RM	82 % (+/- 5)
6 RM	78 % (+/- 6)
7 RM	74 % (+/- 7)
8 RM	70 % (+/- 8)
9 RM	65 % (+/- 9)
10 RM	61 % (+/- 10)
11 RM	57 % (+/- 11)
12 RM	53 % (+/- 12)

Tabla 2.13. Equivalencias entre el valor de RM y el porcentaje respecto a la carga máxima Fuente: McDonagh y Davies (1984).

La tolerancia a un valor determinado de porcentaje (%) de carga (y por lo tanto el RM que corresponde a ese porcentaje de carga en cada deportista) es uno los

instrumentos más útiles que tenemos para evaluar a un deportista. Este nivel de tolerancia a una carga, determina en gran medida la capacidad de mejora que tiene el deportista en un ejercicio. De esta forma se observa que cuanto menor es el nivel de tolerancia a un ejercicio (respecto a la media de la población), mayor será la capacidad de mejora que tenga el deportista, mientras que en el caso de un alto nivel de tolerancia la capacidad de mejorar el resultado es muy lenta (tabla 2.14).

Repeticiones-80%	SD	Nivel de Tolerancia	Capacidad de Mejora
<4 rep.	-3	Muy, muy baja	Rápida (20-25% población)
4-6 rep.	-2	Muy baja	
7-10 rep.	-1	Baja	Normal (50-60% población)
11-13 rep.	0	Media	
14-17 rep.	1	Alta	Lenta (20-25% población)
18-21 rep.	2	Muy alta	
> 21 rep.	3	Muy, muy alta	

Tabla 2.14. Nivel de tolerancia a la carga y capacidad de mejora

Son varias las causas que afectan al número de repeticiones que una persona es capaz de realizar en cada ejercicio por cada nivel de intensidad. De todos ellos destacan el nivel de rendimiento que posee el deportista, el grupo muscular analizado o la intensidad de carga que se compare. Algunos trabajos demostraron que cuando los sujetos se agrupan en niveles de rendimiento similares, las repeticiones que pueden hacer en el test de sentadilla (40-60 y 80% del 1RM) son mayores que en el test de pectoral a las mismas intensidades de trabajo. Sólo en el caso de adaptaciones específicas profundas no se cumplirá esta premisa.

Intensidad de Carga	Número de Repeticiones
Sentadilla	
80 %	7.6 (0.5)
60 %	16.9 (1.1)
40 %	38.9 (4.1)
Pectoral	
80 %	8.0 (0.4)
60 %	21.7 (1.9)
40 %	52.3 (9.2)

Tabla 2.15. Relación entre intensidad de la carga y número de repeticiones.
Fuente: Hickson et al. (1994).

El control del porcentaje relativo al máximo personal no siempre se ajusta a las posibilidades reales del sujeto en un día determinado. La fatiga acumulada, estar incubando una enfermedad, una mala noche, etc., son algunos de los numerosos factores desencadenantes de tales situaciones (González-Badillo, 1991).

En cualquier caso, aquellos entrenadores que no tengan demasiada experiencia en el entrenamiento de fuerza, deben utilizar algunos criterios de referencia que le faciliten el trabajo de planificación de las cargas de entrenamiento.

% de Carga	Valor de RM	% de Carga	Valor de RM
100%	1-RM	75%	10-RM
95%	2-RM	70%	12-RM
90%	4-RM	65%	14-RM
85%	6-RM	60%	15-20-RM
80%	8-RM		

Tabla 2.16. Relación entre el porcentaje de la carga y el valor con respecto a RM

Relación entre el porcentaje de carga y el efecto de entrenamiento.

Igual que vimos al hablar del RM, los valores del porcentaje de carga utilizada son un excelente indicador para comprender el efecto que tendrá un entrenamiento. Para una mejor interpretación de la posible respuesta adaptativa, además de conocer el valor del porcentaje de carga utilizado en un ejercicio, grupo muscular o sesión de entrenamiento, es necesario disponer de información sobre la velocidad relativa con la que se efectuaron los movimientos.

% de Carga	Velocidad	Volumen	Efecto
>100%	Controlada	Bajo	Fuerza Máxima
90-100%	Máxima	Bajo	Fuerza Máxima
75-90%	Máxima	Medio	Fuerza Explosivo Tónica
75-90%	Lenta	Alto	Fuerza Máxima Hipertrófica
50-75%	Rápida	Medio	Fuerza Explosivo Balística
50-70%	Lenta	Alto	Fuerza Resistencia
<50%	Lenta	Medio	Calentamiento
<50%	Lenta	Alto	Fuerza Resistencia
<50%	Máxima	Bajo	Fuerza Rápida

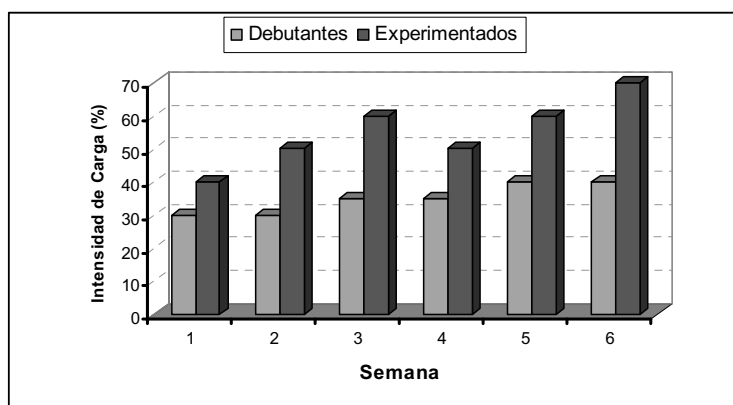
Tabla 2.17. Relación entre el porcentaje de la carga y los efectos de esta en función del volumen y velocidad de ejecución

Intensidad vs fase de la preparación.

Cualquier proceso de entrenamiento de fuerza debe comenzar con una fase, más o menos prolongada, en la que se utilicen cargas que permitan la adecuada adaptación de las estructuras anatómicas (músculos, tendones, huesos, y ligamentos) que vayan a ser solicitadas intensamente en etapas posteriores. Sólo a partir de este momento estaremos en condiciones de poder realizar un entrenamiento intenso sin riesgo de sufrir una lesión que rompa nuestras aspiraciones. Para esta fase, Bompá propone el siguiente modelo de trabajo (tabla 2.18 y gráfica 2.2).

Parámetro	Debutantes	Atletas Experimentados
Duración (semanas)	8-10	3-5
Carga (%)	30-40%	40-60%
Nº Ejercicios (circuito)	9-12 (15)	6-9
Nº Circuitos / Sesión	2-3	3-5
Tiempo de Sesión	20 min-25 min	30 min –40 min
Recuperación por Ejercicios	90 seg	60 seg
Recuperación por Circuito	2 min –3 min	1 min –2 min
Frecuencia / Semana	2-3	3-4

Tabla 2.18. Características de comienzo para el entrenamiento de fuerza en función del nivel de deportistas (Bompa, 1995)



Gráfica 2.2. Evolución de la intensidad de la carga en debutantes y experimentados en las semanas de entreno. (Bompa, 1995)

De la gráfica y tabla anterior destacan las bajas intensidades de carga utilizadas por aquellos deportistas que tienen poca experiencia en el entrenamiento de la fuerza. En estas ocasiones, las bajas intensidades no obedecen sólo a evitar riesgo de lesiones en los practicantes, sino que también son más eficaces para jóvenes deportistas y/o para debutantes.

La mayoría de las aportaciones que se han realizado sobre el entrenamiento de fuerza en niños y adolescentes recomiendan trabajar con cargas que oscilan entre el 6RM y el 15RM de cada grupo muscular. Duda (1986) habla del 6-15RM, por el 7-11RM propuesto por Micheli (1988), 8-12RM de Smith (1984) y 12-15RM de Totten (1986). Algunos autores diferencian las cargas a utilizar entre las que corresponden a los miembros superiores y las necesarias para entrenar los inferiores, recomendando 8-12RM para los brazos y de 15-20RM para las piernas.

Micheli (1988) propone, de forma concreta, lo que denomina **(7-11)**, que significa que las cargas iniciales deben corresponder al 7-RM del grupo muscular

a entrenar, valor de carga que debe mantenerse hasta que la misma pueda ser movida hasta once veces seguidas (11-RM), momento en el que se debe repetir el test del 7-RM y modificar las cargas de entrenamiento. Algunas investigaciones han demostrado que para sujetos en edad prepuberal (≈ 12 años) el peso óptimo de trabajo para cada movimiento las cargas deben ser aquellas que el sujeto es capaz de levantar 5-6 veces (Dvorkin-1985).

Años de entrenamiento	Edad	Intervalo de intensidad de entrenamiento
1	15	20 - 50 %
2	16	30 - 60 %
3	17	40 - 70 %
4	18	50 - 80 %
5	19	60 - 90 %
6	20	70 - 100 %

Tabla 2.19. Cargas de trabajo para la mejora de la fuerza máxima en jóvenes.
Fuente: Harre (1978)

Kraemer y Fleck (1993) plantean, para jóvenes moderadamente entrenados, que las intensidades de las cargas de fuerza varían en relación con el porcentaje de carga y el valor máximo de referencia utilizado. Lógicamente estos valores de referencia nunca serán iguales en el entrenamiento de jóvenes que entre deportistas adultos y experimentados (tabla 2.20).

Adultos	
Intensidad	Porcentaje y valor de referencia
Pesada	100% del 3-5 RM
Moderada	90% del 3-5 RM
Ligera	85% del 3-5 RM
Niños 15 años y menores	
Pesada	100% del 8-10 RM
Moderada	90% del 8-10 RM
Ligera	85% del 8-10 RM

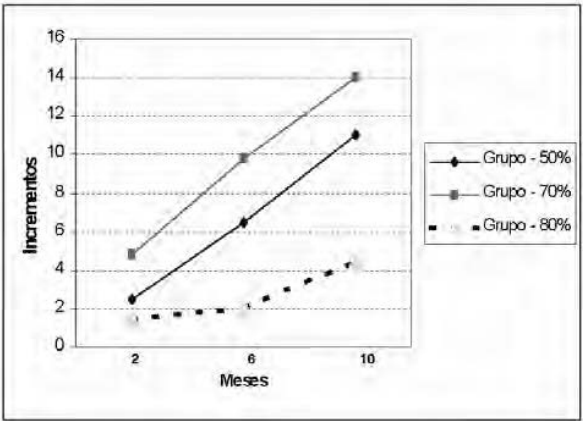
Tabla 2.20. Porcentaje de intensidad de carga para adultos y niños
(Kraemer y Fleck, 1993).

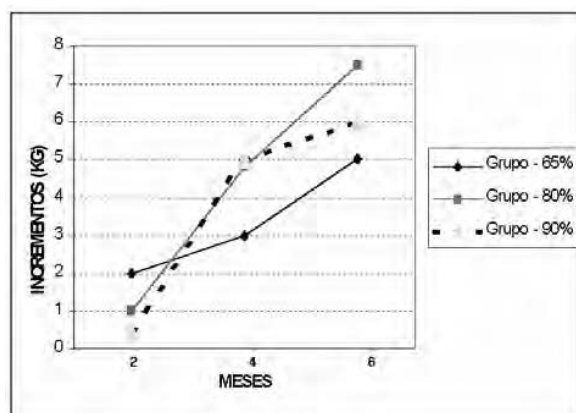
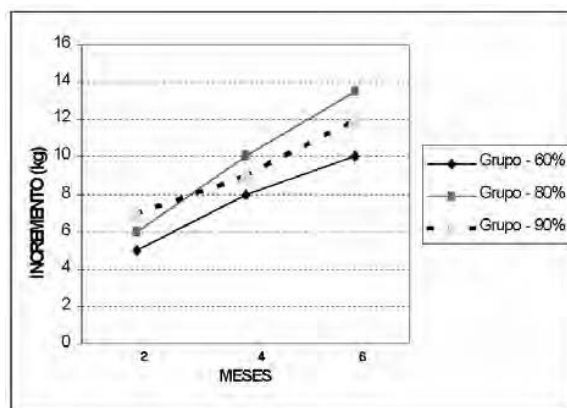
El trabajo de fuerza máxima de orientación neuromuscular, altas intensidades de carga con bajos o moderados volúmenes de trabajo, no son recomendables para deportistas muy jóvenes ni poco experimentados, precisando cierto nivel de entrenamiento previo y una suficiente maduración para poder ser incluidos en las rutinas de entrenamiento de los deportistas poco experimentados. Cerani (1993) propone la siguiente forma de trabajo con orientación de hipertrofia o de coordinación intramuscular en el trabajo de fuerza máxima de los jóvenes.

TRABAJO DE HIPERTROFIA			
	PRINCIPIANTES	AVANZADOS	ÉLITE
Intensidad carga	40-50%	60-80%	80-85%
Repeticiones	12-8	10-6	6-5
Series	4-6	6-8	6-10
Descanso	2'-4'	2'-4'	2'-4'
COORDINACIÓN INTRAMUSCULAR			
	PRINCIPIANTES	AVANZADOS	ÉLITE
Intensidad carga	--	80-90%	90-100%
Repeticiones	--	6-3	3-1
Series	--	6-8	6-10
Descanso	--	3'-5'	3'-5'

Tabla 2.21. Entrenamiento de pesas para niños en función de su nivel de entrenamiento. (Cerani, 1993).

Se disponen de pocos estudios que hayan analizado con profundidad estos aspectos del entrenamiento de la fuerza (intensidad de carga) en edades tempranas. En la bibliografía específica podemos encontrar algunos como los de Pripelin, Cherniak o Dvorkin. Este último (cfr. Medvedeev -1985) realizó un experimento que por su interés merece la pena señalar en este trabajo. Consistía en un estudio sobre el efecto del entrenamiento de fuerza de diferente intensidad con relación a la mejora de rendimiento en grupos de diferente edad. En el experimento participaron halterófilos divididos en tres grupos de edad similar: 13-14 años, 15-16 años y 17-20 años. Cada grupo fue subdividido en otros tres que entrenaron con intensidades diferentes: 50-65% del 1RM (36 repeticiones por ejercicio); 70-80% del 1RM (18 repeticiones por ejercicio); 80-90% del 1RM (12 repeticiones por ejercicio). Para el control del entrenamiento realizado durante seis meses se utilizaron el squat y la arrancada. Como conclusiones más relevantes pueden señalarse las siguientes en la arrancada (gráficos 2.3):





Gráficos 2.3. Incrementos en arrancada por cada subgrupo a la edad de 13-14, 15-16 y 17-20 años (Dvorkin)

En el primer grupo de control (13-14 años), las cargas más eficaces, para los dos movimientos de control, fueron las medianas (70% 1RM), después las pequeñas (50%) y las menos eficaces las grandes (80%). Con esta última intensidad de carga (80%) el incremento en el rendimiento sobre el movimiento de arrancada es muy pequeño. En el segundo grupo de control (15-16 años), las cargas más eficaces siguieron siendo las medianas (80%), con ritmos de incremento de 8.3 kilos en seis meses de entrenamiento, pero sin embargo, la repuesta ya no es igual con los otros dos modelos de carga. Las cargas pequeñas (60%) son más eficaces que las pesadas (90%) para los movimientos en los que predomina la fuerza explosiva (arrancada). Por contra, las cargas mayores, resultaron más eficaces que las pequeñas para conseguir mejoras en el movimiento con mayor componente de fuerza máxima (squat). En cualquier caso, no podemos olvidar que las diferencias no son muy significativas y esto nos puede inclinar al empleo de cargas de menor intensidad con el fin de amortiguar los mayores riesgos de lesión inherentes al empleo de cargas elevadas. En el

tercer grupo de control (17-20 años) los resultados son similares a los encontrados en el grupo anterior, por lo que las conclusiones pueden ser similares, aunque el empleo de cargas de mayor intensidad en este caso es de mayor interés.

De forma general, podemos afirmar que cuanto más joven sea el levantador, menor es la intensidad de carga necesaria para obtener iguales o mejores resultados que en etapas posteriores. Los entrenamientos con intensidades muy elevadas y pocas repeticiones en ningún momento ofrecen los mejores resultados en deportistas jóvenes. Incluso intensidades muy bajas, pero con alto número de repeticiones por serie, se muestran como una alternativa más eficaz.

A medida que se avanza en edad, la intensidad de carga que se necesita para mejorar el rendimiento debe ser mayor que en edades inferiores. Sin embargo, en los tres grupos empleados los sujetos que trabajaron con la máxima intensidad no encontraron mejores resultados, que cuando lo hacían con intensidades menores. Llama la atención el hecho de que en el tercer grupo (17-20 años), el subgrupo que trabajo con cargas del 90% ofrece el mejor resultado en los 4 primeros meses, pero después apenas existe mejora en los dos siguientes, y luego se ve superado por los sujetos que trabajaron con cargas del 80%, los cuáles mantienen una progresión más uniforme y duradera. También llama la atención el hecho de que en los dos primeros meses, el grupo de sujetos que trabajaron con cargas bajas obtenían mejoras superiores a los de mediana y alta intensidad.

En sujetos pocos entrenados, las cargas utilizadas para cada ejercicio, que en el momento de iniciar el proceso de entrenamiento de musculación debe ser prioritariamente de un 6-12 RM (+/-2), posteriormente tienen que ser incrementadas progresivamente de manera ondulatoria (ondas o mesociclos de 3-4 semanas). Una forma sencilla de ir controlando en estos deportistas los efectos provocados por las cargas utilizadas en el entrenamiento es comprobar que a las 6-8 semanas el deportista es capaz de mover cargas iguales o muy cercanas a las que corresponderían inicialmente al 1-RM de esos movimientos entrenados. De cumplirse tal premisa será señal de una adecuada programación de las cargas de trabajo. A partir de este momento, se puede repetir nuevamente el proceso hasta completar un ciclo de unas 20 semanas.

Los incrementos semanales son algunas de las claves del éxito en el proceso de entrenamiento de la fuerza, aunque no existen criterios fijos que puedan ser utilizados por todos los deportistas. Las modificaciones en la intensidad de las cargas utilizadas varían individualmente en función de la capacidad de adaptación del sujeto. En cualquier caso, y como premisa fundamental, se debe ser prudente y no incrementarse nunca de forma brusca, ya que la experiencia nos enseña que las progresiones moderadas suelen ser más eficaces, especialmente entre jóvenes o deportistas poco experimentados en el entrenamiento de fuerza.

Parámetro	Trabajo
Duración (semanas)	4-6 semanas
Carga (%)	70-80%
Nº Ejercicios	6-9 ejercicios
Repeticiones / Serie	6-12 repeticiones
Series / Sesión	4-6 (8) series
Recuperación por Serie	3'-5'
Ritmo de Ejecución	Lento - Medio
Frecuencia / Semana	2-4 sesiones

Tabla 2.22. Pautas del trabajo de fuerza.

Stone et al. (1981) plantean un modelo de periodización del entrenamiento en cuatro fases. La primera dedicada a la hipertrofia, tiene una duración de cuatro semanas, y en ella se trabaja con cargas que permiten ejecutar tres series de 10 repeticiones (10-RM) por cada ejercicio, incrementando la intensidad cada semana. La segunda etapa, también de cuatro semanas, recibe el nombre de etapa de fuerza básica, en la que se continúa haciendo tres series por ejercicio, aunque en esta caso con cargas del 5-RM, utilizando en algunas ocasiones alguna serie hasta el fallo muscular con cargas del 70% del 1-RM. La tercera fase comprende tres semanas y se la denomina fase de pico, donde las tres series por ejercicio se hacen con intensidades del 3-RM, añadiendo una serie más de 10 repeticiones con el 70%. En la cuarta y última fase, denominada de descanso activo, tiene dos semanas de duración, y en ella se abandona el trabajo con sobrecargas.

En el caso de estancamiento acentuados, conviene someter al músculo a una situación de ruptura con cargas de impacto de intensidades muy elevadas, cargas profilácticas o variación de ejercicios, ya que se pondrá en marcha nuevos procesos adaptativos. Otra solución para romper los procesos de estancamientos en fuerza, es la de utilizar microciclos (o pequeños mesociclos) de trabajo de fuerza máxima de orientación neuromuscular, aspecto del entrenamiento de la fuerza máxima del que hablaremos más adelante.

Indicadores de intensidad de carga.

Si bien el RM o el porcentaje son los dos indicadores de intensidad más utilizados en el entrenamiento de la fuerza, existen otros indicadores que por su validez están ampliamente difundidos entre estas modalidades deportivas.

Zonas de intensidad.

Habitualmente las intensidades de cargas con las que se ha entrenado se suelen englobar en zonas de equivalencia que son específicos y útiles de cada modalidad deportiva. Por ejemplo, en la halterofilia se suelen organizar en rangos de un 10% a partir del 50%, ya que cargas inferiores sólo se utilizan en los ejercicios de calentamiento o en otros que tienen como objetivo el aprendizaje de acciones técnicas.

Zona	Porcentaje	Zona	Porcentaje
1	50-59%	5	90-100%
2	60-69%	6	101-110%
3	70-79%	7	111-120%
4	80-89%	8	+120%

Tabla 2.23. Zonas de intensidad (Roman-1970)

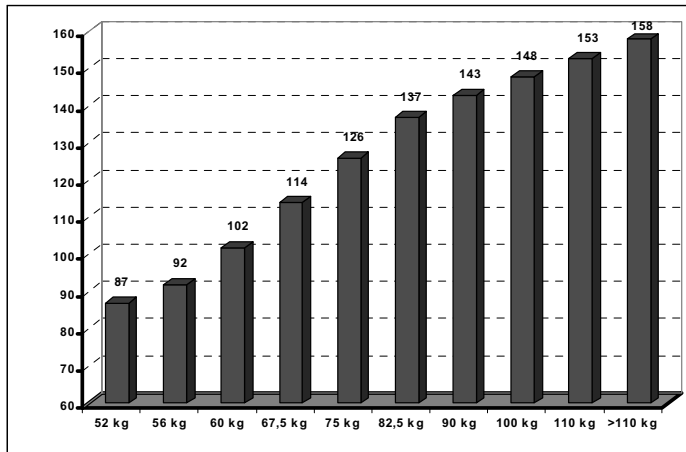
Período / Zona Intensidad	<70%	70-75%	80-85%	100% y más
Preparatorio	25%	30%	40%	5%
Competitivo	20%	25%	42%	13%

Tabla 2.24. Ejemplo de distribución de trabajo (%) por cada zona de intensidad en diferentes etapas de preparación

Nivel/ Zona	50-55%	60-65%	70-75%	80-85%	90-95%	100- 105%	110%
II	13/3	28/8	27/28	30/32	1/16	0/12	0/1
I	14/3	27/11	21/31	35/31	3/16	0/7	0/1
CMD	22/5	28/11	25/40	22/26	3/10	0/6	0/2
MD-MID	22/4	30/13	25/39	20/25	2/10	0/8	0/1

Tabla 2.25. Porcentaje de trabajo por zona de intensidad para la sentadilla según nivel del levantador (Mevedeev, 1989).**Peso medio.**

Expresa la intensidad de forma absoluta. Se halla dividiendo el tonelaje entre las repeticiones. Este indicador fue propuesto por primera vez por L.P. Matveiev desde 1959, siendo posteriormente el índice de mayor utilización para los entrenadores. Muchas investigaciones demuestran que el resultado deportivo y el peso medio de los halterófilos altamente cualificados muestran una alta correlación ($r=0.904/p<0.001$). Así mismo, se estima que un aumento de 3.5 kilos en el peso medio total utilizado se traduce en un incremento de 10 kilos en el resultado final del total olímpico de halterofilia. En este deporte, la halterofilia, a cada categoría de peso le corresponde una magnitud óptima de peso medio de entrenamiento, incrementando el valor de este parámetro con el incremento de la categoría de peso.



Gráfica 2.3. Ejemplo de peso medio por categoría de peso durante el periodo competitivo

Intensidad media relativa.

Permite comparar la intensidad de entrenamiento entre dos deportistas con diferente nivel deportivo. Para una sesión de entrenamiento se calcula dividiendo el coeficiente de volumen por el número de repeticiones del entrenamiento, mientras que la intensidad media relativa de un ejercicio se calcula multiplicando el peso medio por 100 y dividiéndolo por el 1-RM.

Coefficiente de intensidad.

Fue propuesto por Medvedev (1968). Se calcula multiplicando el peso medio por 100 y dividiéndolo por la mejor marca en uno/s ejercicio. En halterofilia se utiliza la mejor marca en arrancada y en dos tiempos y se le concede un valor óptimo cuando varía entre 35-41 % (Cherniak-1978). Es un parámetro que muestra una relación inversa con el peso medio de entrenamiento. A mayor peso medio le corresponde menor coeficiente de intensidad. Según Medvedev, este coeficiente tiene una manifestación individual estable para cada levantador. Representa la capacidad individual de asimilar una carga determinada. El valor del peso medio en relación con el coeficiente de intensidad y el valor de la suma de los dos movimientos en halterofilia queda determinado en la siguiente tabla propuesta por el anterior autor. De la tabla se desprende que para aumentar el valor de la mejor marca en 10 kg es suficiente aumentar el peso medio en 4 kg, siempre que se mantengan estables los demás parámetros.

C.I / Total 2.M.	210-200	260-250	300-310	360-350	450-460	500-510
42	88.2-84	109.2-105	130.2-126	151.2-147	193.2-189	214.2-210
41	86.1-82	106.6-102	127.1-123	147.6-143	188.6-184	209.1-205
40	84-80	104-100	124-120	144-140	184-180	204-200
39	81.9-78	101.4-97	120.9-117	140.4-136	179.4-175	198.9-195
38	79.8-76	98.8-95	117.8-114	136.8-133	174.8-171	193.8-190
37	77.7-74	96.2-92	114.7-111	133.2-124	170.2-166	188.7-185
36	75.6-72	93.6-90	111.6-108	129.6-126	165.6-162	183.6-180
35	73.5-70	91-87.5	108.5-105	126-122.5	161-157.5	178.5-175
34	71.4-68	89.4-85	105.4-102	124.4-119	156.4-153	173.4-170

Tabla 2.26. Cargas de entrenamiento tomando como referencia la mejor marca en el total olímpico y el coeficiente de intensidad al que se desea entrenar.

2.5. Las recuperaciones.

La recuperación es un proceso básico de regeneración y reequilibrio celular y de sistemas, que tiene lugar tras las modificaciones sufridas por el desarrollo de una actividad física intensa. Kuipers (1997) le da una importancia determinante en la mejora del rendimiento deportivo, señalando que *“ya que la adaptación tiene lugar en la fase de recuperación, ésta es el componente más importante del proceso de entrenamiento”*. Utmojskij (1951), por su parte, señala que *“la sustancia viva se caracteriza por su poderosa capacidad de asimilación, la cual repone, continuamente, los gastos realizados. Esta capacidad de asimilación compensatoria es tan poderosa que, como demuestran las experiencias, conducen en todo caso a que el órgano que trabaja pueda acumular la sustancia y, en particular, los potenciales de trabajo. La excitación de un estímulo produce en el órgano los procesos de consumo y, simultáneamente, los procesos de asimilación que compensen los gastos, llegando a aumentar potenciales superiores al nivel en el que se encontraban antes de iniciar el trabajo”*.

Viru (1997) señala que la recuperación cumple una serie de funciones, entre las que destaca como más importantes:

- La normalización de las funciones.
- Restauración de los niveles energéticos con un período temporal de supercompensación de los mismos.
- Normalización del equilibrio homeostático.
- Función de reconstrucción, particularmente de las estructuras celulares y del sistema enzimático.

Todo estado de fatiga precisa de los tiempos necesarios para llevar a cabo la recuperación de los sistemas solicitados. En el período de descanso después del trabajo, o incluso durante él, las alteraciones bioquímicas efectuadas en los músculos y otros órganos durante la ejecución del ejercicio, se normalizan poco a

poco. Las alteraciones se manifiestan, tal y como vimos al estudiar la fatiga, básicamente en la esfera del metabolismo energético. Estas alteraciones consisten en la reducción del contenido de sustratos de transformaciones energéticas en los músculos, durante el proceso de trabajo (CrP, glucógeno y ácidos grasos) y el aumento del contenido de productos metabólicos intracelulares (ADP, AMP, PO_4H_2 , ácidos láctico, NH_4 , cuerpos cetónicos, etc.). La acumulación de los productos "terminales", y la consiguiente intensificación de la producción hormonal, estimulan los procesos de oxidación en los tejidos en el período de descanso, lo que contribuye a recuperar las reservas intramusculares de sustancias energéticas y normaliza el balance electrolítico del organismo facilitando la síntesis inductiva de proteínas en los órganos sometidos a los esfuerzos.

La duración de los períodos de descanso es un parámetro determinante a la hora de determinar la intensidad de un trabajo durante el entrenamiento de fuerza. Los tiempos de recuperación que se deben utilizar están condicionados por las características del ejercicio utilizado, el volumen de masa muscular empleada, la cantidad total de entrenamiento y el objetivo que se pretenda alcanzar. Entre los culturistas y los levantadores de pesas se encuentra muy difundido el criterio de que se debe disminuir las recuperaciones utilizadas conforme se aumentan las repeticiones realizadas en cada serie de trabajo. Esto no deja de ser un criterio válido en algunas ocasiones, pero erróneo desde el punto de vista de la especificidad que debe cumplir el entrenamiento de la fuerza.

Recuperación pequeña (Regeneración energética básica) = 1: 2-5
Recuperación media (Recuperación energética normal) = 1:12-18
Recuperación completa (Recuperación nerviosa) = 1:20-30

En la literatura relacionada con la fisiología del ejercicio se suele indicar que para conseguir una completa recuperación tras la aplicación de cargas anaeróbicas alácticas se debe emplear un ratio de 1:5 entre el tiempo de trabajo y el de recuperación, aunque en el atletismo, lo normal es que la relación sea entre 1:10 y 1:15. Charlie Francis, entrenador de B. Johnson, sugería relaciones de 1:20 y 1:30 en el tiempo de descanso necesario para recuperarse de las cargas de entrenamiento de un velocista argumentando que el sistema nervioso necesita un período de recuperación entre 5-6 veces superior al que necesitan otros parámetros funcionales relacionados con el funcionamiento de la fibra muscular. En este sentido señala que aunque los depósitos de fosfágenos se recuperan en una proporción de 1:5 de trabajo/descanso, no se está en perfectas condiciones de responder hasta períodos de tiempo 4-5 veces superiores.

Sistema Energético	Tiempo de Ejercicio	Ratio T/D
ATP-PC	5"-10"	1:12-1:15
Anaeróbica	15"-30"	1:0-1:5
Anaeróbica-Oxidativa	1'-3'	1:3-1:4

Las variables que afectan al tiempo que se necesita durante la recuperación durante el trabajo de fuerza pueden ser muy diversas, aunque entre las más importantes cabe destacar las siguientes:

- La fuente energética sobre la que se quiere actuar será el principal indicador que determine la duración y forma en que se realice la pausa.
- Básicamente, será el tipo de fuerza el que determine el tipo y forma en que se desarrolle la recuperación.
- El tipo de constitución muscular es otra de las principales variables a considerar, de forma que cuando predominan las fibras rápidas (FT ó tipo-II) los tiempos de recuperación serán mayores que cuando predominan las fibras lentas (ST ó tipo-I), para el mismo trabajo.
- Los ejercicios de gran intensidad (>80% del 1RM) necesitan mayor tiempo de recuperación que los ejecutados con un gran número de repeticiones.
- Los movimientos de recorrido completo necesitan mayores recuperaciones, especialmente cuando afectan a la estructura del tejido conjuntivo (fascias y tendones). Algo similar ocurre con los ejercicios excéntricos.
- Los sujetos más jóvenes (20-30 años) necesitan menos recuperaciones que los sujetos de edad avanzada (>35 años).
- En ocasiones los atletas altos tardan más en recuperarse que los pequeños.
- La adecuada utilización de los medios de recuperación facilita y acelera la regeneración causada por el trabajo de fuerza. Especial importancia tiene la proliferación de los productos farmacológicos incluidos como sustancias dopantes.
- Para un mismo trabajo las pausas de recuperación serán mayores para los grandes grupos musculares que para los pequeños.

De forma genérica, Bompa (1993) propone las siguientes tiempos de recuperación según el porcentaje de carga utilizado en el entrenamiento, la cantidad de trabajo y de los objetivos que se busquen durante la sesión (tabla 2.27):

Carga (%)	Ritmo de Ejecución	Recuperación (minutos)		Aplicabilidad
> 105	Lento	Completa	4'-5' / 7'	Desarrollo fuerza máxima y tono muscular
80-100	Lento y Medio	Completa	3'-5' / 7'	Desarrollo fuerza máxima y tono muscular
60-80	Lento y Medio	Pequeña	1'-2'	Hipertrofia
50-80	Fuerte	Media	4'-5'	Potencia
30-50	Lento y Medio	Pequeña	1'-2'	Resistencia Fuerza

Tabla 2.27. Duración tipo de las pausas de recuperación, por serie, en el trabajo de fuerza (modificado).

Naturalmente, estos valores de referencia cambian en cada modalidad deportiva donde se aplique el trabajo de fuerza con el objetivo de mejorar el rendimiento específico. Para el entrenamiento en halterofilia Andrianov (1966 cfr. Román-1988) estableció la dependencia de la recuperación a la calificación del levantador, al peso levantado y al período de entrenamiento. Sobre la base de tales criterios, plantea que en los ejercicios de arrancada la recuperación debe

oscilar entre 2'-3', mientras que en el envión deberían ser de 1' a 2'1/2. También señaló que los atletas de mayor nivel descansan entre 1'1/2 y 5' en cualquier ejercicio, mientras que los levantadores de categoría de peso más elevada lo deben hacer entre 3' y 5'.

Son pocos los estudios e investigaciones que hacen referencia a cual debe ser el tiempo de recuperación más adecuado para conseguir mayores rendimientos en el trabajo de fuerza. Poliquin (1997) señala un estudio en el que los sujetos realizaban cuatro series de 10 repeticiones de curl con barra, pero utilizando recuperaciones diferentes:

Entrenamiento	Peso Medio	Total Repeticiones	Tiempo de Tensión
1 x 10 x 50 kg recuperando 3' 1 x 9 x 50 kg recuperando 3' 1 x 8 x 50 kg recuperando 3' 1 x 7 x 50 kg recuperando 3'	50 kilos	34	204 segundos(34 repeticiones X 6")
1 x 10 x 50 kg recuperando 3' 1 x 10 x 49 kg recuperando 3' 1 x 10 x 48 kg recuperando 3' 1 x 10 x 47 kg recuperando 3'	48.5 kilos	40	240 segundos(40 repeticiones. X 6")
1 x 10 x 50 kg recuperando 3' 1 x 10 x 45 kg recuperando 3' 1 x 10 x 40 kg recuperando 3' 1 x 10 x 35 kg recuperando 3'	42.5 kilos	40	240 segundos(40 repeticiones. X 6")

Según el autor, el primer sistema garantiza buenas recuperaciones que permiten utilizar elevadas cargas de trabajo en cada serie, lo que conduce a mejores hipertrofias asociadas a fuertes respuestas de testosterona y a la pequeña fatiga que puede venir asociada a las cargas constantes de cada serie. En el segundo caso, como la carga se va ajustando a la posible fatiga, los niveles de tensión que consigue el deportista son máximos, convirtiéndose en un excelente sistema para incrementar la fuerza máxima con menores hipertrofias. El tercer sistema de trabajo, impide la completa recuperación de los sustratos energéticos, lo que provoca una elevada fatiga asociada a elevadas concentraciones de lactato y hormona de crecimiento, creando grandes hipertrofias por incremento de sustratos energéticos una vez lograda la recuperación.

La recuperación entre cada sesión de entrenamiento.

Un tratamiento aparte merece el estudio de la recuperación que debe guardar el deportista entre cada sesión de entrenamiento a lo largo de un mesociclo. Una de las formas más comunes de estructurar los entrenamientos de fuerza entre deportistas experimentados es la de división de las sesiones por rutinas (*principio split*) con el objeto de facilitar los procesos de recuperación de las zonas solicitadas. Entre los debutantes es más corriente el uso de una o varias rutinas diferentes pero de carácter global (integral), mientras que en los más experimentados se suelen utilizar diferentes rutinas para cada día de entrenamiento.

Entre los deportistas poco experimentados la eficacia de las rutinas integrales es similar a las de las rutinas de división o localización muscular, con la ventaja de ser menos agresivas para los grupos musculares trabajados. Calder et al. (1994) compararon ambos métodos de trabajo (sesión única x 4 sesiones semanales vs rutina de dos vías (similar duración) encontrando los mismos resultados en las adaptaciones de fuerza o masa muscular.

En el caso de los deportistas de mayor experiencia uno de los primeros aspectos a controlar es ver cuantas rutinas diferentes va a utilizar en este espacio de tiempo, ya que las mismas determinarán que grupo muscular y con qué intensidad se debe trabajar cada uno de ellos por cada sesión de entrenamiento. El número de rutinas varía normalmente entre una y tres por semana. Ejemplo de ellas son los siguientes:

- Dos rutinas por microciclo.
 - Ejemplo: Parte superior / Parte inferior.
- Tres rutinas por microciclo.
 - Ejemplo: Pecho, hombros, tríceps / Espalda media, trapecios, bíceps / Cuadríceps, isquiotibiales.
- Una rutina (blitz) para cada sesión de entrenamiento.

Un ejemplo tres rutinas por microciclo consistiría en trabajar un día pecho, hombros y tríceps, otro día espalda media, trapecios y bíceps, mientras que el tercer día se entrenaría cuádriceps e isquiotibiales. Esto permitirá tener más tiempo de recuperación para cada región del cuerpo antes de que él mismo volviera a ser solicitado nuevamente durante el proceso de entrenamiento. Debemos tener presente de que en el caso de que se desee trabajar dos días seguidos la misma región del cuerpo, el deportista debería ejecutar 2/3 del trabajo total del microciclo planificado para esa región durante la primera sesión dejando el resto para la segunda. En este caso se deberían seleccionar dos grupos musculares por sesión, de forma que uno de ellos se trabajará intensamente el primer día y suave el segundo, mientras que el otro grupo muscular será estimulado de manera inversa. Esta variante es una de las más utilizadas entre los atletas especializados en fuerza.

Así mismo, a la hora de planificar las rutinas de trabajo es necesario tener en cuenta tres aspectos fundamentales como son el *grupo muscular trabajado*, la *dureza de la sesión* y las *características del deportista*. Para el caso de deportistas muy explosivos, es decir, aquellos que tienen un mayor porcentaje de

fibras rápidas (FT) en su musculatura, Hatfield (1984) propone las siguientes recuperaciones:

Grupo Muscular	Ligero	Medio	Fuerte
Músculos Largos	5 d/reposo	6 d/reposo	7 d/reposo
Músculos Medianos	4 d/reposo	5 d/reposo	6 d/reposo
Músculos Pequeños	3 d/reposo	4 d/reposo	5 d/reposo

Músculos largos: Extensores piernas y parte baja de la espalda; **Músculos medianos:** Pecho; Parte alta de espalda; Flexores y extensores del brazo; Hombros; **Músculos Pequeños:** Gemelos; Antebrazos.

En el caso de los deportistas muy resistentes y, por lo tanto con un elevado número de fibras lentas (ST) en su musculatura que normalmente les convierte en sujetos con menores niveles de fuerza que los anteriores, Hatfield (1984) hace la siguiente propuesta:

Grupo Muscular	Ligero	Medio	Fuerte
Músculos Largos	3 d/reposo	4 d/reposo	5 d/reposo
Músculos Medianos	2 d/reposo	3 d/reposo	4 d/reposo
Músculos Pequeños	1 d/reposo	2 d/reposo	3 d/reposo

Músculos largos: Extensores piernas y parte baja de la espalda; **Músculos medianos:** Pecho; Parte alta de espalda; Flexores y extensores del brazo; Hombros; **Músculos Pequeños:** Gemelos; Antebrazos.

Estas constituciones antes mencionadas, en las que existe un predominio claro de uno u otro tipo de fibra muscular, sólo se dan en sectores muy reducidos de la población.

Normalmente configuran el grupo de deportistas que practican modalidades deportivas de elevada dependencia condicional (FT: potencia y velocidad vs ST: resistencia). Lo más habitual es encontrar sujetos que tengan un porcentaje de fibras equilibrado entre el porcentaje de aquellas fibras que denominamos de contracción rápida y las de contracción lenta.

Grupo Muscular	Ligero	Medio	Fuerte
Músculos Largos	4 d/reposo	5 d/reposo	6 d/reposo
Músculos Medios	3 d/reposo	4 d/reposo	5 d/reposo
Músculos pequeños	2 d/reposo	3 d/reposo	4 d/reposo

Músculos largos: Extensores piernas y parte baja de la espalda; **Músculos medianos:** Pecho; Parte alta de espalda; Flexores y extensores del brazo; Hombros; **Músculos Pequeños:** Gemelos; Antebrazos.

Número de sesiones por día de entrenamiento.

Muchos deportistas tienen la obsesión de que cuanto más veces entrenan, mayores serán los beneficios que obtengan y mejores serán los resultados. Nada más lejos de la realidad. El organismo necesita del descanso adecuado para crear un entorno favorable en el que se desencadenen los procesos de adaptación que conduzcan a la mejora de la fuerza y al logro de la máxima hipertrofia muscular.

La mayor parte de los entrenadores saben que una sesión de trabajo eficaz casi nunca debe superar los 80'-90'. De todo ese tiempo total apenas 1/3 parte del mismo corresponderá a tiempo efectivo de ejecución de los diferentes movimientos. Spassov y Abadjev (cfr. Tous-1999) hablan de lo beneficioso que puede ser realizar una sesión de 45' descansar 30' y repetir otra sesión de duración similar a la primera. Esta estrategia permite crear un entorno hormonal que favorece el resultado final del entrenamiento y al mismo tiempo garantiza poder estar en condiciones de repetir un ciclo similar durante la tarde.

Ciertamente la duración de cada sesión se debe ajustar a las posibilidades individuales de poder asimilar cargas de entrenamiento. El descanso, la alimentación, las ayudas ergogénicas y, como no, las sustancias dopantes favorecen y potencian los procesos de recuperación permitiendo al deportista efectuar mayores cargas de entrenamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Bompa, T. *Periodization of strength: The new wave in strength training*. Edit. Orietta Calcina. (1993).
- Brown, C.J., Carroll, J.F., Boling, R. O'Nan, D., Abadie, B.R. "Prediction of 1-RM chest press strength in elderly men". *Medicine Science Sport Exercise*. 27 (5): S208. Sup. (1995).
- Brzycki, M. "Strength testing: Predicting a one-rep max from repsto-fatigue". *JOHPERD*. 64: 88-90. (1993).
- Calder, A.R., Chilibeck, P.D., Webber, C.E., Sale, D.G. *Comparison of whole and split weight training routines in young women*. *Canadian Journal Applied Physiology*. 19:185-199. (1994).
- Cerani, J.D. "El entrenamiento de la resistencia en niños y jóvenes". *Sport y Medicina*. Marzo-Abril. 20-32. (1993).
- Duda, M. "Prepubescent strength training gains support". *The Physician and Sportmedicine*. 14(2): 157-161. (1986).
- Dvorkin, L. *Weightlifting and age: Scientific and pedagogical fundamentals of a multi-year system of training junior weightlifters*. (traducción mecanografiada). (1985).
- Epley, B. "Poundage chart. Boyd Epley workout". Lincoln, NE. (1985).
- Ference, D.A. "A more equitable award system". *National Strength Conditioning Association Journal*. 13(4):53-55. (1991).
- George, J.D., Fisher, A.G., Vehrs, P.R. *Tests y pruebas físicas*. Barcelona. Paidotribo. (1994).

- Gonzalez Badillo, JJ. *Halterofilia*. Madrid. COE. (1991).
- Grosser, M., Starischka, S. *Test de condición física*. Barcelona. Edit. martinez Roca. (1988).
- Guynes, SV., Abadie, BR., Boling, R. Lamberth, J. "Prediction of 1-RM leg extension strength in elderly". *Medicine Science Sport Exercise*. 27 (5): S208. Sup. (1995).
- Harre, S. *Trainingslehre*. Berlin. (1978).
- Hatfield, FC. *Bodybuilding: A scientific approach*. Contemporary Books Inc. Chicago. (1984).
- Heyward, V. *Evaluación y prescripción del ejercicio*. Barcelona. Paidotribo. (1996).
- Hoeger, WWK., Hopkins, DR., Barette, SL., Hale, DF. "Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum: a comparison between untrained and trained males and females". *Journal Applied Sport Science Research*. 4(2):47-54. (1990).
- Knutzen, KM, Brilla, LR., Caine, D. *Validity of 1RM prediction equations for older adults*. *Journal Strength Conditioning Research*. 13(3):242-246. (1999).
- Kraemer, W., Fleck, S. *Strength training for young athletes*. Champaign (Illinois). Human Kinetics. (1993).
- Landers. J. "Maximum based on reps". *National Strength Conditioning Association Journal*. 6(1):60-61.(1985).
- LeSuer, DA., McCormick, JH., Mayhew, JL., Wasserstein, RL. *The accuracy of prediction equations for estimating 1-RM performance in the bench press, squat and deadlift*. *Journal Strength Conditioning Association*. 11(4):211-213. (1997).
- Lombardi, VP. *Beginning weight training*. Dubuque, IA: WC Brown. (1989).
- Mayhew, JL., Ware, JR., Prinster, JL. *Using lift repetitions to predict muscular strength in adolescent males*. *National Strength Conditioning Association Journal*. 15(6):35-37.(1993).
- Medvedeev, AC. *Premisas para elaborar un programa de halterofilia a largo plazo*. Moscú. Traducción mecanografiada por S. Tjonov. (1988).
- Micheli, LJ. "Strength training in the young athlete". En Brown y Branta (Edic.). *Competitive sports for children and youth*. (99-105). Champaign (Il). Human Kinetics. (1988).
- O'Conner, B., Simmons, J., O'Shea, P. "Weight Training Today". Saint Paul, MN. West Publisher. (1989).
- Poliquin, C. "The Poliquin principles: Successful methods for strength and mass development". Dayton Writers Groups.(1997).
- Román, I. *Indicadores desplazados de la carga de entrenamiento*. La Habana. ISCF. (1988).
- Roman, RA. *Instrucción y entrenamiento de los levantadores de pesas*. La Habana. (1962).

- Stone, M.H; O'Bryant, H; Garhammer, J. "*Hypothetical model for strength training*". Journal of sports medicine and physical fitness. 21(4): 342-351. (1981).
- Totten, L. "*Practical considerations in strengthening the prepubescent athlete*". National-Strength-&-Conditioning-Association-journal-(Lincoln,-Neb.); 8(2): 38-40. (1986).
- Tous, J. *Nuevas tendencias en fuerza y musculación*. Barcelona. JTF. (1999).
- Ujtmoskij, AA. *Physiologie der Bowegungsapparts*. En Ges. Werke.3. Leningrado. (1951).
- Ware, JS., Clemens, CT., Mayhew, JL., Johnston, TJ. *Muscular endurance repetitions to predict bench press and squat strength in college football players*. Journal Strength Conditioning Research. 9(2):99-103.(1995).
- Westcott, WL., Baechle, TR. "*Strength training past 50*". Human Kinetic. (1998).

Capítulo 3

La selección de cargas de entrenamiento: la magnitud

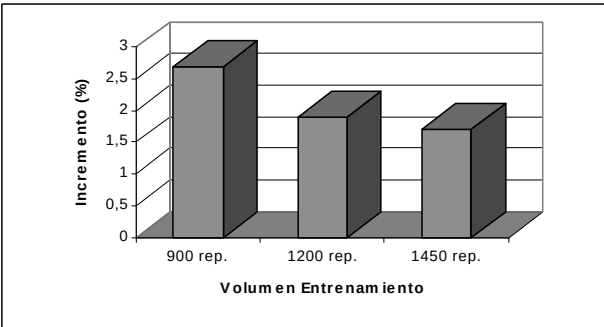
3.1. La magnitud de la carga.

Nos referimos en este apartado a todos los aspectos *cuantitativos* del entrenamiento de la fuerza. El **volumen** realizado por cada ejercicio o sesión viene determinado por el grupo muscular trabajado, el nivel de entrenamiento del atleta y por el momento de la preparación a la que hagamos referencia. En ese sentido, a mayor nivel del deportista mayor será el volumen de entrenamiento, así como también es lógico que en el período preparatorio sea mayor volumen que en el período precompetitivo y/o competitivo.

No obstante, no siempre tener un mayor nivel de rendimiento acompaña un incremento en el volumen de trabajo. Bien es cierto que durante las primeras etapas de la vida deportiva un incremento racional del volumen va a suponer una mejora del rendimiento, pero una vez que se llega a altos niveles, no siempre se corresponde un incremento del volumen con una mejora en la marca, sino que incluso, en ocasiones el aumento del volumen lleva aparejado una disminución en el rendimiento.

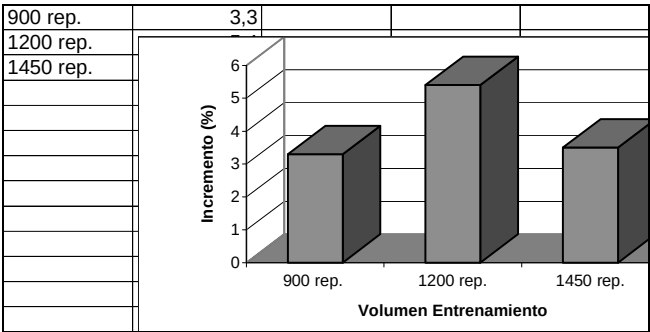
González Badillo (1991) realizó un trabajo experimental con halterófilos en el que trataba de encontrar cual era el volumen mensual adecuado para mejorar los resultados deportivos. Para ello utilizó tres grupos homogéneos de levantadores a los que aplicó un entrenamiento igual en lo concerniente a la intensidad máxima, la intensidad media relativa, el mismo porcentaje de repeticiones por zona de intensidad, mismos ejercicios, etc., pero en el que se variaba el número total de repeticiones (volumen) (**GA=900; GB=1200; GC=1400**). Los tres grupos repartieron la carga de forma similar durante las 10 semanas (50 sesiones) de trabajo que duró el estudio.

En el primer control realizado al final de las cinco primeras semanas, los mejores incrementos en el rendimiento correspondían al grupo que trabajó con menor volumen, mientras que el peor correspondió al grupo que hizo mayor volumen de entrenamiento (**GA=2.7%; GB=1.9%; GC=1.7%**).



Gráfica 3.1. Dinámica del rendimiento tras cinco semanas de entrenamiento en tres grupos de halterófilos que entrenaron con diferentes volúmenes de carga.

Sin embargo, al final de las diez semanas de experimentación, los mejores incrementos correspondieron al grupo B (intermedio), con incrementos por grupo de (GA=3.3; GB=5.4%; GC=3.5%), donde se puede observar que las mejoras más pequeñas fueron para los grupos de mayor y menor número de repeticiones realizadas, entre los que los resultados mostraron mejoras de valores similares. Las ganancias del grupo intermedio presentaban diferencias significativas (arrancada $p<0.005$; dos tiempos $p<0.01$; sentadilla $p<0.01$) respecto al resto de grupos.



Gráfica 3.2. Dinámica del rendimiento tras diez semanas de entrenamiento en tres grupos de halterófilos que entrenaron con diferentes volúmenes de carga.

Evolución de la carga en el proceso de entrenamiento: La vida deportiva.

Durante algunas décadas la tendencia general del entrenamiento deportivo fue la de incrementar el volumen de entrenamiento de año en año en cualquier modalidad deportiva. No obstante, el volumen durante los últimos años muestra una tendencia de estabilización, evitándose la utilización de grandes volúmenes de entrenamiento.

Del análisis del entrenamiento que han realizado la mayor parte de los campeones deportivos a lo largo de su vida de entrenamiento se desprende que durante los primeros años de trabajo las mejoras de rendimiento se acompañan de incrementos en el volumen y la intensidad de la carga. Los años siguientes, una vez que el deportista alcanza un volumen óptimo de entrenamiento, el aspecto más importante para lograr seguir mejorando los resultados es a partir de mejoras en la calidad de las cargas. Más adelante basta con mantener los niveles de entrenamiento o incluso disminuirlos ligeramente.

Año	Toneladas	Repeticiones	Peso Medio	Total Olímpico
1974	676	6740	100	255
1975	1029	9784	104	297
1976	1344	11.803	113	340
1977	1548	12272	126	355
1978	2048	16000	128	370
1979	2720	20000	136	390
1980	2100	15000	140	400
1981	2840	20000	142	415
1982	2492	17188	145	422

Tabla 3.1. Ejemplo de dinámica promedio de resultados y cargas anuales en halterofilia

Medvedeev (1989) plantea que el volumen anual de un halterófilo debe ser de unos 7.000 repeticiones anuales, siguiendo los siguientes siete años con un incremento progresivo, no siempre igual, que debe oscilar entre el 10-30% respecto al volumen del año anterior.

Clasificación	Debutantes	III - II	I - CMD	MD	MID
P. Preparatorio	1100-1300	1000-1500	1300-2000	1500-2700	1300-2500
P. Competitivo	900-1000	750-1050	950-1450	1100-1900	950-750

Tabla 3.2. Evolución del volumen mensual a lo largo de la evolución deportiva de un levantador

Evolución de la carga en el proceso de entrenamiento: La temporada.

El volumen es un parámetro que varía a lo largo de las diferentes etapas del entrenamiento, las características del deporte y el nivel del deportista. Es lógico pensar que a mayor número de años de formación, crecimiento y maduración, mayores serán las cargas que puede soportar un sujeto sin lesionarse o sobrecargarse, permitiendo de esta forma poder evolucionar favorablemente durante su formación deportiva.

Como muestran todos los tratados de planificación, los volúmenes de trabajo deben variar de forma ondulatoria a lo largo de las diferentes estructuras

intermedias (microciclos, mesociclos, etc.) en que se organiza el proceso de entrenamiento. Tradicionalmente, los mayores volúmenes de carga se suelen utilizar en el período preparatorio, disminuyendo en diferente proporción en otras etapas de la temporada en función del modelo de planificación que se utilice (tradicional, cargas concentradas, etc.).

Deporte	Volumen / Semana / Período (Tn)			Volumen / Año	
	Preparatorio	Competitivo	Transitorio	Mínimo	Máximo
Peso	24-40	8-12	4-6	900	1450
Altura	16-28	8-10	2-4	620	1000
Jabalina	12-24	4	2	450	800
Velocidad	14-26	4-6	2-4	500	930
Voleibol	12-20	4	2	450	700
Baloncesto	12-24	4-6	2	450	850
Gimnasia	10-16	4	4	380	600
Boxeo	8-14	3	1	380	500

Tabla 3.3. Sugerencias de volumen (Tn) de entrenamiento de fuerza para diferentes deportes Fuente: Bomba (1995)

Tal evolución de la carga de entrenamiento de la fuerza puede llegar a la composición interna de los entrenamientos utilizados en cada una de las fases. La variabilidad es mayor en las modalidades deportivas más abiertas, mientras que son menos evidentes en las más cerradas. En este segundo tipo de deportes la variabilidad del porcentaje de trabajo realizado con cada ejercicio suele ser mayor entre los deportistas más experimentados que entre los que tienen menor nivel de rendimiento.

Período Nivel	Prep. II-III	Comp. II-III	Prep. I-CMD	Comp. I-CMD	Prep. MD	Comp. MD
Arrancada	10%	10%	9%	9%	8%	8%
Variantes de Arrancada	10%	10%	11%	12%	12%	13%
Cargada	7.5%	7.5%	6%	6%	5%	5%
Variantes de Cargada	9.5%	9.5%	9%	9%	8%	8%
Jerk clásico	7.5%	7.5%	7%	7%	6%	6%
Otros Jerk	3.5%	3.5%	5%	6%	7%	8%
Sentadillas F/T	27%	27%	23%	23%	20%	20%
Otras sentadillas	15%	15%	-	-	-	-
Tirón de arrancada	-	-	7%	5%	8.5%	5%
Tirón de cargada	-	-	5%	6%	10%	12%
Otros	10%	10%	18%	17%	15.5%	15%
Total	1250 1000- 1500	900 700- 1050	1650 1300- 2000	1200 950- 1450	2100 1500- 2700	1500 1100- 1900

Tabla 3.4. Sugerencias de volumen (%) de entrenamiento de fuerza para los principales ejercicios de halterofilia (Román, 1980)

Evolución de la carga en el proceso de entrenamiento: Mesociclo.

La dinámica que debe seguir la carga de entrenamiento debe ajustarse a diversos aspectos entre los que destacan las características del deporte y la etapa de la temporada a que se refiera. En todos los casos, la carga debe seguir una evolución ondulatoria que favorezca la asimilación de las importantes cargas a que son sometidos los deportistas que alcanzan elevados niveles competitivos.

Uno de los aspectos más elementales que condicionan el volumen de carga es el tipo de mesociclo a que se haga referencia. Recordemos que los mesociclos representan etapas relativamente acabadas del proceso global de entrenamiento que tienen como finalidad lograr el desarrollo de una cualidad u objetivo parcial de todo el proceso. Su organización interna se realiza a partir de microciclos de diferente signo, en número variable, que nunca son menos de 2 y casi nunca supera los 6-8 microciclos.

En ocasiones algunos autores plantean la hipótesis de que los mesociclos deben tener una duración similar a la que en los biorritmos corresponde al biociclo físico (23 días), aunque esta afirmación no parece científicamente fundamentada. En todo caso, podemos hablar de que su duración se encuentra supeditada a la capacidad de adaptación a medio plazo del deportista a las cargas de trabajo empleadas en el entrenamiento.

Mes / Nivel	Tipo	Principiante	Tipo	II - III	Tipo	I - CMD	Tipo	MD
1	P	1150	P	1100	P	1350	P	1900
2	P	1250	P	1300	P	1500	P	2100
3	P	1200	C	900	P	1650	C	1500
4	C	1000	P	1250	C	1200	P	2000
5	AFG	500	C	900	C	1000	C	1400
6	P	1100	P	1500	P	2000	C	1200
7	C	900	C	750	C	950	P	1600
8	P	1100	P	1250	P	1500	P	2100
9	C	900	C	900	P	1650	C	1500
10	AFG	450	P	1250	C	1200	P	1600
11	AFG	450	C	900	C	1000	C	1100
12	Rest	-	Rest	-	Rest	-	Rest	-

Tabla 3.5. Reparto de la carga en los microciclos según el nivel del deportista y el tipo.

Según su estructura interna los mesociclos se suelen clasificar de la siguiente forma:

1. **Mesociclos entrantes o graduales.** Son los mesociclos iniciales de cualquier estructura de entrenamiento. En ellos se crean las bases de condición física que se precisan para afrontar con garantías todo el

programa de trabajo. Normalmente están constituidos por 2-3 microciclos de ajuste que terminan con otro de recuperación.

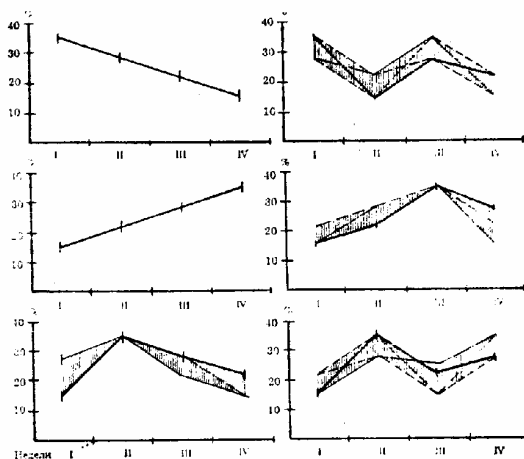
2. **Mesociclos básicos.** Son los encargados de contener las cargas fundamentales de entrenamiento durante una temporada. Los objetivos que cumplen estos mesociclos son de dos tipos: de desarrollo y de estabilización. En los primeros, el deportista crea las bases funcionales y técnicas específicas de su modalidad deportiva; mientras en los segundos se consolidan y automatizan los logros ya alcanzados.
3. **Mesociclos de precompetición.** Están destinados a transformar los niveles condicionales y técnicos alcanzados durante los mesociclos de base, a los niveles precisos y concretos que se necesitan en la competición. Es característica de este mesociclo, buscar durante el entrenamiento las mismas condiciones técnicas, tácticas, físicas o ambientales con las que se va a encontrar el deportista durante la competición. Al igual que ocurría con los microciclos del mismo nombre, su estructura debe favorecer los procesos de recuperación a medio plazo que conducen a un estado de supercompensación durante la competición.
4. **Mesociclos de competición.** Son los que incluyen las principales competiciones deportivas, especialmente a las estructuras que engloban el trabajo a realizar entre competiciones no muy espaciadas. Su duración es de 2-3 microciclos.

Evolución de la carga en cada microciclo.

En los deportes de fuerza como la halterofilia se aceptan seis variantes de mesociclo en relación con el volumen de trabajo realizado durante el mismo. Se parte del criterio de que un volumen de un mesociclo de carga mínima es aquel en el que se realizan las siguientes repeticiones:

Repeticiones Semanales en Halterofilia			
Volumen Mínimo	<75	Volumen Grande	481-615
Volumen Pequeño	76-210	Volumen Muy Elevado	615-750
Volumen Medio	211-345	Volumen de Impacto	>751
Volumen Elevado	346-480		

Tabla 3.6. Ejemplos de carga (%) por microciclo de un mesociclo (4 semanas)



Gráfica 3.3. Variantes de cargas aplicadas en el mesociclo en halterofilia

De las variantes que se señalan en la gráfica 3.3, la más utilizada en halterofilia es la primera (35%; 28%; 22%; 15%) en la que la carga presenta una dinámica decreciente a lo largo del mesociclo. Este tipo de distribución es también clásica para los mesociclos previos a una competición, mientras que las dos intermedias (15%; 20%; 30%; 35% y 15%; 20%; 35% y 30%) suelen utilizarse durante las fases de preparación.

Control del volumen de entrenamiento de fuerza.

El control del volumen de trabajo de fuerza se realiza de diferente forma según la modalidad deportiva a que hagamos referencia, pero los parámetros más utilizados, son los siguientes:

- **Repeticiones.** Se entiende por repeticiones la cantidad de levantamientos que se realizan en una tanda, ejercicio, entrenamiento, semana, mes o año. La fundamentación en la que se apoya la utilización de este criterio para el control del volumen la encontramos en R.A. Román (1980) y en I. Román (1986), quienes afirman que la mayoría de los atletas, independientemente de su clasificación deportiva, realizan aproximadamente la misma cantidad de repeticiones en un mes de entrenamiento, algo que no ocurre con el tonelaje, que sí varía entre halterófilos de distinta categoría de peso y también entre atletas de igual peso pero de distinto nivel deportivo. El número óptimo de repeticiones para cada ejercicio depende de diversos factores, entre los que podemos destacar: las características del deporte para el que se entrena, las características del deportista, del tipo de ejercicio, el grupo muscular y de la intensidad de carga con la que se realiza.

Medvedev (1988) recomendaba un total de 10.000 levantamientos anuales para los halterófilos noveles y/o poco cualificados, los cuáles se reparten en 650-

1500 repeticiones mensuales en las etapas de mayor volumen y entre 650-850 repeticiones en las etapas de competición. Cherniak (1978) proponía los siguientes volúmenes para halterófilos en función de su edad y nivel (tabla 3.7).

Categoría	Mensual	Variantes
Juveniles	400-900 repeticiones	400-700 y 600-900
Juniors	700-1000 repeticiones	950 y 600
Seniors aspirantes a campeones	700-1000 repeticiones	950 y 600
Alto Nivel	700-2000 repeticiones	Diferencia 20-30%

Tabla 3.7. Propuesta de volúmenes de carga para halterofilia en función del nivel (Cherniak, 1978)

Lógicamente, estos valores son muy bajos si los comparamos con los que necesitan y utilizan otros deportistas que buscan importantes incrementos de la masa muscular como ocurre con los culturistas.

- **Series.** Supone la acción de realizar la suma de varias repeticiones ejecutadas de forma continua y sin descanso entre ellas. Normalmente las sesiones de entrenamiento se estructuran en ejercicios, series por ejercicio y repeticiones por serie. La relación entre el número de repeticiones y las series varía en función de la orientación del trabajo de fuerza realizado, de forma que en las sesiones de fuerza resistencia el número de repeticiones por serie es muy elevado y en las de fuerza velocidad muy bajo. En el entrenamiento de la fuerza para la hipertrofia varía con el nivel del deportista:

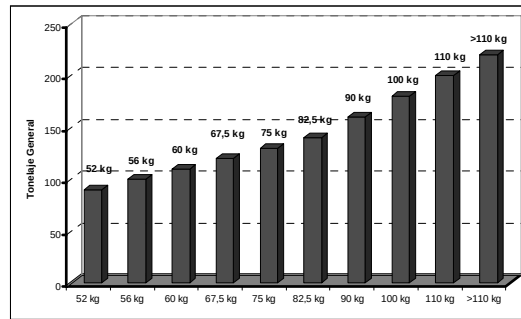
Principiantes: 8-10 series por parte del cuerpo y semana

Intermedio: 8-12 series por parte del cuerpo y semana

Avanzado: 12-15 (18) series por parte del cuerpo y semana

- **Tonelaje.** Constituye la suma total de kilogramos que se realizan en un ejercicio, entrenamiento, semana, mes o año de entrenamiento. Se determina multiplicando el peso movido en cada ejercicio por las repeticiones. Autores como Medvedev (1966) y RA. Román (1974) consideran que el tonelaje sólo da una idea general del volumen de carga de entrenamiento, no resultando un índice tan objetivo como para depender únicamente del mismo.

También debemos considerar que este indicador no nos permite comparar el volumen de trabajo realizado por sujetos de igual nivel pero distinta categoría de peso o sujetos de igual peso corporal pero distinto rendimiento, algo que si se puede realizar con las repeticiones efectuadas. El tonelaje es proporcional al peso corporal, de forma que al aumentar éste aumenta el tonelaje movido por un levantador en una sesión, microciclo, mesociclo o ciclo de entrenamiento.



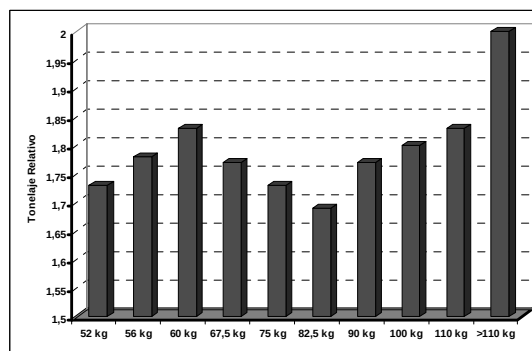
Gráfica 3.4. Tonelaje total por categoría de peso en halterofilia.

Categoría (kg)	56 kg	60kg	67.5 kg	75 kg	82.5 kg	90 kg	>90 kg
Toneladas Mensuales	58 tn	64 tn	69 tn	74 tn	80 tn	85 tn	90 tn

Tabla 3.8. Volumen mensual de carga en halterófilos de diferente categoría de peso. Fuente: Medvedev (1988).

Vorobiev (1974) señala que en aquellas semanas en las que se busca elevados volúmenes de carga (microciclos de choque), el volumen de trabajo no debe superar las 25-35 toneladas entre los levantadores de II y III categoría, mientras que entre los de máximo nivel los volúmenes no deben superar las 50-80 toneladas.

- **Tonelaje relativo.** Se calcula dividiendo el tonelaje movido en un ejercicio o sesión de entrenamiento por el peso corporal del atleta. Se puede hablar de diferentes indicadores de tonelaje relativo según que hagamos referencia a los tonelajes relativos de un ejercicio, sesión, microciclo, mesociclo. Es un parámetro que posee un rango muy estrecho de variación entre los diferentes deportistas, no respondiendo a un comportamiento predeterminado por el peso corporal del levantador.



Gráfica 3.5 Evolución del tonelaje relativo de halterófilos en el período competitivo Fuente: I. Román (1986).

- **Kilogramos-metro.** Es el producto de multiplicar el peso por las repeticiones y por la distancia que recorre la barra en cada ejercicio. Este indicador es muy completo, ya que incluye el peso de la barra y los discos y la distancia movida, la cuál varía según la altura del levantador y su nivel técnico. Saksonov (1967 cfr. Román-1986) comprobó que en halterófilos de buen nivel, en el envión, la barra sube hasta un 97-98% de altura del sujeto, en la arrancada lo hace hasta el 91.9%, en la cargada la barra llega hasta el 67.7%, un 84.8% en el tirón de arrancada, un 48.4% en el tirón de cargada y un 36.9% en la sentadilla.
- **Coeficiente de volumen.** Es el producto de multiplicar la intensidad media relativa (ver en páginas anteriores) por las repeticiones. Señala de forma relativa el volumen de trabajo realizado por el deportista en un ejercicio, entrenamiento, semana, mes o año.

3.2. Aspectos que deben tenerse en cuenta para determinar la magnitud de un entrenamiento de la fuerza.

Cuando queremos conocer la magnitud de trabajo de fuerza realizado por un deportista, tenemos que determinar el volumen de trabajo que ha realizado en cada *ejercicio*, *serie* o *sesión*. Estos parámetros adquieren una peculiaridad específica durante el entrenamiento de fuerza que busca importantes hipertrofias musculares. Para su comprensión debemos analizar aspectos como:

- Número de grupos musculares por sesión.
- Ejercicios realizados por cada grupo muscular y/o sesión.
- Repeticiones realizadas por serie y/o sesión de entrenamiento.
- Series realizadas por ejercicio, grupo muscular y/o sesión.
- Número de sesiones realizadas por microciclo.

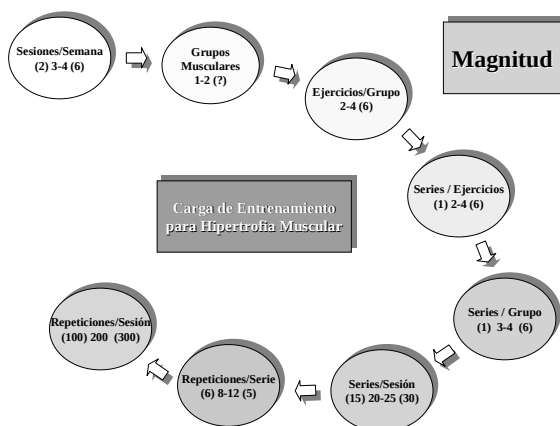
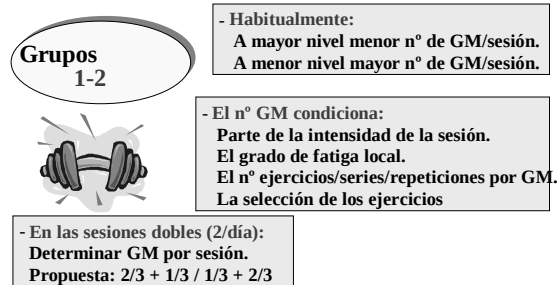


Figura 3.1. Organización de la carga de entrenamiento para hipertrofia muscular

3.3. Número de grupos musculares por sesión.

El número de zonas corporales que deben ser entrenadas en cada sesión viene condicionado por el nivel de entrenamiento del deportista. Habitualmente ambas variables (zonas y experiencia deportiva) se relacionan de manera inversa. Así, cuanto mayor es el nivel de experiencia en el trabajo de la fuerza, menores serán los grupos musculares que se trabajen en una sesión de entrenamiento, mientras que en el caso contrario, es decir en los debutantes, los entrenamientos se caracterizan por estimular muchas zonas del cuerpo durante la sesión.



Lógicamente, para poder ejercitar intensamente un grupo muscular muy entrenado es necesario aplicar cargas muy importantes de trabajo, lo que necesariamente impide que el volumen total de la sesión se disperse por numerosas estructuras musculares independientes entre sí. Por el contrario, un deportista poco entrenado no sólo responde más eficazmente ante estímulos moderados, sino que cuando trabaja de forma intensa corre más riesgo de sobreentrenarse o lesionarse. Por todo ello, lo corriente es trabajar entre 1 y 3 grupos musculares en una sesión de hipertrofia cuando el sujeto ya tiene un cierto nivel de experiencia, pero aumentar considerablemente los mismos entre los más jóvenes, los menos experimentados o en etapas iniciales de entrenamiento.

• Grandes Grupos:

- Extensores de la rodilla.
- Musculatura del pecho.
- Musculatura abdominal.
- Parte media de la espalda.
- Parte alta de la espalda.

• Pequeños Grupos:

- Extensores del tobillo.
- Flexores de la rodilla.
- Parte baja de la espalda.
- Flexores del codo.
- Flexores y extensores de muñeca.
- Musculatura del cuello.

Un aspecto importante a la hora de decidir el número de grupos musculares a entrenar durante la sesión es conocer las características de la estructura/s seleccionadas. Cuanto más grande es el grupo muscular trabajado mayores serán las fatigas producidas y por lo tanto menor será el número de zonas que puedan ser entrenadas.

3.4. Ejercicios por grupo muscular y/o sesión.

Existe un principio básico en el entrenamiento de la fuerza según el cual existe una relación inversa entre el número de ejercicios que se realizan por cada grupo muscular y el número de grupos musculares que se entrenan en cada sesión de entrenamiento. Así, cuando en una sesión se trabajan varios grupos musculares (pecho, piernas, brazos, etc.) el número de ejercicios que se emplean en cada uno de ellos es menor que si sólo se trabajara un grupo muscular de forma aislada.

**Ejercicios/Grupo
(1) 2-4 (6)**



- Habitualmente:
- **Relación inversa entre ejercicios por grupo muscular y grupos musculares por sesión:**
 - * Más ejercicios por menos GM.
 - * Menos ejercicios por más GM.

- **Criterio elemental:**
Sólo trabajar hasta el límite de eficacia muscular (pérdida nunca mayor al 5-10%).

Weis y Kennedy (1999) señalan que a la hora de programar un entrenamiento extensivo de fuerza se debe seleccionar, al menos, uno o dos ejercicios para cada grupo muscular, no debiendo superar los 4 ejercicios cuando se trata de un deportista principiante². Entre los debutantes en la práctica del culturismo no realizar más de tres ejercicios por grupo muscular grande y nunca más de dos cuando se trate de un grupo muscular pequeño.

3.5. Series por ejercicio, grupo muscular y/o sesión.

Ya indicamos que un volumen de entrenamiento extensivo de fuerza supone realizar un total de aproximadamente 200 (100-300) repeticiones de trabajo, por grupo muscular, con cargas lo suficientemente elevadas. Esta enorme variabilidad vendrá condicionada por la intensidad de las cargas utilizadas en la sesión, de forma que cuando hablamos de cargas entre el 1-6RM el número de repeticiones será bajo, mientras que con cargas próximas al 12-15RM el número será muy elevado. Este volumen medio antes señalado (200 repeticiones) se corresponde a un volumen máximo de 20-30 series y un *tiempo efectivo* de trabajo de aproximadamente 20-30 minutos (20-30 series x 60 segundos) por sesión. Los deportistas de alto nivel pueden alcanzar esas 20-30 series por sesión antes

² El paso de debutante al nivel superior se alcanza cuando el sujeto es capaz de realizar 10 repeticiones de sentadilla con el propio peso corporal, o 10 repeticiones de press de banca con el 80% del PC o 10 repeticiones con el 50% del PC en el movimiento de curl con barra.

señaladas, aunque se recomienda hacer 15-20 series en el caso de los principiantes y 20-25 series en los deportistas de nivel medio.

Algunas de las propuestas más difundidas para garantizar una importante hipertrofia muscular suelen recomendar un máximo de **4-12 series por grupo muscular**³, con un promedio de **2-12 series por ejercicio** (principiantes: 1 a 2) si se realiza más de un ejercicio por grupo muscular. Esto supone que se debe hacer por regla general **8-12 (3-12) series** por cada grupo muscular grande y **4-8 (2-8) series para los músculos más pequeños**.

Evidencias muestran que realizar demasiadas series por ejercicio provoca un vaciado muy elevado de glucógeno y un incremento en la rotura proteica, lo que conduce a un estado catabólico muy intenso. Por esta razón, es recomendable realizar sesiones dobles de entrenamiento donde la duración de cada una de ellas no debe superar un máximo de 60-80 minutos. Lógicamente, la duración de una sesión de entrenamiento se ve afectada por un gran número de factores entre los que destaca el grupo/s musculares que son trabajados en cada una de ellas. Algunos autores recomiendan una duración de 20"-70" para las sesiones en las que se trabaja la musculatura de la parte superior del cuerpo, por duraciones de 50" - 150" para los músculos de la parte inferior.



- 1º 4-12 series por grupo muscular (¡20-22!).
- 2º 2-12 series por ejercicio (principiantes: 1 a 2).
(¿Nº series es inversamente proporcional al tamaño del músculo?).
- 3º Suficiente 3-6 series por ejercicio:
 - * 3 -12 series para grandes grupos musculares.
 - * 2 - 8 series por grupo muscular pequeño.
- 4º Duración: (20"-70" parte superior/50" - 150" parte inferior).

En la etapa de máximo volumen los autores plantean trabajar 2-3 grupos musculares por sesión a razón de 4-6 ejercicios con un total de 10-20 series (60-90 series/grupo muscular/semana) de 10-12 a 15-30 repeticiones con el 40-80% de carga y recuperaciones de 30"-60". Para garantizar una adecuada hipertrofia, cada ejercicio se debe entrenar dos o tres veces a la semana en días no consecutivos. Para evitar estancamientos, es necesario ir incrementando, poco a poco, el número de series que se realizan por cada grupo muscular hasta llegar al número máximo que cada deportista sea capaz de asimilar.

³ Algunos culturistas de elevado nivel utilizan entre 20-22 series por grupo muscular y sesión de entrenamiento.

Series/Sesión
(15) 20-25 (30)

Los valores de referencia para el volumen de carga en una sesión de orientación hipertrofica oscilan entre:

- 25-30 series por sesión (Σ de GM).
- (15-20 principiantes/20-25 nivel medio/20-30 alto nivel).

La mayor parte de las propuestas que nos podemos encontrar en la bibliografía se mueven en cifras similares a las anteriormente señaladas. De forma general podemos decir que, en el entrenamiento para la hipertrofia, lo más corriente es emplear entre 2-4 ejercicios por grupo muscular (rango: 1 a 6) y dos grupos musculares (rango: 1 a 3 vs genérico) por sesión de entrenamiento.

No obstante, dada la enorme variabilidad que nos podemos encontrar en la respuesta adaptativa de los deportistas, conviene utilizar algunos indicadores que sirvan al entrenador como referencia para determinar los límites de trabajo. Quizás el control del rendimiento sea la forma más sencilla de controlar el volumen, ya que plantearse métodos más sofisticados que impliquen controles endocrinos resulta caro y en ocasiones demasiados invasivos.

Propuesta de mayor número series a realizar en una sesión por cada grupo muscular (Nº ideal en paréntesis):

- Hasta 20 series para el trabajo de piernas (8-12).
- Hasta 16 series para el trabajo de la espalda (6-10).
- Hasta 12 series para el trabajo de pecho (6-8).
- Hasta 10 series para hombros y tríceps (5-6).
- Hasta 8 series para bíceps y gemelos (5-6).

Algunos autores hablan de 20 series para el trabajo de piernas, 16 para la espalda, 12 series para el pecho, 10 para hombros y tríceps y 8 para bíceps. No obstante, el volumen de trabajo quedará condicionado por el nivel del deportista y las peculiaridades del deporte que se quiera entrenar.

3.6. Repeticiones por serie y repeticiones por sesión y series por sesión de entrenamiento.

El número de repeticiones por sesión de entrenamiento varía significativamente en función de las características del deportista, del deporte, del momento de la temporada y del grupo muscular trabajado. Un volumen elevado de repeticiones, en el que la carga crece bruscamente, ejerce una influencia

negativa, de la misma forma que un volumen pequeño da lugar a un estancamiento en los procesos adaptativos.

Normalmente una sesión de fuerza de orientación hipertrófica suele variar entre las 100-300 (200) repeticiones por sesión. Con los principiantes es recomendable que se hagan 100-180 repeticiones, por 150-240 para los deportistas de nivel medio y las 150-300 repeticiones para los de alto nivel. Lo normal es que el tiempo real de trabajo por sesión ronde los 20'-30'.



1º Repeticiones por sesión: 100-300 (200).

2º 100-180 principiantes/150-240 nivel medio/150-300 alto nivel).

3º Tiempo de trabajo real por sesión (20'-30').

Estas cifras contrastan enormemente con las de otras disciplinas deportivas de fuerza como la halterofilia o el powerlifting, donde la fuerza explosiva y la fuerza máxima son el objetivo fundamental del entrenamiento. González-Badillo (1991) señala que una sesión de halterofilia no debe incluir más de 65-70 repeticiones con cargas iguales o superiores al 80%. En el caso de hacer doble sesión diaria, no es necesario llegar a las 70 repeticiones, pues con cifras significativamente inferiores se pueden lograr los mismos resultados. En deportes donde la hipertrofia muscular es importante pero no tan determinante como en el caso de las modalidades antes citadas, como es el caso de los lanzamientos atléticos, el volumen total también es bastante bajo si lo comparamos con el caso del culturismo. Así, una sesión de fuerza de un lanzador oscila entre las 100-150 repeticiones, divididas en tres ejercicios, cuando la intensidad de las cargas oscila entre el 60-80% y las 100-125 repeticiones cuando las cargas utilizadas son del 70-85%.

El volumen global realizado en cada sesión debe ser correctamente organizado para garantizar la efectividad del entrenamiento. Si tenemos en cuenta que la mejor forma de activar la síntesis de proteínas pasa por la utilización de importantes volúmenes de cargas intensas, mínimos errores pueden traducirse en desagradables situaciones de sobreentrenamiento. Ya señalamos que las cargas más adecuadas para conseguir hipertrofias musculares oscilan entre el 6-12-RM, aunque esa variabilidad, incluso alguna superior, vendrá condicionada por el grupo muscular trabajado y la forma en que éste es solicitado.

En la tabla 3.9., se observa que cuanto mayor es la intensidad con la que se entrena un ejercicio menor será el número de repeticiones totales que se tendrán que realizar en el mismo a lo largo de la sesión. De la misma forma, cuanto mayor sea el número de ejercicios que se haga para un mismo grupo menor será el número de repeticiones por ejercicio que tenga que hacer el deportista.

RM	Repeticiones	Ejer/Ses.	Repeticiones	Ejer/Ses.
4-5 RM	8-10 rep.	5-6 e/s	10-12 rep.	3-4 e/s
6-7 RM	10-12 rep.	5-6 e/s	13-20 rep.	3-4 e/s
8-9 RM	13-20 rep.	5-6 e/s	20-35 rep.	3-4 e/s
10-12 RM	20-30 rep.	5-6 e/s	28-50 rep.	3-4 e/s
RM	Repeticiones	Ejer/Ses.		
4-5 RM	12-20 rep.	1-2 e/s		
6-7 RM	25-40 rep.	1-2 e/s		
8-9 RM	30-70 rep.	1-2 e/s		
10-12 RM	40-100 rep.	1-2 e/s		

Tabla 3.9. Relación entre el número de repeticiones totales e intensidad de la carga.

Las cifras variarán en función de variables como el nivel de entrenamiento y la manifestación de la fuerza que se quiera trabajar en la sesión de entrenamiento. Es difícil realizar una propuesta uniforme que se adapte a cada tipo de población, ya que la respuesta adaptativa siempre será individual y, además, la forma con que cada entrenador resuelve sus problemas de entrenamiento responden a criterios de disponibilidad personal y material. Una de las propuestas más difundidas es la guía que propone el American College of Sport Medicine, la cuál queda resumida y modificada en la tabla 3.10.

Guía de Trabajo (adaptada)						
Grupo	Intensidad	Repetic.	Series	Frecuen.	Ejercicios	Duración
Adultos Sanos	40-50% 70-80%	15-20 8-12	1 12-16 totales	>2	1/ grupo 6-8 grupos	5-8 (12) semanas
Edad Avanzada	30-40% 70-80%	15-20 8-12	1 12-16 totales	>2	1/ grupo 6-8 grupos	4-6 (12) semanas
Niños	<70%	>8-12	1-2 12-16 totales	2	1/ grupo 6-8 grupos	4-6 (10-12) semanas
Fuerza Debutantes	80-85% 6-8 RM	6-8	3 15-20 totales	3	3-5 1-4 grupos	6-8 (12-14) semanas
Fuerza Avanzados	80-90% 4-8 RM	4-8	5-6 15-20 totales	5-6	4-6 1-2 grupos	12-15 (16-20) semanas
Tonificación	60-70% 12-15 RM	12-15	3 15-20 totales	3	4-6 1-2 grupos	6-8 (10-12) semanas
Trabajo Resistencia	<60% 15-20%	15-20	3 18-22 totales	3	5-8 2-5 grupos	6-9 (10-12) semanas
Hipertrofia Avanzados	70-75% 10-12 RM	10-12	5-6 20-30 totales	5-6	4-6 1-2 grupos	12-16 (16-20) semanas

Tabla 3.10. Guía de trabajo propuesta por el American College of Sport Medicine.

Investigaciones sobre el número de series y repeticiones por ejercicio.

La mayor parte de los estudios sobre el entrenamiento de fuerza tienen su base en las propuestas metodológicas que a mediados del siglo pasado realizaron diversos autores como DeLorme y Watkins, Zinovieff o cualquier otro de los clásicos del trabajo de fuerza. Una de las propuestas más conocida consistía en realizar cuatro series por cada ejercicio utilizado en la sesión de entrenamiento: 10 movimientos (repeticiones) con $\frac{1}{2}$ del 10RM, recuperación de 1', 10 movimientos con $\frac{3}{4}$ del 10RM, recuperación de 1', 10 movimientos con el 10RM, recuperación 1' y terminar con una serie "*hasta el fallo*" con la $\frac{1}{2}$ del 10RM. Aquellos deportistas que querían llevar al límite la hipertrofia muscular solían utilizar como referencia el protocolo de entrenamiento conocido como método Oxford ó método de **10 x 10**.

El denominado entrenamiento de 10 x 10, básicamente consistía en hacer series de 10 repeticiones por serie, con cargas del 10 RM y pausas de 3' entre serie, con el objeto de provocar tensiones máximas musculares, intentando hacer el máximo de series hasta un límite de 10. Se apoyaba en las propuestas que en su día hizo Zinovieff (1951), la cuál es más conocida por "*técnica Oxford*", en la cuál se hacen 10 series de 10 repeticiones del 10RM, empleando recuperaciones de 1 minuto entre cada serie, pero disminuyendo 500 gramos la carga que se emplea en cada serie. En ocasiones, los entrenadores proponían suavizar la propuesta original de Zinovieff, empleando las tres o cuatro primeras series como forma de calentamiento con cargas del 60% del 1RM.

Otra alternativa eran los entrenamientos en los que se buscaba el agotamiento muscular en cada una de las series que se hacen por cada grupo muscular. Sale y MacDougall (1981) entienden que cuando se trata de realizar, hasta el agotamiento, tres series con el 80% del 1RM, se pueden llegar a completar 12 repeticiones en la primera serie, 9-10 repeticiones en la segunda y entre 7-8 repeticiones durante la siguiente y así sucesivamente hasta que algunos entrenadores plantean que el entrenamiento se mantenga hasta que el número de repeticiones por serie no es inferior a las seis repeticiones.

Todos estos entrenamientos descritos son tremendamente agresivos, tienen un mayor riesgo de lesión y conducen a una importante situación catabólica. En sujetos con un nivel de entrenamiento no excesivamente elevado se puede conseguir iguales o mejores rendimientos, incluida la hipertrofia muscular, cuando realizan entrenamiento con bajos o moderados volúmenes de entrenamiento por cada grupo muscular y sesión, siendo este comportamiento similar a lo que se puede recomendar entre jóvenes deportistas.

En este sentido, Ostrowski et al. (1997) investigaron los efectos que tres tipos diferentes de entrenamiento producían después de diez semanas de trabajo (cuatro días por semana y seis ejercicios por sesión) en 35 universitarios que tenían un nivel de rendimiento previo equivalente al 130% de su peso corporal en el test de sentadilla y del 100% en el press de banca. Los protocolos utilizados eran de iguales características pero diferente volumen. Los que hicieron un bajo volumen de entrenamiento realizaron tres series por ejercicio y semana, mientras que los que trabajaron un volumen medio lo hicieron mediante 6 series por ejercicio a la semana y los de alto volumen 12 series por ejercicio. Al final, los autores vieron, tal y como queda reflejado en la tabla 3.11, que los tres protocolos

tuvieron los mismos efectos de entrenamiento, demostrando que en sujetos moderadamente entrenados no es necesario trabajar con grandes volúmenes de entrenamiento para conseguir importantes hipertrofias musculares o ganancias de fuerza.

Variable	Bajo Volumen			Moderado Volumen			Alto Volumen		
	Pre	Post	Dif.	Pre	Post	Dif.	Pre	Post	Dif.
Recto Femoral (mm2)	930	993	63	940	987	47	860	973	113
Squat (kg)	134	144	10	146	154	8	121	135	14
Pectoral (kg)	89.7	93.3	3.6	90.8	95.3	4.6	83.1	84.7	1.6
Salto Vertical (cm)	36.2	34.4	-1.8	35.6	34.9	-0.7	33.3	34.5	1.2

Tabla 3.12. Efecto de tres tipos de entrenamiento según Ostrowski et al. (1997).

Berger (1962 y 1963) también nos aporta dos interesantes estudios que hoy en día pueden considerarse cómo clásicos para el estudio de este tema. En el primero de ellos, el autor compara los beneficios que, en ganancia de fuerza, pueden reportar nueve protocolos diferentes de entrenamiento con el press de banca en los que sólo se modifica el volumen total de trabajo (series y/o repeticiones) realizado a lo largo de un período de un período de tiempo de 12 semanas (3 días/semana). El autor señala que las máximas ganancias de fuerza se obtenían al realizar el trabajo con tres series de diez repeticiones (3x10) cada una, tal y como se puede observar en la tabla 3.13. En ella, también se puede comprobar que el trabajo de mayor volumen total de repeticiones es el más eficaz en éste tipo de entrenamientos, tal y como ocurre en el de 2 x 10 (20 repeticiones), 3 x 6 (18 repeticiones) y 3 x 10 (30 repeticiones), mientras que en los protocolos de menor volumen es donde menos incrementos de fuerza se logran, como sucede en el de 1 x 2 (2 repeticiones) y 2 x 2 (4 repeticiones).

Grupo de Entrenamiento	Ganancia de Fuerza (%)	Ganancia en Kilos
1 serie de 2 repeticiones	20.0	11.3
1 serie de 6 repeticiones	25.5	14.5
1 serie de 10 repeticiones	21.6	12.2
2 series de 2 repeticiones	17.3	9.3
2 series de 6 repeticiones	22.9	12.9
2 series de 10 repeticiones	25.1	14.2
3 series de 2 repeticiones	23.5	13.3
3 series de 6 repeticiones	29.6	16.7
3 series de 10 repeticiones	23.0	13.0

Tabla 3.13. Porcentaje de ganancia de fuerza en función del tipo de entrenamiento (Berger, 1963)

Partiendo de la hipótesis, bastante generalizada entre los especialistas del entrenamiento de la fuerza, de que el protocolo que emplea tres series de seis repeticiones para cada ejercicio es el medio más eficaz para conseguir mayores ganancias de fuerza, Silvester et al. (1982) entrenaron cuatro grupos diferentes de varones durante ocho semanas (3 días/semana). Dos de los grupos trabajaron el curl con barra, uno mediante 1 serie al 8-12 RM hasta la fatiga muscular y otro mediante 3 series de 6 repeticiones al 80%. Los otros dos grupos hicieron un trabajo similar pero empleando una máquina Nautilus específica para el trabajo de bíceps. Al final del proceso, todos los grupos habían mejorado su fuerza en todos los ángulos testados, sin que existieran diferencias estadísticamente significativas entre cada uno de los grupos (mejoras del 22%, 30%, 25% y 19%), aunque a la vista de los resultados obtenidos se comprueba lo que a priori pudiéramos entender como resultados contradictorios, ya que en el caso de las series únicas unas veces es más eficaz que las series múltiples, pero en otra ocasión el resultado es a la inversa.

El criterio de hacer tres repeticiones por serie, también tenía un gran número de partidarios entre los culturistas de la antigua Unión Soviética, los cuáles utilizaban el popularmente denominado *Sistema de Porcentajes* (tabla 3.14). El método consistía en hacer ciclos de 5 a 6 semanas, en los cuáles se utilizaban cargas crecientes que van desde el 70% al 85-90% del 1RM, cuyo valor de referencia era evaluado al final de cada ciclo.

Semana	Series	Repeticiones	Intensidad
1 ^a	8	3	70%
2 ^a	8	3	75%
3 ^a	6	3	80%
4 ^a	5	2	85%
5 ^a	Evaluación 1RM de los ejercicios		
6 ^a	8	3	70%
7 ^a	8	3	75%
8 ^a	6	2	80%
9 ^a	5	2	85%
10 ^o	1	2	80%
	1	2	85%
	1	2	90%
11 ^a	Evaluación 1RM de los ejercicios		

Tabla 3.14. Sistema Soviético de Porcentajes

Las series *hasta el fallo* muscular.

Jones, creador de los conocidos equipos de entrenamiento Nautilus, hizo muy popular entre los practicantes de culturismo el sistema de entrenamiento conocido como "*hasta el fallo muscular*". Básicamente consiste en reducir el número de series por ejercicio a costa de que las series que sean ejecutadas duren hasta el fallo muscular, es decir, hasta que no sea posible hacer una repetición más con un peso determinado, ó bien que para poder ejecutar la siguiente repetición el deportista se vea obligado a alterar de forma significativa el movimiento. Sin

embargo, numerosos entrenadores y deportistas rechazan esta forma de trabajo por considerarla excesivamente agresiva y agotadora, a la vez que causa un incremento del riesgo de lesiones, especialmente al nivel de los músculos sinergistas y/o fijadores, o de otras estructuras musculares.

En ocasiones, el entrenamiento hasta el fallo muscular se asocia a una reducción del umbral de excitación de los cuerpos de Golgi, estructuras responsables del contra-reflejo de estiramiento. También van asociados a comportamientos del sistema neuroendocrino en los que los procesos catabólicos predominan sobre los anabólicos. Nimmons et al. (1995) observaron que con el trabajo hasta el fallo disminuía la ratio testosterona/cortisol (5.97 vs 4.65), lo que nos hace pensar que esta forma de entrenamiento puede ser causa de sobreentrenamiento, algo que también comparte Stone et al. (1996).

La literatura científica aporta pocos trabajos que traten de forma rigurosa comparar los métodos de entrenamiento "hasta el fallo" con los de múltiples series, aunque los existentes suelen mostrar conclusiones dispares. No obstante, la mayor parte de los teóricos del entrenamiento encuentran mejores resultados con las series, aunque otros trabajos señalan iguales beneficios a la utilización de series múltiples y el trabajo hasta el fallo muscular.

Usando una muestra de sujetos poco entrenados, Stowers et al. (1983) comparó, durante siete semanas, tres tipos diferentes de entrenamiento de fuerza. Un grupo realizó una serie al fallo (8-12 RM), el segundo hizo tres series al fallo (8-12 RM) y el tercero hizo un trabajo con cargas submáximas sin llegar al límite de repeticiones. Los tres protocolos permitieron mejorar en porcentajes similares la fuerza máxima en el ejercicio de pectoral, pero los resultados en el 1-RM de sentadilla, altura de salto vertical y potencia desarrollada durante el salto vertical, los que no trabajaron hasta el fallo consiguieron mejores resultados que los otros dos grupos.

Partidarios del uso de series múltiples frente a las series hasta el fallo también se muestran Kraemer et al. (1997), los cuáles estudiaron el efecto de utilizar durante 14 semanas tres protocolos diferentes de entrenamiento sobre el resultado en el test de sentadilla. El primer grupo hizo, tras una serie de calentamiento al 50%, una serie hasta el fallo (8-12 RM) en cada ejercicio del programa de trabajo, el segundo grupo hizo 5 series (2 de calentamiento al 50 y 75%) de 10 repeticiones, mientras el tercero trabajo con un número creciente de series a lo largo del proceso. Al final de las 14 semanas los tres grupos habían mejorado, pero los que utilizaron series múltiples lograron hacer un 50% más que los que lo hacían hasta el fallo.

Test	Trabajo <i>al fallo</i>	Series standard	Series crecientes
Ejercicio: Sentadilla			
Inicial	101.0	98.5	111.2
5 semanas	108.5	113.6	123.3
Final	114.1	123.7	135.7

Tabla 3.15. Efecto de tres entrenamientos (al fallo, series standard y series crecientes) sobre la mejora de la fuerza (Kraemer, 1997).

En estudio anterior, el autor (Kraemer et al.-1995) estudió el problema en 24 mujeres que realizaron, durante nueve semanas, dos protocolos diferentes de fuerza. Un grupo de trabajo, en todos los ejercicios del protocolo, una serie del 8-10 RM, mientras que el segundo grupo hacía de 2-5 series con diferente número de repeticiones cada día (3-5 RM, 8-10 RM y 12-15 RM). Después de los cuatro primeros meses de trabajo, los dos grupos habían mejorado sus resultados en el test de 1-RM de los movimientos de press de banca, press militar y press de piernas, pero a partir de ese momento, sólo el grupo que empleaba las series múltiples siguieron mejorando sus resultados, aunque las diferencias de fuerza en los dos grupos nunca fueron estadísticamente significativas (0, 4, 6 y 9 meses).

Por su parte De Hoyos et al. (1998) estudiaron ambas formas de trabajo durante 25 semanas, observando que los dos métodos permiten importantes mejoras de la fuerza máxima y la resistencia a la fuerza, aunque en mayor proporción cuando el trabajo se hace mediante series múltiples.

Ejercicio	Serie al fallo muscular			Series múltiples		
	Antes	Después	% Cambio	Antes	Después	% Cambio
1-RM pectoral	108	139	28.7	103	151	46.6
1-RM remo	131	176	34.4	116	166	43.0
1-RM curl de brazos	52	71	36.5	49	70	42.9
1-RM extensión piernas	131	166	26.7	128	174	35.9
1-RM curl piernas	95	126	32.6	91	125	37.4
Nº Repeticiones Pectoral	9	22	144	10	27	170
Nº Repeticiones Extensión Piernas	9	18	100	9	23	156

Tabla 3.16. Análisis de dos sistemas de entrenamiento de la fuerza (series al fallo y series múltiples) sobre distintos grupos musculares (De Hoyos et al., 1998).

3.7. Número de sesiones por microciclo.

Una de las claves en el entrenamiento de fuerza para la hipertrofia es encontrar la frecuencia ideal de trabajo y la distribución de los objetivos dentro de cada microciclo. Lógicamente, el número de sesiones es proporcional al nivel de rendimiento, de forma que cuanto mayor es el mismo más serán las sesiones que necesite realizar el deportista para asegurarse una mejora en el rendimiento, mientras que los deportistas más jóvenes y menos experimentados podrán conseguir beneficios con un poco número de sesiones por microciclo.

En el apartado de intensidad ya vimos cuanto sería el tiempo de recuperación que necesitaría una zona del cuerpo o estructura muscular para asegurarse una recuperación completa después de una sesión de entrenamiento de diferente intensidad, lo que puede ser utilizado como criterio de base con el que poder

programar con eficacia en función de los objetivos que busquemos con nuestro deportista.

Lunes	Jueves
Deltoides, Brazos, Cuello	Deltoides, Brazos, Cuello
Martes	Viernes
Gemelos, Abdominales	Gemelos, Abdominales
Miércoles	Lunes
Pectorales, Dorsales, Antebrazos	Pectorales, Dorsales, Antebrazos

Tabla 3.17. Ejemplo de un programa de entrenamiento de seis días de entrenamiento en un microciclo de ocho días (splitz de tres modelos de trabajo) Fuente: Scott (1984)

A grandes rasgos, podemos pensar que un debutante, siempre que su nivel sea muy bajo, tendría que entrenar un mínimo de dos veces por semanas para poder conseguir una ligera mejoría, aunque lo ideal sería entrenar tres días por semana. Sin embargo, tres días por semana supone una carga demasiado ligera para un culturista de nivel medio, por lo que estos deportistas deberían aumentar el número de sesiones. Cuatro días por semana es un número de sesiones adecuado para un culturista intermedio o un debutante con condiciones. Los que deseen grandes mejoras en su volumen muscular, las días de entrenamiento aún deben ser mayores (5-6 días por semana / 10-12 sesiones de trabajo)

BIBLIOGRAFÍA.

- Berger, R.A. "Comparative effects of three weight training programs". Research Quarterly. 34(3):396-398. (1963).
- Berger, R.A. "Effect of varied weight training programs on strength". Research Quarterly. 33(2):161-181 (1962).
- Bompa, TO. *Periodization of Strength*. Toronto. Veritas Publishing. Inc. (1995).
- Cherniak, AV. *Metodología de la planificación del entrenamiento*. Cultura Física y Deporte. Moscú. (Traducción mecanografiada por S. Tijonov). (1979).
- DeHoyos, DT., Abe, L., Garzarella, C. Haas, M., Nordman, M., Pollock, M. "Effects of 6 months of high or low volume training resistance training on muscular strength and endurance". Medicine Science Sports Exercise. 30(5): S165. (1998).
- González Badillo, JJ. *Halterofilia*. Madrid. COE. (1991).
- Kraemer, JB., Stone, MH., O'Bryant, HS., Conley, MS., Johnson, RL., Nieman, DC., Honeycutt, DR., Hoke, TP. "Effects of single vs multiple sets of weight training: Impact of volume, intensity and variation". Journal Strength and Conditioning Research. 11(3):143-147. (1997).
- Medvedev, AS. *La distribución de la carga de entrenamiento en los ciclos semanales un mes antes de la competición*. Teoría y Práctica de la Cultura Física. (Traducción mecanografiada por S. Tijonov). (1966).

- Medvedeev, AC. *Premisas para elaborar un programa de halterofilia a largo plazo*. Moscú. Traducción mecanografiada por S. Tjonov. (1988).
- Nimmons, MJ., Marsit, JL., Stone, MH., Conley, MS., Johnson, RL., Honeycutt, MS., Hoke, TP. "Physiological and performance effects of two commercially marketed supplement systems". *Strength and Conditioning*. 52-58. (1995).
- Ostrowski, KJ., Wilson, GJ., Weatherby, R., Murphy, PW., Lyttle, AD. "The effect of weight training volume on hormonal output and muscular size and function". *Journal Strength and Conditioning Research*. 11(1):148-154. (1997).
- Roman, RA. "Contenido del entrenamiento del deportista de alta competición". *Halterofilia*. FEH. 31: 10-13. (1980).
- Roman, RA. *Entrenamiento del biatlón en el levantamiento de pesas*. Cultura Física y Deportes. Moscú. (1974).
- Román, I. "Levantamiento de pesas: Período competitivo". La Habana. Editorial Científico-Técnica. (1986).
- Sale, D; MacDougall, D. "Specificity of strength training: a review for the coach and athlete". *Canadian Journal Applied Sport Sciences*. 6(2), June, 87-92.(1981).
- Scott, L. *Los entrenamientos en culturismo*. En *Técnicas secretas de entrenamiento para Mr Olympia*. Madrid. The Muscle. (1984).
- Stone, MH., Chandler, TJ., Conley, MS., Kramer, JB., Stone, ME. "Training to muscular failure: is it necessary?". *National Strength and Conditioning*. 44-48. (1996).
- Stowers, T., McMillans, J., Scala, D., Davis, V., Wilson, GD., Stone, MH. "The short-term effects of three different strength-power training methods". *NSCA*. 53(3):24-27. (1983).
- Vorobiev, AN. *Halterofilia. Ensayo sobre fisiología y entrenamiento deportivo*. México. Ed.t. Libros de México. (1974).
- Weis, DB., Kennedy, R. "Anabolic muscle mass: Los secretos del estímulo anabólico sin el empleo de esteroides". Barcelona. Muscle Mag International. (1999).

Capítulo 4

La selección de cargas de entrenamiento: aspectos metodológicos

4.1. Forma de ejecutar el entrenamiento.

El tercer grupo de factores que explican la carga de entrenamiento que se utiliza en el entrenamiento de fuerza máxima hipertrófica la denominamos *forma de ejecución*. Dentro de éste apartado tratamos de explicar algunos aspectos (matices) claves de la forma en que se efectúan los ejercicios y que son determinantes a la hora de garantizar significativos aumentos de volumen muscular. La manera con la que un deportista aborda el trabajo de fuerza de orientación hipertrófica implica el control de numerosos aspectos que garanticen la máxima eficacia en el proceso, de los cuales queremos destacar los siguientes:

- Selección del Ejercicio.
- Orden del Ejercicio.
- Velocidad de Ejecución.
- Amplitud del Movimiento.
- Modelos de Ejecución en las Series.

4.2. La selección del ejercicio.

Se suelen cometer más errores en la selección de los ejercicios más adecuados para estimular correctamente un determinado grupo muscular. Este hecho, que parece tan sencillo y en el que en muchas ocasiones se siguen modas o rutinas de otros deportistas, es uno de los más complejos del proceso de planificación de un entrenamiento de la fuerza. Para mejor comprender los efectos que puede tener un ejercicio es necesario organizarlos sobre la base de criterios concretos que respondan a las necesidades puntuales del momento en el que se realiza la sesión.

Grupos musculares entrenados en cada sesión de entrenamiento.

En el entrenamiento de la fuerza es necesario tener claro que grupo o grupos musculares se deben entrenar en cada sesión y a que nivel deben ser solicitados cada uno de ellos. Sólo de esta forma podremos planificar con rigurosidad las cargas de trabajo, no sólo de la sesión, sino de todo el microciclo. Las peculiaridades de la modalidad deportiva (velocidad, resistencia, técnicas básicas, rangos de movimiento, etc.,) son algunos de los condicionantes de partida que marcarán la forma de trabajo y los grupos musculares que tienen que ser entrenados.

En determinados deportes, como es el caso del culturismo, donde el deportista debe trabajar sin excepción todos los grupos musculares, el objeto del trabajo muscular es genérico y se precisa un trabajo completo de cada parte del cuerpo.

Esto obliga a que cada grupo muscular deba ser intensamente activado en cada sesión para poder asegurar intensos procesos de síntesis proteica para alcanzar las adaptaciones estructurales.

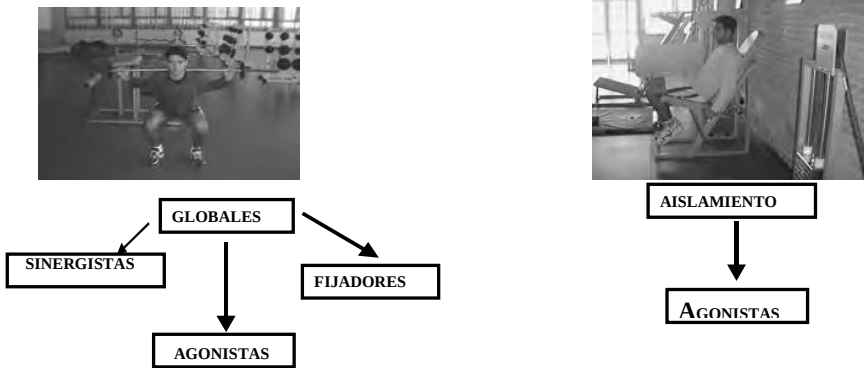
Los sujetos poco entrenados, y también los deportistas más jóvenes, logran el mismo objetivo con cargas moderadas de trabajo, lo que se consigue mediante el entrenamiento globalizado tipo circuito, o mediante la activación aislada de un grupo muscular en cada sesión de entrenamiento. Las sesiones globales donde se trabajen todas las partes del cuerpo son excelentes para este tipo de deportistas ya que solicitan con moderación cada una de las estructuras corporales. Las sesiones en las que se entrena un grupo muscular, precisan de largos períodos de recuperación para evitar fatigas excesivas en los sujetos de poca experiencia.

Sin embargo, cuando el deportista tiene un nivel elevado y una gran experiencia de entrenamiento, las cargas de trabajo para cada grupo muscular deben ser más concentradas, obligando a dedicar cada sesión de entrenamiento a uno o a lo sumo dos grupos musculares. En este caso las recuperaciones entre cada sesión de trabajo del mismo grupo muscular son significativamente más cortas que en los sujetos debutantes.

Pero la mayor parte de las disciplinas deportivas no siguen estos comportamientos descritos anteriormente, obligando a un trabajo de musculación orientado hacia aquellos grupos musculares que son más intensamente solicitados durante la competición. En el fortalecimiento para estos deportes, el concepto de **especificidad** adquiere una importancia especial donde el conocimiento detallado del músculo o grupos musculares que son solicitados durante la ejecución de técnicas básicas, los ángulos y posiciones en que trabajan, los tipos de contracción que realizan, etc, son las claves fundamentales para la planificación de las cargas de entrenamiento.

Ejercicios globales vs Ejercicios de aislamiento.

Es la forma más sencilla de clasificar un ejercicio de fuerza. Un *ejercicio global* es el que en su ejecución implica diferentes grupos musculares con diferente función durante el movimiento. Unos músculos tendrán una responsabilidad fundamental en la ejecución del movimiento (agonistas), mientras que otros colaborarán ayudando en el mismo (sinergistas) o mantendrán estables las diferentes estructuras corporales (fijadores). Los *ejercicios de aislamiento* tratan de hacer trabajar sólo a los músculos agonistas de un movimiento, llegando a permitir centrar la atención sobre alguno de los músculos principales de un movimiento. Así, cuando hacemos el ejercicio de tobillos con rodillas flexionadas podemos centrar el trabajo sobre el sóleo, mientras que cuando hacemos el mismo movimiento con las piernas estiradas desplazamos la atención sobre los gemelos. En el culturismo los ejercicios de aislamiento son fundamentales para poder trabajar específicamente diferentes secciones de un mismo músculo y así poderlo esculpir con precisión.



A la hora de distinguir entre ejercicios globales y de aislamiento, es necesario hablar de la funcionalidad de los mismos, es decir saber la forma en que se quiere incidir sobre cada músculo y/o grupo muscular.

Ejercicios básicos vs Ejercicios complejos.

La clasificación hace referencia fundamental a la dificultad técnica que tiene el ejercicio y, por lo tanto, a la posibilidad de ser usado por un número diferente de deportistas. Aquellos movimientos que podemos considerar como sencillos los denominaremos como básicos, mientras que aquellos otros que incluyen mayores niveles de dificultad los denominaremos complejos.

▪ Ejercicios básicos: Sobre los ejercicios estrella vs grupo muscular.

Nadie pone en duda que entre los deportistas existen ejercicios estrella para fortalecer y/o muscular cada grupo muscular. En ocasiones la condición de *estrella* no corresponde a criterios estrictamente rigurosos, siendo la comodidad o la posibilidad de mover grandes cargas los criterios que le dan esta categoría. Cuando analicemos los ejercicios específicos de cada grupo muscular profundizaremos más en la eficacia de cada movimiento. Veamos alguno de los ejercicios que más se utilizan para cada músculo y/o grupo muscular:

Grupo Muscular	Ejercicio
Pectoral	Press de banca
Cuadriceps	Sentadilla y sus variantes
Trapezio	Encogimiento de hombros
Redondos y Romboides	Remo polea baja
Deltoides	Elevaciones laterales
Dorsales	Tirones de polea alta
Abdominales	Encogimientos
Gemelos	Elevaciones de talones
Bíceps	Curl de brazos
Isquiotibiales	Curl femoral
Tríceps	Extensiones del codo
Erectores de la columna	Hiperextensiones

Tabla 4.1. Ejercicios más usados para cada grupo muscular.

▪ Ejercicios complejos.

Muchos deportistas utilizan *ejercicios complejos*, es decir, movimientos que en su estructura completa incluyen acciones específicas de diferentes ejercicios. Por ejemplo, cuando un deportista realiza una cargada seguida por una sentadilla completa y por un jerk, en realidad esta haciendo un tirón de cargada, una sentadilla frontal y un press vertical. Estos ejercicios son muy intensos pero se ven limitados en la carga levantada por la fuerza que tenga el deportista en el movimiento más débil. En este ejemplo el press militar será el movimiento más flojo y el que limitará la carga de trabajo. Estos ejercicios se pueden encadenar como si fuera un solo movimiento o se pueden realizar de forma más analítica incorporando cortas pausas entre cada una de las fases del ejercicio.

Una variante de estos ejercicios son los denominados de *una repetición y media*, es decir, ejercicios en los que en cada repetición el deportista primero hace un recorrido completo y luego una parte incompleta del mismo (por ejemplo: una sentadilla completa más media sentadilla).

Ejercicios Poliarticulares vs Ejercicios Monarticulares.

Las estructuras óseas de cada articulación se mueven por acción de los diferentes músculos que la atraviesan. Estos músculos pueden afectar a lo largo de su recorrido a una o varias articulaciones en función de donde estén ubicados los puntos de inserción. A partir de este concepto podemos hablar de diferentes músculos o grupos musculares.

Poliarticulares



Press Banca

Monoarticulares



Peck Deck (Contractora)

Hablaremos de músculos *monoarticulares* cuando hagamos referencia a aquellos músculos que en su recorrido pasan por una sola articulación, como es el caso del vasto interno, el vasto externo y el crural, que sólo trabajan sobre la articulación de la rodilla. Los *biarticulares* son aquellos músculos que atraviesan dos articulaciones, como ocurre con el recto anterior que interviene sobre la articulación de la rodilla extendiéndola y sobre la articulación de la cadera

fijándola o ayudando en la elevación del miembro inferior. Otros músculos atraviesan numerosas articulaciones, recibiendo el nombre de *poliarticulares*, como es el caso de los flexores de los dedos.

Con estas definiciones previas estamos en condiciones de definir lo que se conoce como *ejercicios monoarticulares* y *ejercicios poliarticulares*. En un ejercicio monoarticular intervendrán músculo monoarticulares o poliarticulares siempre que sea una sola articulación la que se mueva (ejemplo: extensión de piernas en máquina ó leg press). Suelen ser ejercicios en los que se focaliza el trabajo en estructuras musculares muy concretas, por lo que son excelentes para el trabajo de aislamiento o de concentración.

Los ejercicios poliarticulares son movimientos que implican dos o más articulaciones (ejemplo: sentadillas). Las acciones multiarticulares que afectan a grandes grupos musculares determinan un mayor gasto energético y un superior impacto metabólico que las monoarticulares o las que utilizan pequeños grupos musculares.

Grandes grupos vs Pequeños grupos.

La necesidad de hacer una clasificación sobre la base del tamaño del grupo muscular se sustenta en la necesidad de conocer el efecto que este tendrá sobre el organismo. Cuanto mayor sea un grupo muscular, mayor será el nivel de fatiga que se alcance y más importante será la respuesta endocrina que se desencadena.

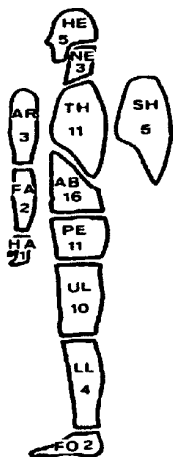
Se consideran grandes grupos musculares:

• Extensores de rodilla	• Abdominales
• Flexores de rodilla	• Parte media de la espalda
• Pecho	• Parte alta de la espalda

Los grupos musculares pequeños serían:

• Extensores del tobillo	• Extensores del codo
• Parte baja de la espalda	• Flexo-extensores de la muñeca
• Flexores del codo	• Cuello

En el siguiente dibujo puede verse los porcentajes que corresponden a cada parte del cuerpo en relación con la masa corporal total (adaptado de Plagenhoef-1983 y Erdmann-1997), criterio a partir del cuál también se podrían estimar los músculos o grupos musculares que corresponden a los denominados grandes o pequeños grupos musculares.



SEGMENTO	HOMBRES	MUJERES
Cabeza	8.26	8.20
Tronco Completo	55.10	53.20
Tórax	20.10	17.02
Abdomen	13.06	12.24
Pelvis	13.66	15.96
Miembro Superior Completo	5.77	4.97
Brazo	3.25	2.90
Antebrazo	1.87	1.57
Mano	0.65	0.50
Antebrazo y Mano	2.52	2.07
Miembro Inferior Completo	16.68	17.43
Muslo	10.50	11.75
Pierna	4.95	5.35
Pie	1.43	1.33
Pierna y Pie	6.18	6.68

Ejercicios Generales vs Transformación vs Específicos vs Técnicos.

Una de las principales clasificaciones que se suele hacer de los ejercicios en general es aquella que se soporta en el *nivel de especificidad* de los mismos. Este nivel viene dado por la mayor o menor similitud del ejercicio con la manifestación propia del movimiento durante la competición. Esto nos permite englobar los ejercicios en dos grupos: los de *preparación especial* y los de *preparación general*. Hoy en día está ampliamente difundido una serie de clasificaciones basadas en la mayor o menor similitud del ejercicio con las acciones características de la competición en la manifestación deportiva que se quiera desarrollar.

Matveiev (1977), en este sentido hace la siguiente propuesta:

1. *Ejercicios competitivos.*
 - . *La propia competición.*
 - . *La simulación de la competición.*
2. *Ejercicios preparatorios especiales.*
 - . *Ejercicios de iniciación.*
 - . *Ejercicios de desarrollo.*
3. *Ejercicios preparatorios generales.*

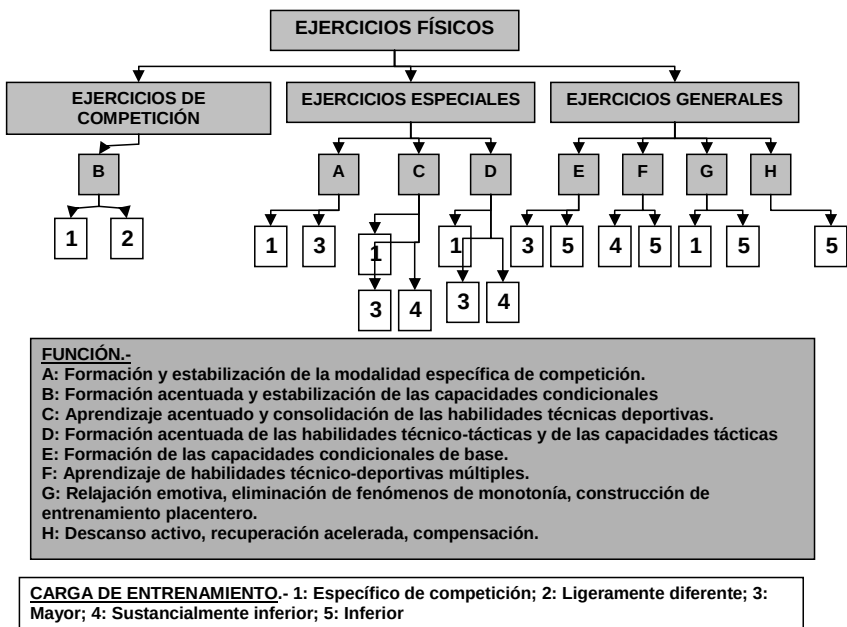
Harre (1987) hace una clasificación similar a la anterior:

1. *Ejercicios competitivos*, los cuales muestran el mismo desarrollo y los mismos parámetros que la propia competición.
2. *Ejercicios especiales*, a los que divide en dos grupos:

- El primer grupo lo forman los ejercicios que son, en gran medida, idénticos al movimiento realizado en la competición, pero que plantean otras demandas de carga.
- El segundo grupo lo forman los ejercicios que incluyen movimientos parciales, similares o que comprometen uno o más grupos musculares de los que se emplean en la competición.

3. *Ejercicios generales*, referidos a aquellos que se extraen de otros deportes y no tienen semejanza alguna con el ejercicio de competición. Algunos autores les asignan una función de base para la capacidad de rendimiento específico.

Por su parte Berger y Hauptmann (1985) proponen una clasificación que toma como punto de partida la propuesta realizada por Matveiev, y la desarrollan en base a: (a) la *estructura del movimiento*, (b) la *función* y (c) la *exigencia del entrenamiento*:



Colli (1988) hace una clasificación similar a las de Matveiev o Harre pero en este caso orientada hacia los deportes de equipo. De la clasificación inicial de ejercicios generales, especiales y de competición. El primer tipo, **generales**, los subdivide en dos subgrupos:

- Generales no orientados.
- Generales orientados.

Los *generales no orientados* tienen como objetivo el desarrollo de capacidades motoras generales, relajación y compensación. Se utilizan en los períodos de competición o de transición para la recuperación psico-física del atleta.

Los *ejercicios generales orientados* desarrollan las capacidades condicionales de elección en el deporte practicado. Son aquellos que no se desarrollan en el terreno de juego, pero que tienen un objetivo específico.

En el segundo grupo, **especiales**, se encuentran aquellos que conjuntamente con los ejercicios de competición, permiten a través de medios específicos (balón, terreno de juego, etc.) condicionar al deportista. Distingue dos subgrupos:

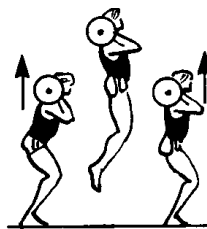
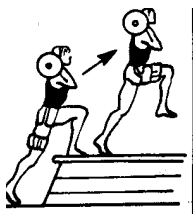
- Los ejercicios de naturaleza condicionante (condicional o físico)
- Los ejercicios de aprendizaje.

En el tercer grupo, **competición**, hace una subdivisión del objetivo a conseguir. Distingue entre los ejercicios de *tipo variado* y los de *competición estándar*. Los primeros persiguen objetivos tácticos y/o desarrollos condicionales específicos, mientras que los segundos son la propia competición.

		No orientados	
Generales			
	Orientados		
		Naturaleza condicionante	
Ejercicios	Especiales		
		Aprendizaje	
Variado			
Estándar			
Competición			

Tabla 4.2. Clasificación de los ejercicios de entrenamiento propuesta por Colli

Cuando tenemos en cuenta las diferentes etapas por las que pasa el proceso de entrenamiento de un deportista podemos asumir la clasificación de los ejercicios que abre este apartado: **Generales vs Transformación vs Específicos vs Técnicos**.

**Generales****Transformación****Específicos****Técnicos**

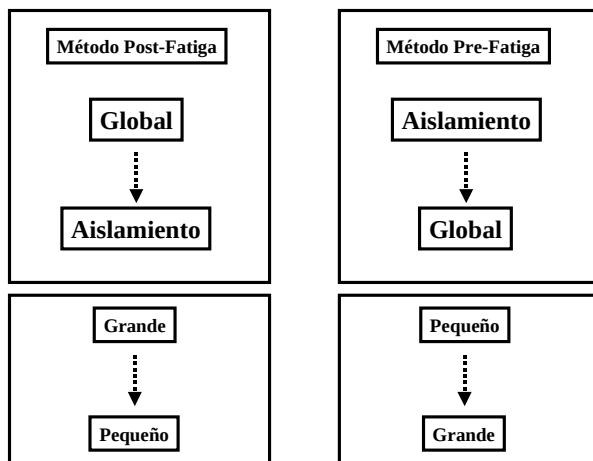
Los primeros corresponden a aquellos ejercicios de fortalecimiento en la que su ejecución no tiene especiales similitudes con los de competición y sirven para el desarrollo condicional de base de los principales músculos que luego serán trabajados en etapas posteriores de la preparación. Los de transformación permiten modificar el trabajo de fuerza básica en las manifestaciones de fuerza de base específica de esa modalidad deportiva. Los específicos incluyen los ejercicios de musculación donde se mejora la tensión en los patrones cinéticos propios de los gestos técnicos de esa disciplina, los cuales, poco a poco, irán incorporando los patrones cinemáticos que afectan a ese movimiento.

4.3. Orden de ejecución de los ejercicios.

Tradicionalmente se ha dicho que en una sesión de musculación primero se deben realizar los ejercicios que afecten a la totalidad de estructuras musculares de una parte del cuerpo y/o aquellos ejercicios que sean de carácter poliarticular, para luego seguir con ejercicios más focalizados en los que se trabaje de forma más aislada determinadas estructuras musculares de esa parte del cuerpo. La razón por la que se plantea este orden está en conseguir un calentamiento generalizado de una zona y así prepararla para un posterior trabajo más intenso. También se suele decir que primero se tienen que entrenar los grandes grupos musculares y luego los más pequeños.

Estos planteamientos metodológicos se pueden considerar correctos pero no son aceptados por todos los técnicos o al menos no siempre suponen la organización más correcta en todas las circunstancias. Cuando empezamos con los grandes grupos musculares las cargas de entrenamiento suelen ser muy elevadas y pueden dañar las estructuras musculares más débiles, mientras que si lo hacemos con los pequeños grupos podemos ir haciendo un acondicionamiento más selectivo y progresivo para un grupo muscular de mayor tamaño.

Una forma muy común de dividir a los ejercicios por esta característica es la que hace referencia a los métodos post y pre-fatiga de fortalecimiento.



- **Método post-fatiga.** Consiste en fatigar previamente al músculo con un trabajo de carácter global antes de pasar a la acción específica muscular con la que queremos trabajar (aislamiento). Es decir, se realizan primero ejercicios poliarticulares o complejos, para terminar con series de aislamiento muscular después de haber fatigado de forma global todos los grupos musculares de la cadena. Un ejemplo claro lo tenemos en el caso del trabajo de pectoral mediante el uso de press de banca. Al ser un ejercicio de gran dependencia de la fuerza que tengan los músculos extensores de la articulación del codo, para lograr trabajar intensamente el pectoral conviene fatigar antes los tríceps y así poder aislar mejor el trabajo de la musculatura de la parte anterior del tórax.
- **Métodos pre-fatiga.** Cuando se trata de fatigar intensamente un grupo muscular en el que alguno de los músculos es demasiado débil y, por lo tanto, limitante del gesto global, se hace necesario buscar formas alternativas de entrenamiento que garanticen un agotamiento completo. Cuando se busca que una estructura pueda llegar al fallo muscular no es conveniente abusar de los ejercicios que implican dos o más músculos, especialmente si el que más nos interesa es demasiado débil dentro del conjunto. Pensemos en los entrenamientos de los grandes músculos de la parte superior de la espalda (dorsales), los cuales se suelen trabajar con ejercicios como el remo, las dominadas o la polea alta. En dichos movimientos, además de los dorsales, se solicitan intensamente los músculos flexores del codo (bíceps, braquial y braquiorradial), que son estructuras más débiles y rápidamente fatigables, lo que impide actuar intensamente sobre la primera zona.

En este caso, es cuando resulta interesante el método pre-fatiga. El objetivo de esta forma de trabajo está en fatigar un grupo muscular mediante un ejercicio de

carácter muy analítico, que **aísle** y fatigue el grupo muscular primario, para posteriormente realizar una serie extenuante de carácter global (ejemplo: Máquina de cuádriceps más serie de squat).



Prefatiga para cuádriceps

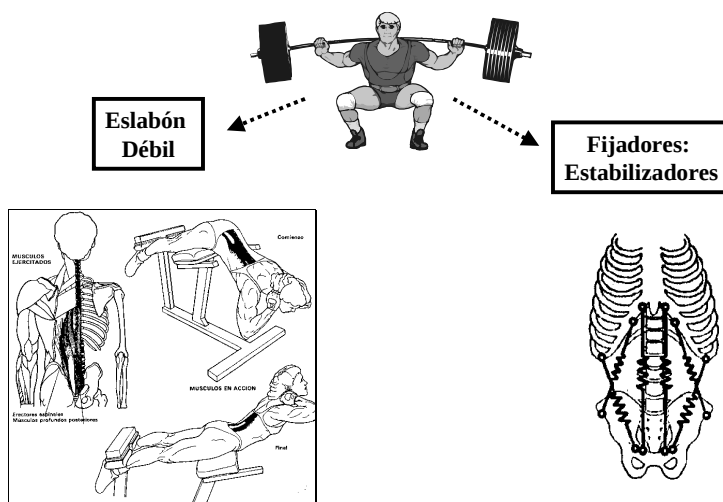
Algunos de los criterios metodológicos que deben ser tenidos en cuenta durante el método de "pre-fatiga" son los siguientes:

- Utilizar, para la serie del movimiento inicial, un número no demasiado elevado de repeticiones.
- No efectuar nunca más de dos ciclos de prefatiga o de superserie.
- No utilizarse con debutantes o deportistas jóvenes.

Ejercicios complementarios asociados a otros grupos musculares.

Con frecuencia nos olvidamos de que un movimiento es realmente eficaz cuando interactúan de forma correcta los músculos agonistas, sinergistas, antagonistas y los fijadores. Cuando en una sesión de piernas se emplean ejercicios de sentadillas y antes no se empieza trabajando los músculos extensores de la espalda hipotecaremos la intensidad de cargas con las que podemos trabajar o correremos el riesgo de lesionarnos.

Tampoco podemos olvidar que algunos entrenamientos son extremadamente agresivos para estructuras musculares que no parecen tener nada que ver con ese movimiento. Así, aceptando el ejemplo anterior en la que veíamos que la espalda está intensamente solicitada en los ejercicios de sentadillas, es necesario plantear durante la sesión algunos ejercicios que refuercen la musculatura extensora de la columna, los músculos fijadores. En este caso, incorporar ejercicios de abdominales en los que trabajen los músculos oblicuos internos y externos puede resultar una medida profiláctica que a la vez permite mejorar la calidad de las ejecuciones y protegerá las estructuras más débiles.



4.4. Velocidad de ejecución de los movimientos.

Con el objeto de estimular al máximo los procesos catabólicos-anabólicos en el músculo, el deportista debe incidir sobre el volumen total de trabajo realizado en cada sesión de entrenamiento. El número de repeticiones por serie afecta por igual a la carga utilizada y el volumen de trabajo efectuado (*repeticiones y velocidad de ejecución*). Un elevado número de investigaciones han permitido saber que existe una velocidad específica de entrenamiento que permite conseguir los procesos de adaptación específicos para cada manifestación de fuerza.

Movimientos explosivos con alta velocidad de ejecución



VS



Movimientos concentrados y lentamente ejecutados

Durante la ejecución de cada movimiento, igual que ocurre cuando se realiza un gesto técnico, la velocidad está directamente relacionada con la fuerza de los músculos que participan durante la acción y el tiempo durante el que se desarrolla la tensión, a la vez que es inversamente proporcional a la masa del cuerpo que se desplaza y, en el mayor número de ocasiones, de la forma en que se desarrollan (tiempo) los diferentes niveles de tensión.

$$V = (F \times t)/m$$

Velocidad lenta.

La velocidad de ejecución del movimiento, es en ocasiones un aspecto clave para incrementar el trabajo total realizado, pero puede conllevar efectos colaterales que son contraproducentes en determinadas manifestaciones de fuerza y potencia. Normalmente se señala a Ken Hutchins (10-0-5) como el inventor de esta forma de entrenamiento de la fuerza. Las principales razones que justifican el uso de bajas velocidades en los ejercicios que tratan de activar la hipertrofia muscular son las siguientes (Wescott-1985; modificado):

- El empleo de una velocidad lenta produce un aumento del tiempo de tensión. Un ejercicio que tarda un segundo en hacer la acción concéntrica del movimiento, y otro segundo para la excéntrica (1-0-1), trabajará 20 segundos para llevar a cabo diez repeticiones. Por el contrario, si la duración de cada fase se duplica en cada movimiento (2-0-2), el tiempo total también se duplicará a pesar de hacer un mismo número de repeticiones.
- Si analizamos una gráfica fuerza-velocidad, podemos ver que a menores velocidades de trabajo se pueden producir mayores tensiones musculares, y por lo tanto estimular un mayor número de unidades motrices en cada contracción.
- Al hacer el movimiento a poca velocidad evitamos que el gesto actúe de forma que el final del mismo se vea favorecido por el impulso realizado en la parte inicial. De esta manera conseguimos una importante participación muscular en todo el rango de movimiento en el que actúa la contracción muscular.

El control del tiempo de duración de cada serie y la velocidad de ejecución de los movimientos.

En ocasiones el criterio de duración de una serie pasa por el control del tiempo que dura su ejecución y por la tanto de la velocidad con que se realizan los movimientos. Normalmente se suele aceptar que el tiempo que debe durar cada serie debe estar entre los 20 y los 70 segundos para así poder garantizar una suficiente activación de los mecanismos de síntesis proteica. Por regla general, se acepta que la velocidad normal (controlada o lenta) de una repetición o movimiento se caracteriza por una proporción temporal de 2:4, es decir, si se tardan dos segundos en la acción concéntrica muscular, en la fase excéntrica deberá tardarse el doble. A ello se debe añadir una fase de transición isométrica que permita anular las posibles inercias que lleve el movimiento. En este sentido, Poliquin (1997) propone que para conseguir grandes hipertrofias musculares, para cada repetición, la duración de la fase concéntrica debe ser de 1"-10", por 4"-10" de duración de la fase excéntrica, mientras que para la mejora de la fuerza máxima neuromuscular, las duraciones de ambas fases deben ser de 1"-4" y 3"-5" respectivamente.

Vemos como la tendencia general es la de hacer una fase excéntrica más larga y controlada que la concéntrica, la cuál no necesariamente debe cumplir este requisito de mantener una velocidad lenta y controlada de ejecución. Existen algunas evidencias que nos indican que la fase excéntrica del movimiento es la

responsable de provocar las respuestas necesarias que conduzcan al logro de mayores incrementos en el desarrollo de la fibra muscular (hipertrofia).

En cualquier caso, si queremos incrementar el trabajo muscular realizado en cada serie, tendremos que aumentar el tiempo total de cada movimiento, es decir, aumentar el tiempo de duración de las fases concéntrica, isométrica y excéntrica del movimiento. Para ello, el deportista dispone de un elevado número de estrategias metodológicas que puede adaptar a su entrenamiento en función de sus objetivos y de sus necesidades. Entre las muchas posibilidades existentes, las variantes más utilizadas en el trabajo de fuerza de elevada orientación hipertrofica son las siguientes (concéntrica-isométrica-excéntrica):

- 2-1-2 (igual duración en la fase positiva que en la negativa).
- 3-1-2 (la fase positiva es algo más larga).
- 2-1-4 (la fase negativa es mayor).
- 3-1-4 (ambas fases son muy largas, especialmente la negativa).

La variante 2-1-2 es una de las variantes más populares y efectiva de las utilizadas actualmente por los culturistas. En ella se pone el mismo énfasis en las fases concéntrica y excéntrica del movimiento, aunque evitando el componente balístico y de tracción que se genera cuando los movimientos se ejecutan con demasiada velocidad. En el caso de que se decidiese recortar la primera fase (concéntrica), con una variante 1-1-2, se podría poner el acento en las fibras de contracción rápida durante esta parte del movimiento, así como en la mejora de la capacidad de reclutamiento rápido y eficaz de U.M. Esta variante también tiene la ventaja de crear un entorno hormonal muy favorable a la síntesis de proteínas con poco catabolismo muscular.

Por el contrario, cuando se utilizan estrategias en las que se alarga la fase concéntrica (3-1-2 ó 4-1-2) se incrementa la demanda energética del ejercicio, a la vez que posiblemente se incremente la destrucción de proteínas contráctiles que el músculo, posteriormente, deberá equilibrar y sobrecompensar favoreciendo la hipertrofia muscular específica del componente contráctil.

Si por el contrario ponemos el énfasis en la fase excéntrica (2-1-4 ó 3-1-4), es posible que la síntesis proteica se oriente también hacia el desarrollo de componente no contráctil muscular, es decir, a estructuras de tejido conjuntivo. En este caso, hay que considerar el grado de longitud en que sea estimulado el músculo, la intensidad del estímulo que se aplique y el tiempo que dure el trabajo. Importantes cargas excéntricas en posiciones en las que el músculo se encuentre en una posición de extrema elongación pueden ser a largo plazo un hándicap a la hora de buscar grandes hipertrofias del componente contráctil muscular.

En el culturismo han sido empleadas otras variaciones que van aún más lejos respecto a la duración de cada movimiento. El objetivo es, básicamente, eliminar al máximo la inercia de cualquier movimiento, pero manteniendo la acción dinámica del mismo. Un ejemplo es la denominada *repetición de los doce segundos* (6-2-4), con la que se conseguía la sensación de fatiga y congestión en un número menor de repeticiones y sin necesidad de emplear pesos muy elevados. Algunos deportistas alargan la duración de cada movimiento efectuando pausas muy breves cada 5-7 centímetros de recorrido.

Vemos por lo que existen dos estrategias interesantes respecto a la velocidad de ejecución de los movimientos. Cuando los movimientos son lentos y controlados se favorece la producción suficiente de metabolitos específicos que activen la síntesis de proteínas, pero en ocasiones el equilibrio anabólico/catabólico puede verse perjudicado si el volumen total de trabajo es excesivo. Por el contrario, cuando las acciones concéntricas se ejecutan de forma explosiva estamos creando una respuesta endocrina muy favorable, pero con una menos producción de metabolitos activadores de la síntesis de proteínas.

Todo esto nos hace pensar que el secreto estará en la correcta armonización de aspectos como son: la duración total del ejercicio; la duración total de cada movimiento; el tiempo de duración de la fase excéntrica; la existencia de fases de eliminación de inercias inadecuadas; la duración de las fases concéntricas de los movimientos. Esto es especialmente importante en los entrenamientos de hipertrofia de los deportes de fuerza velocidad.

4.5. Amplitud de los movimientos.

Las adaptaciones estructurales dependerán de la forma en que trabaje el músculo en cada contracción muscular. Entenderemos por forma la *longitud* y *orientación* con la que sea estimulado cada músculo y/o grupo muscular. No es lo mismo trabajar con series de recorrido incompleto que hacerlo con series en las que el músculo se alargue hasta sus límites articulares potenciales. En el primer caso se produce un músculo corto y redondo, y en el segundo un músculo alargado. Cos y Porta (1997) diferencian cuatro amplitudes básicas de trabajo muscular:

Estiramiento y Acortamiento Completo.

Longitud total muscular no varía.

Aumento de la longitud del vientre muscular.

Acortamiento Completo y Estiramiento Incompleto.

Ligera disminución del componente contráctil.

Disminución de la longitud total del músculo.

Acortamiento Incompleto y Estiramiento Completo.

Aumento de la longitud del tendón.

Tendencia al aumento del vientre muscular.

Acortamiento Incompleto y Estiramiento Incompleto.

Significativa disminución del componente contráctil.

Disminuye longitud total muscular.

Básicamente podemos decir que siempre que trabajemos con movimientos que lleguen hasta la flexión y/o la extensión máxima se conseguirán adaptaciones en el número de sarcómeros en serie, incrementándose y lográndose un músculo alargado y potencialmente explosivo. Si el músculo trabaja con movimientos incompletos, especialmente sin alargar ni acortar totalmente el músculo, se obtendrá un músculo corto y de apariencia redondeada.

Estas diferentes formas de entrenamiento no sólo inciden sobre el componente contráctil del músculo, sino que también lo hace sobre el tejido conjuntivo, tanto en serie como en paralelo. Tenemos que recordar que para activar intensamente el tejido elástico en paralelo, y por lo tanto también los tendones, es necesario que el músculo trabaje en una longitud superior a la de equilibrio, lo que supone hacerlo en extensión.

4.6. Modelos de ejecución utilizados en las series.

La forma en que se ejecuta cada ejercicio y/o las series que se aplican a cada uno de ellos pueden variar de muchas maneras en función de los objetivos que se persigan en la sesión de entrenamiento. Esto supone un enorme arsenal metodológico con la que solicitar la musculatura y conseguir de ella la respuesta deseada. Todos ellos los podemos englobar en cuatro tipos de modelos:

- **Según la estructura global de las series.**
- **Según el estado del grupo muscular.**
- **Según el tipo de contracción muscular.**
- **Según la estructura de cada movimiento.**

Modelos de ejecución según la estructura de la serie.

- **Series Simples.** Son series que se componen de un solo ejercicio. Este tipo de ejercicio es el más común en los repertorios de trabajo de la mayor parte de los deportistas, aunque pueden presentar enormes diferencias vinculadas al tipo de carga empleada.

- Series Simples.
 - * Series de carga Fija.
 - . Series de carga submáxima.
 - Al límite de repeticiones.
 - Repeticiones limitadas.
 - * Series de carga Variable.
 - . Disminución progresiva de la carga.
 - . Incremento progresivo de la carga.
 - . Pirámides.
 - . Pirámides truncadas.
 - . Incrementos en sierra.
 - . Técnicas de variación de repeticiones por serie.
 - Manteniendo la carga y variando las repeticiones.
 - Variando la carga de trabajo y las repeticiones.
 - . Técnica de variación de las recuperaciones.
 - * Técnica de División de Series.

- **Series de carga fija.** Consiste en hacer todas las series con una carga fija (RM) para cada serie o repetición de cada ejercicio. Este planteamiento conlleva a una fatiga acumulada que hace que las últimas series/repeticiones se hagan con gran dificultad. Si la carga empleada es movida al límite de posibilidades en cada serie (ejemplo: máximo de repeticiones al 8RM), las últimas series y/o repeticiones no podrán ser

completadas, por lo que es aconsejable ir readaptando las mismas con ligeras disminuciones.

- Series de carga submáxima.
 - Submáximas a límite de repeticiones.
 - Submáximas de repeticiones limitadas.
 - Series de carga máxima
 - Máximas a límite de repeticiones.
 - Máximas de repeticiones limitadas.
 - Series escalonadas regenerativas.
 - Series de autocontrol (instintivas)
- *Series de carga variable.* Consiste en ir variando la carga en cada serie del ejercicio. Son varias las formas en las que se puede llevar a cabo este entrenamiento, destacando las siguientes:
 - Disminución progresiva de la carga.
 - Incremento progresivo de la carga.
 - Pirámides.
 - Pirámides truncadas.
 - Incremento en sierra.
 - *Técnica de división de serie.* Consiste en llevar al límite el número de series realizadas en cada ejercicio, bien con cargas estándares (mantenidas) o en forma de pirámide. Este tipo de trabajo trata de llevar al músculo a su máxima congestión, pero es una forma de trabajo reservada sólo para culturistas altamente entrenados y ayudados artificialmente. El número de series que se suele utilizar es de 20, siendo raro encontrar referencias de deportistas que hayan utilizado un mayor número de ellas. Una variante es la denominada “*técnica de división de series*”, la cuál consiste en hacer un 25% del volumen total de series en forma de cargas de baja intensidad y alto volumen de repeticiones (20-30 repeticiones entre el 40-50% ó >30 repeticiones para cargas entre el 30-40%); otro 50% corresponde al trabajo de construcción de fuerza (series al límite del 10RM); el 25% restante corresponden a series de congestión muscular (cargas similares a las del comienzo del entrenamiento), con el objeto de permitir un elevado flujo de sangre y nutrientes al grupo muscular trabajado.
 - *Técnica de repeticiones mantenidas.* También denominada técnica estándar, ya que a lo largo del ejercicio se mantienen fijas las repeticiones que se ejecutan en cada serie y posiblemente la intensidad de la carga.
 - *Técnica de variación de repeticiones por cada serie.* Consiste en ir modificando el número de repeticiones que se realizan en cada serie de cada ejercicio. En esta modalidad de entrenamiento existen dos variantes.
 - Manteniendo la carga de trabajo y variando las repeticiones.
 - Variando la carga de trabajo y las repeticiones.
 - *Técnica de variación de las recuperaciones.* Consiste en ir aumentando o disminuyendo el tiempo de recuperación entre cada serie. En ocasiones el

aumento del tiempo de recuperación suele ir acompañado del aumento progresivo de la carga de trabajo.

- *Series múltiples (superseries, triseries o series gigantes)*. Supone hacer dos (superseries o series de concentración) o más ejercicios (triseries o series gigantes), de cargas fijas o alternas, sin otro descanso que el pasar de uno a otro (alrededor de 15"). Normalmente, después de hacer los dos movimientos (de diferente o distinto grupo muscular) de la superserie, se descansa entre 1 y 2 minutos antes de pasar a la siguiente.

- **Series Múltiples:**
 - **Superseries.**
 - **Superseries antagonistas.**
 - **Superseries agonistas.**
 - **Triseries.**
 - **Agonista-Antagonista-Agonista.**
 - **Agonista-Agonista-Agonista.**
 - **Agonista-Agonista-Antagonista.**
 - **Cuatriseries.**
 - **Agonista-Antagonista-Agonista-Antagonista.**
 - **Agonista-Agonista-Agonista-Antagonista.**
 - **Agonista-Agonista-Agonista-Agonista.**

- *Superseries*. Se puede efectuar de dos maneras:
 - *Superseries "antagonistas"*. Este tipo de trabajo conduce a una importante congestión de la zona muscular trabajada. (ejemplo: serie de cuádriceps en máquina (10RM) más serie de isquiotibiales (10RM)).
 - *Superseries "agonistas"*. (ejemplo: una serie de squats (10RM) más una serie de extensores de rodilla en máquina de cuádriceps (10RM)). Entre las múltiples combinaciones de ejercicios que se pueden hacer en las superseries agonistas, las más habituales, para cada gran grupo muscular, son los siguientes:
 - *Deltoides* (central y frontal): Remo de pie + Elevaciones laterales.
 - *Deltoides* (lateral): Pájaros + elevaciones laterales.
 - *Deltoides* (posterior): Elevaciones posteriores + Tracciones de polea baja con brazo estirado.
 - *Bíceps*: Curl con barra + curl de concentración.
 - *Tríceps*: Press francés acostado + jalones en polea alta.
 - *Trapecios*: Encogimientos con mancuernas o barra + remo de pie.
 - *Parte alta del pectoral*: Press inclinado con barra + aperturas inclinadas.
 - *Parte media del pectoral*: Press de banca + aperturas horizontales.
 - *Antebrazos*: Curl de muñeca + curl invertido de muñeca.

- Las triserias se pueden hacer sobre la base de dos ó tres ejercicios (A-B-A ó A-B-C), mientras que en la segunda de las variantes se puede ir pasando de ejercicios genéricos a específicos o hacerlo en sentido inverso.

Intentan englobar los ejercicios sobre la base de la situación de partida del grupo muscular y el objetivo final que se persigue con el ejercicio.

- **Musculatura Descansada.**
- **Musculatura Previamente Fatigada.**
 - * Post-Fatiga.**
 - . Clásico
 - . Con cambio de régimen.
 - * Pre-Fatiga.**
 - . Clásico
 - . Con cambio de régimen.

- *Post-fatiga clásico.* Consiste en el encadenamiento de dos ejercicios del mismo grupo muscular (ejemplo: squats (10RM) y máquina de cuádriceps (6RM)).
- *Post-fatiga con cambio de régimen.* Consiste en realizar un trabajo orientado al mismo grupo muscular, en la que cada ejercicio es ejecutado con un tipo diferente de contracción muscular (concéntrico, excéntrico, isométrico, etc.) Se puede efectuar de dos maneras:
 - Manteniendo el mismo movimiento (ejemplo: pectoral (10RM) pectoral excéntrico ó isométrico (4 repeticiones) siempre con barras).
 - Variando el movimiento (ejemplo: pectoral (10RM) pectoral excéntrico ó isométrico (4 repeticiones) primero con barra, segundo con máquinas).

Los que hacen referencia al tipo de contracción muscular.

Responden al tipo de trabajo muscular para el cuál fue diseñado el ejercicio. Las principales variantes son:

- **Series concéntricas.** Hacen referencia a aquellas series en las que el acento principal del entrenamiento se centra en la fase de acortamiento muscular. Casi siempre se entrena con este tipo de series lo que queda de manifiesto en los porcentajes de carga que se utilizan que siempre se calculan en relación al valor del 1-RM de un movimiento concéntrico.
- **Series excéntricas.** En este tipo de series los movimientos se realizan con especial énfasis en la fase en la que el músculo se alarga aunque se oponga contra una resistencia. En ellas lo normal es utilizar cargas muy elevadas, superiores incluso a las que corresponden al 1-RM del mismo movimiento en su fase concéntrica, razón por la que los tejidos musculares sufren de forma más intensa ocasionando daños que, de no ser patológicos, sirven de mecanismos inductores a la reconstrucción muscular.

- **Series isométricas (estáticas).** Corresponden a series en las que cada repetición se realiza con una contracción en la que el músculo no sufre alteración aparente de su longitud muscular.
- **Series de isotensión (pose culturista).** En realidad son contracciones isométricas de gran intensidad en las que no se utilizan sobrecargas añadidas. Se emplean para definir el músculo en una posición igual a la que exhibirá el deportista en las poses de competición.
- **Series de varios componentes.** Son series en las que cada fase o alguna de ellas se efectúa con un tipo de contracción diferente (isométrica / concéntrica / excéntrica). Las más comunes son:
 - **Series pliométricas.** Corresponden a contracciones que incluyen, por este orden, una fase excéntrica, una isométrica y otra concéntrica.
 - **Series isométricas funcionales.** Son series que incluyen una fase concéntrica y otra isométrica. Estas series se ejecutan de dos formas diferentes:
 - **Concéntricas - Isométricas.**
 - **Isométricas – Concéntricas.**

Modelos que hacen referencia a la estructura de cada movimiento.

Centran su atención en la estructura mecánica de cada uno de los movimientos que componen las repeticiones de cada serie de trabajo.

- Series Ardientes.
- Series Forzadas.
- Series Trucadas.
- Series de Varios Recorridos.
 - * **Series de confusión muscular.**
 - . Confusión en los recorridos.
 - . Confusión en las velocidades.
- Series congestión (flushing).
- Series incompletas (repeticiones parciales).
- Series de aislamiento.
- Series de recorridos con parada.
- Series de posición final mantenida (contracción pico).
- Series de contrastes.
 - * **Contrastes de Fuerza.**
 - * **Contrastes de Velocidad.**
- Series de oleadas

Estructura de cada movimiento de una serie de entrenamiento de fuerza

- **Series “ardientes”.** Consiste en hacer repeticiones máximas de un movimiento seguidas de repeticiones incompletas (en su recorrido) del mismo movimiento. Una variante muy utilizada consiste en hacer series en las que cada repetición se adapta a un recorrido diferente de la carga, el cuál, normalmente, es de carácter creciente o decreciente, y rara vez, variable. Así, tras realizar una serie con el recorrido completo del movimiento, la siguiente repetición es de 1/4 del recorrido total con

finalización mantenida, la siguiente será de $\frac{1}{2}$ del recorrido total con características similares a la anterior y finalizar con $\frac{3}{4}$ del recorrido total. Debemos recordar que durante la realización de contracciones musculares incompletas podemos incidir de forma directa sobre la posición del músculo en la que es más eficaz respecto a la fuerza concéntrica (mayor número de puentes cruzados). Los trabajos que tratan de estudiar la incidencia sobre la mejora de la fuerza a través de repeticiones incompletas demuestran que puede ser una estrategia eficaz para mejorar la fuerza máxima. También Sullivan et al. (1996) demostraron que, en sujetos de moderada experiencia de entrenamiento, al trabajar de esta forma se pueden conseguir mayores ganancias de fuerza que cuando el trabajo se realiza en todo el rango de movimiento.

- *Series "forzadas".* Consiste en hacer una serie de repeticiones máximas (al límite) seguidas de 3-4 repeticiones con ayuda, en la que la resistencia a superar es ligeramente aumentada o mantenida según el nivel de fatiga alcanzado. Normalmente, las series forzadas se realizan en las últimas 1 ó 2 repeticiones de la serie más dura, evitando hacerlas en las series inferiores al 6RM. La ventaja de esta forma de entrenar estriba en poder trabajar el músculo una vez que se llega al punto de máxima fatiga, incrementando el trabajo total realizado.
- *Series trucadas.* Consiste en hacer series de ejercicios en las que cada repetición puede ser ejecutada con una acción compensatoria al inicio del movimiento, lo que facilitará los movimientos y permitirá utilizar cargas más elevadas que las que habitualmente en una acción correcta del movimiento.
- *Repeticiones alternadas (series de varios recorridos).* Consiste en trabajar un músculo, por cada serie, en diferentes rangos y planos de movimiento, haciendo que el esfuerzo se centre primero en una sección determinada del músculo, luego en otra, así sucesivamente, eliminando cualquier efecto de relajación que pudiera producirse cuando otras células musculares asumen la carga de trabajo. Una variante de este tipo de series son las denominadas *series de confusión muscular*.
 - Confusión en los recorridos.
 - Confusión en las velocidades.
- *Series congestionantes (flushing).* Consiste en ir cambiando el trabajo de un músculo a otros del mismo segmento corporal (preferentemente antagonistas) para intentar una importante y mantenida congestión muscular en una zona del cuerpo. Las superseries dobles antagonistas han sido algunas de las variantes más populares para este objetivo. Si se desea una buena congestión con ejercicios del mismo músculo o grupo muscular, el levantador se ve en la necesidad de emplear cargas medias o bajas que no comprimen los vasos que los irrigan, utilizando recuperaciones incompletas y variando con cierta frecuencia el ejercicio utilizado.
- *Series incompletas (repeticiones parciales).* Consiste en hacer series en las que el rango de movimiento se limite a un pequeño sector que normalmente corresponda al de máxima eficacia (fuerza). Este tipo de trabajo Zatziorski (1995) lo denomina *principio de acentuación*,

considerándolo especialmente interesante por permitir el entrenamiento con las máximas cargas potenciales que puede desarrollar un grupo muscular.

- *Serie de aislamiento.* Los culturistas en ocasiones emplean parte de la sesión de entrenamiento en la ejecución de ejercicios que denominan de forma o aislamiento, en los cuáles ponen el acento sobre diferentes partes y/o aspectos del músculo (superior, inferior, exterior, pico, etc.,).
- *Serie de recorridos con paradas.* Consisten en hacer rangos amplios de movimiento en los que se incluyen paradas en las que se sostiene la carga durante unos segundos mediante una contracción isométrica. Variantes de estas series implican modificar la trayectoria o la velocidad de contracción en la siguiente parte del movimiento.
- *Serie de posición final mantenida (contracción pico).* Consisten en mantener la carga unos segundos al final de cada movimiento. Esta parada puede realizarse al final de alguna fase o al final del movimiento que corresponde a cada ejercicio.
- *Serie con contrastes.* Consisten en alternar la carga de trabajo durante la ejecución de cada serie. Cuando se utilizan como forma de transformación de la fuerza máxima en la fuerza velocidad se distinguen dos variantes:
 - Los contrastes de fuerza (ejemplo: 80% vs 40%).
 - Los contrastes de velocidad (60% vs 30%).
- *Oleadas.* Es un planteamiento que se apoya el concepto de cargas intensas de constante contraste. Cada oleada (simple, doble o triple), comienza con 3-5 series de 8 repeticiones, incrementándose progresivamente hasta alcanzar a las 6-8 series de 1-3 repeticiones.

BIBLIOGRAFÍA.

- Colli, R. y col. "La preparación de los juegos deportivos" SDS. 14. Traducción de R. Coll. (1988).
- Cos, F., Porta, J. "Amplitudes de movimiento óptimos en el entrenamiento de la fuerza". RED. Tomo XII. (3):5-10. (1997).
- Erdman, WS. *Geometric and inertial data of the trunk in adult males.* Journal Biomechan. 30:679-688.(1997).
- Harre, D. *Teoría del entrenamiento deportivo.* Ed. Stadium. Buenos Aires. (1987).
- Matveiev, L.P. *Periodización del entrenamiento deportivo.* Madrid. INEF. (1977).
- Poliquin, C. "The Poliquin principles: Successful methods for strength and mass development". Dayton Writers Groups. (1997).
- Sullivan, JJ., Knowlton, RG., DeVito, P., Brown, DD. "Cardiovascular response to restricted range of motion resistance exercise". Journal Strength Conditioning Research. 10: 3-7. (1996).

- Wescott, W. "*Análisis de la técnica lenta de entrenamiento de fuerza*". Askasis. 1:6-7. (1985).
- Zatziorski, V.M. "*Science and practice of strength training*". Human Kinetics. Champaign. (1995).

Capítulo 5

Otros métodos de entrenamiento utilizados en el trabajo de hipertrofia

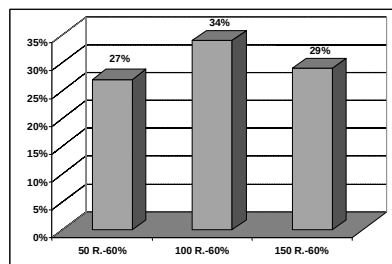
5.1. Trabajo extensivo de cargas medias.

La utilización de cargas de intensidad media o baja, es otra forma de trabajo no tan eficaz como las cargas elevadas, a la hora de conseguir una elevada hipertrofia muscular. En su desarrollo metodológico se emplean cargas medias (40-60% del 1RM), un alto volumen de trabajo y recuperaciones incompletas.

En relación con este protocolo, Schwab (1983) analizó el comportamiento del organismo cuando realiza 4 series de 10 repeticiones de sentadilla con cargas del 40-50% del 1RM, observando que la respuesta hormonal (testosterona) es menor que la que se produce cuando se emplean cargas superiores, por lo que es necesario realizar muchas series para encontrar una respuesta neuro-endocrina significativa. En este trabajo, el autor observó que a partir de la cuarta serie se producía un incremento del 13% de la respuesta hormonal, por lo que se puede pensar que en las series posteriores la respuesta fuese mayor. Merece la pena destacar, que en el trabajo se utilizó una muestra de seis halterófilos experimentados, por lo que al referirnos a sujetos sedentarios, se podría esperar una respuesta hormonal similar con un menor número de series.

Trabajo Extensivo de Cargas Medias

Intensidad	Repeticiones-I	Repeticiones-II	Repeticiones-III
40% - 60%	10-20 x Serie	30-50 x Ejercicio	150-200 Sesión
Serie	Velocidad	Ejecicios	Recuperación-I
3-5 x Ejercicio	Lenta	2 - 4 (6)	1' - 2'



Bonde Petersen

Como es lógico, para conseguir la máxima eficacia al utilizar este tipo de cargas, se necesita de un elevado número de repeticiones por músculo o grupo muscular. Es un medio ideal para la búsqueda de hipertrofias musculares entre deportistas de poco nivel, pero no es muy útil entre los deportistas más avanzados y experimentados en el trabajo de la fuerza.

Bonde-Petersen et al. (1961) comprobaron que con un trabajo extensivo (100 repeticiones/serie) de fuerza con cargas medias (60%) conduce a mejoras de un 34% de la fuerza isométrica máxima (1.1% por cada sesión), lo que supone un importante incremento superior a las sesiones con menor volumen (50 repeticiones/sesión), en donde el incremento de la fuerza isométrica máxima (FIM) es sólo de un 27% (0.9% por cada sesión). Sin embargo, los mismos autores comprueban que el incremento indiscriminado de trabajo realizado en la sesión de entrenamiento no garantiza un mayor aumento de la fuerza, ya que en su investigación observan que cuando el volumen alcanza las 150 repeticiones con la misma intensidad (60% del 1RM), las ganancias de fuerza disminuyen ligeramente (29% vs 1% por sesión).

Trabajo de Cargas de Media Intensidad con oclusión vascular.

Una de las aportaciones recientes más interesantes es la propuesta que realizan Takarada et al. (2000), los cuales analizan los efectos a largo plazo del trabajo de fuerza combinado con oclusión vascular (hipoxia) de la estructura muscular entrenada. Para ello, sometieron 24 mujeres (32.8 +/- 8.2 años) a un protocolo de 16 semanas durante las que ejercitaron la musculatura flexora del codo (curl de mancuerna con brazo no dominante) con cargas de diferente intensidad (30-50% y oclusión de 110 mmHg; 30-50% sin oclusión y 50-80% sin oclusión). Al final de la investigación, pudieron comprobar que al trabajar con oclusión, se conseguían incrementos de fuerza y masa muscular muy superiores (p<0.05) a los otros dos protocolos.

En un estudio anterior, Takarada et al. (2000), ya habían comprobado que con un trabajo de baja intensidad (20% - 1 RM) y una moderada oclusión, se podía incrementar los niveles plasmáticos de una de las principales hormonas anabólicas (GH).

5.2. Método excéntrico y excéntrico – concéntrico.

Esta propuesta es la que normalmente conocemos como **trabajo excéntrico**, es decir, aquel que se centra el trabajo durante la fase de alargamiento muscular. Un ejercicio excéntrico supone realizar un alargamiento forzado de los músculos activados durante una contracción excéntrica y la absorción de la energía externa por parte de dichas estructuras (Knuttgen et al.-1982).

En las acciones excéntricas se logran alcanzar mayores tensiones que en las contracciones isométricas y/o concéntricas, usando cargas extremadamente elevadas durante el entrenamiento, lo que le convierte en un método excelente para mejorar la fuerza máxima. Las investigaciones demuestran que en contracciones musculares de esta naturaleza, el incremento de la tensión se obtiene, fundamentalmente, por intervención de estructuras musculares no contráctiles (tejido conjuntivo) y por estimulación refleja de unidades motoras adicionales, aunque en ocasiones, al utilizar grandes cargas, los mecanismos reflejos de inhibición muscular pueden impedir estos incrementos de fuerza. Este comportamiento del músculo, se convierte en estas ocasiones, en un serio hándicap para el trabajo de la fuerza máxima.

Respuesta electromiográfica durante las contracciones excéntricas.

Cuando se trata de controlar las variaciones de fuerza mediante la electromiografía, durante la ejecución de contracciones excéntricas, algunas investigaciones (Häkkinen-1987) muestran una menor actividad eléctrica en el músculo durante acciones concéntricas de diferente angulación con el 100% de carga, al compararlo con acciones excéntricas del 120%, corroborando las aportaciones que en su día dieron Bigland et al. (1954) sobre el tema o posteriormente Westing et al. (1991), Seger y Thorstensson (1994) y Agarrad et al. (2000). Algo similar ocurre en el trabajo realizado por Tesch et al. (1990), quienes comprobaron una menor respuesta EMG integrada, del vasto lateral y el recto femoral del músculo cuádriceps, de 14 sujetos en los que se comparó la respuesta eléctrica durante la ejecución de siete series de cuatro acciones musculares consecutivas de carácter excéntrico, con la que se producía durante la realización de otras series similares de tipo concéntrico ($p \geq 0.05$). Además, al comienzo del trabajo, la ratio de EMG/Torque de las acciones concéntricas fue dos veces mayor ($p \geq 0.05$) que en las acciones excéntricas, aumentando el mismo al final del entrenamiento en las acciones concéntricas pero no en las excéntricas. Algunos autores señalan que los mecanismos de control nervioso de las acciones excéntricas son diferentes al que tiene lugar durante las acciones concéntricas, llegándose a señalar que existe un comando específico para este tipo de contracciones (Enoka-1996). Esto mismo fue observado por Agarrad et al. (2000) al comprobar una menor respuesta EMG en acciones concéntricas efectuadas a baja velocidad.

Este comportamiento del control nervioso de la contracción excéntrica, como ya señalamos, podría deberse a la influencia que el contrareflejo de estiramiento tiene sobre el número de alfa motoneuronas solicitadas en las contracciones máximas, que en estas ocasiones actúa como mecanismo de seguridad de las estructuras musculares y anatómicas participantes. Debemos recordar que los corpúsculos de Golgi desactivan unidades motoras cuando el músculo está sometido a grandes tensiones, impidiendo desarrollar mayores tensiones para garantizar la integridad estructural (Jones-1980). Esto puede repercutir en los niveles de tensión, pero a la vez puede resultar un mecanismo de ahorro que favorezca el retraso de la aparición de la fatiga muscular a nivel nervioso, a la vez que compensa los mayores gastos de glucógeno muscular de este tipo de contracciones.

Velocidad de ejecución.

Otro parámetro a considerar al evaluar las contracciones excéntricas es su velocidad de ejecución, ya que los niveles de tensión pueden llegar a disminuir a partir de una velocidad dada de ejecución. El trabajo excéntrico-concéntrico obliga al empleo de bajas velocidades debido a las elevadas cargas que se emplean. Por esta razón, no resulta un entrenamiento de gran eficacia a la especificidad de la fuerza explosiva-elástica-refleja que caracteriza a los saltadores o lanzadores, aunque puede configurar parte de la carga empleada durante el proceso de entrenamiento de deportistas cuya modalidad obliga a elevados niveles de fuerza a pesar de que estos se desarrollen de forma explosiva (halterofilia).

Beneficios del entrenamiento excéntrico.

Se puede aceptar que las contracciones excéntricas son más elevadas y eficaces que las concéntricas, aunque también conllevan mayores niveles de riesgo. La eficiencia de las contracciones excéntricas es un hecho comprobado, pudiendo llegar a superar en un 60% a otras modalidades de contracción muscular. Aura y Komi (1986) señalan que la influencia del trabajo excéntrico era similar en las contracciones excéntricas puras que en las fases excéntricas de un ciclo de estiramiento-acortamiento, aunque la magnitud de la misma no era consistente, evolucionando su magnitud (respuesta electromiográfica) según el momento de evaluación.

Tesch et al. (1990) estudiaron la fatiga muscular de los extensores de la rodilla en dos protocolos iguales respecto al trabajo realizado (3 x 32 contracciones máximas), pero diferentes respecto al tipo de contracción realizada, observando que en el trabajo excéntrico las pérdidas son muy pequeñas, pero en las concéntricas son del 34-47%. No obstante, este es un tema controvertido que precisa de un mayor estudio, por lo que es difícil posicionarse al respecto

Comportamiento energético.

Desde el punto de vista energético, se estima que el trabajo excéntrico resulta más económico que otras modalidades de contracción muscular (Abott et al. 1952; Knuttgen y Klaussen -1971; Pimental et al. 1982; Wells et al. -1986), aunque implica una serie de alteraciones estructurales que pueden afectar al comportamiento energético de los músculos activados (Nagle et al.-1965). Las diferencias que se pueden manifestar en el coste energético de las acciones excéntricas podrían estar relacionadas con el tipo de fibras que intervienen respecto a similares acciones ejecutadas mediante otro tipo de contracción muscular y/o con las alteraciones estructurales propias de este tipo de contracciones. Lieber et al. (1991) y Ritcher et al. (1996) señalan que las fibras de contracción rápida participan en una mayor proporción en las acciones concéntricas. Esto coincide con los estudios que demuestran que tras ejercicios en los que se realizan contracciones excéntricas la concentración de lactato es mayor que cuando el mismo ejercicio se hace sin la intervención de acciones de esta naturaleza (Gleeson et al.-1998). No obstante, la mayor economía de las contracciones excéntricas se mantendrá siempre que no exista un daño estructural demasiado elevado, algo que no ocurrirá en los ejercicios excéntricos demasiado estresantes y/o en los sujetos poco adaptados a este tipo de entrenamiento.

De aceptarse la mayor implicación de las fibras de contracción rápida (FT) en las contracciones excéntricas, podríamos establecer un paralelismo que confirmara la regla de que *"la función hace al órgano"*, ya que se comprueba que en los grupos musculares que trabajan predominantemente con acciones excéntricas y/o pliométricas (gemelos) tienen una mayor proporción de este tipo de fibras musculares.

En contraposición, todos sabemos que las fibras de contracción rápida son determinantes del éxito en acciones explosivas, pero a costa de un elevado gasto energético. Asp et al. (1998) señalan que las acciones musculares excéntricas

conducen más rápidamente a la fatiga que las concéntricas. En su trabajo, comprueban que un trabajo muscular concéntrico realizado tras un esfuerzo excéntrico intenso, las reservas de glucógeno disminuían en mayor proporción que si no se hicieran las acciones excéntricas. Paralelamente, debemos tener en cuenta que las acciones excéntricas, como es el caso de la carrera, la resíntesis de glucógeno es más lenta que en las concéntricas. O'Reilly et al. (1987) comprobaron que tras un ejercicio excéntrico los niveles de glucógeno no llegaban a sus valores normales hasta diez días después de realizar el ejercicio.

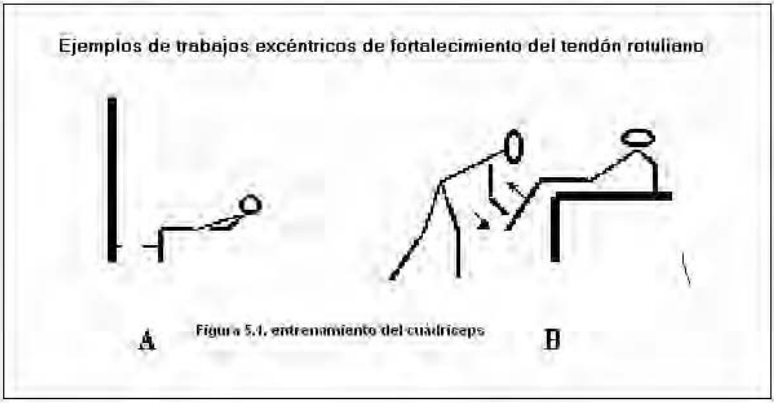
Variantes del trabajo excéntrico de fuerza.

La fuerza excéntrica se puede trabajar también sin cargas añadidas mediante la realización de *saltos con profundidad* o mediante ejercicios isométricos o excéntricos donde la carga empleada sea inferior a la máxima concéntrica. Esta última forma es muy utilizada por los sujetos que emplean gran cantidad de cargas de tipo pliométrico (saltadores, jugadores de voleibol, etc,...), ya que permiten adecuadas hipertrofias del tendón (por lo tanto su adaptación) con las que afrontar con gran seguridad y eficacia este tipo de acciones.

Esto, nos obliga a que previamente tengamos que utilizar cargas que permitan adaptaciones a nivel elástico y reflejo, antes de emplear las enormes cargas que caracterizan este tipo de entrenamiento. Es aceptado por todo el mundo que el ejercicio incrementa y la inactividad física disminuye el metabolismo del colágeno. Respecto a los estudios efectuados sobre la incidencia que la actividad física tiene sobre la mejora del componente elástico muscular, vemos que en algunos trabajos realizados con animales se encuentran resultados contradictorios, pero la realidad nos demuestra que el tendón de Aquiles de deportistas altamente entrenados es más grueso que en sujetos sedentarios, lo que sugiere adaptaciones fisiológicas locales como respuesta al estrés mecánico. Por esta razón, cada vez son más los ejercicios utilizados en el entrenamiento deportivo para potenciar estas estructuras, poniéndose especial incidencia en aquellas cargas que obligan al músculo a trabajar con gran intensidad en longitudes que exceden la posición de equilibrio. Algunos ejemplos de estos ejercicios son los que tratamos de mostrar en las siguientes figuras:

En el ejemplo-A (figura 5.1), vemos que el deportista permanece sujeto a una espaldara o pared mientras inclina el tronco hasta la horizontal o lo mantiene en esa posición, donde el cuádriceps está contraído con una gran tensión, a la vez que está en posición de gran elongación. En ocasiones, se pueden realizar cortas flexo-extensiones de la cadera mientras se mantiene el tronco paralelo o casi paralelo al suelo. Estos gestos estimulan de forma importante el tendón rotuliano fortaleciéndolo e hipertrofiándolo.

En el ejemplo-B, una ayuda empuja la pierna mientras el ejecutante hace la acción contraria. Al ser el cuádriceps, por acción del recto anterior, un músculo biarticular, se conseguirá una mayor elongación si se inclina el tronco hacia atrás, tal y como se señala en el esquema.



Forma de ejecutar el trabajo excéntrico de fuerza.

Retomando el trabajo específico de fuerza (excéntrico-concéntrico) con cargas elevadas que queremos explicar en este apartado, debemos especificar la forma en la que se debe desarrollar este tipo de entrenamiento. Para el empleo de cargas de elevada intensidad, la forma metodológica de trabajarlo se debe caracterizar por el empleo de bajos volúmenes (ejercicios/series/ repeticiones) de trabajo con grandes cargas.

Intensidad	Repeticiones	Pausa	Series	Ejercicios	Velocidad	Frecuencia /Semana
110-150	1-4	3-6´	4-6 (8)	3-5	lenta	1

Tabla 5.1. Metodología del trabajo concéntrico-excéntrico

Vemos que el aspecto cuantitativo de la carga no es el factor determinante en este tipo de entrenamiento, prevaleciendo el bajo número de repeticiones por serie y las largas recuperaciones en las micro y macropausas utilizadas en cada sesión de entrenamiento.

La recuperación después de cargas excéntricas es más larga que cuando se ejecutan acciones concéntricas o excéntricas concéntricas, por lo que este factor debe ser tenido en cuenta a la hora de programar los trabajos de fuerza que incluyan ejercicios de este tipo. Nosaka y Clarkson (1997), vieron como el trabajo excéntrico afecta de igual manera a la fuerza isométrica que el trabajo excéntrico-concéntrico, pero en el primer caso, la recuperación fue significativamente más lenta.

Entrenamientos excéntricos de entre 8-12 semanas causan incrementos significativos en la fuerza excéntrica, concéntrica máxima e isométrica. Por el contrario, este tipo de trabajo no es muy eficaz para la mejora de la fuerza explosiva o la mejora de la fuerza reactiva, por lo que es necesario combinar esta forma de trabajo con los trabajos pliométricos no muy intensos para conseguir la adecuada transformación.

Riesgos asociados al entrenamiento excéntrico de la fuerza.

Se debe resaltar que el entrenamiento excéntrico de estas características no está falto de riesgos en su utilización. Con frecuencia el uso de cargas excéntricas se acompañan de síntomas variados de dolor o daño (DOMS: delayed-onset muscle soreness) al nivel de diferentes estructuras musculares, los cuales ya fueron descritos por Hough en 1902. Estos síntomas asociados al entrenamiento excéntrico, a diferencia de lo que ocurre durante los entrenamientos que se caracterizan por cargas de tipo concéntrico, se manifiestan de forma evidente durante los procesos de recuperación. Tales alteraciones provocan significativas reducciones de los niveles de fuerza en el deportista que los emplea, manteniéndose esta situación durante un tiempo más largo (varios días) que cuando se emplean trabajos de predominio concéntrico o isométrico.

Las causas de estos daños a nivel muscular son muy diversas, aunque destacan el número de contracciones excéntricas efectuadas, la longitud que el músculo es estirado durante el ejercicio, el nivel de oposición que se genera durante la fase excéntrica del movimiento y el grado de adaptación que tengan las estructuras solicitadas.

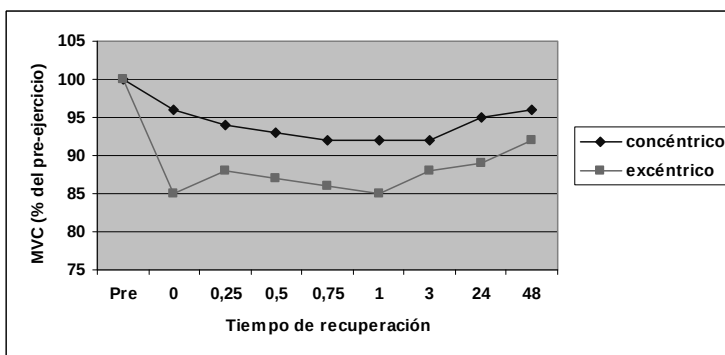


Figura 5.2. Evolución de la fuerza máxima voluntaria después de 20' de ejercicio excéntrico (punto rosa) y concéntrico (punto azul)(Hamlin y Quigley-2001)

Entre las causas más significativas están: (a) *Inflamaciones musculares*; (b) *Alteraciones en el control nervioso del movimiento*; (c) *Deformación e incluso rotura al nivel de las bandas Z de los sarcómeros*; (d) *Necrosis de algunas fibras, especialmente las FT*; (e) *Destrucción notable de miofibrillas*; (f) *A nivel de tejido conjuntivo, aumento del ratio hidroxiprolina/creatinina, posible indicativo de daño en la unión entre el músculo y el tendón*.

Cuando se controla la fatiga muscular, mediante el estudio de los niveles de proteínas plasmáticas (CK)⁴, se observa una respuesta retardada pero intensa de los niveles de la CK u otras proteínas que reflejan el daño muscular producido por el entrenamiento, el cuál aumenta significativamente sus valores cinco a diez días

⁴ La CK es una enzima intramuscular responsable de mantener niveles adecuados de ATP durante la contracción muscular. Su presencia en la sangre se interpreta como un incremento en la permeabilidad de la membrana de la célula muscular o incluso su rotura, por lo que se suele utilizar como indicador de daño muscular.

después de ejecutar un trabajo excéntrico de alta intensidad. Este retraso en la cinética de aparición de proteínas en sangre, puede deberse a la alteración de las membranas celulares. Esto significaría, que el trabajo excéntrico provoca una importante destrucción de proteínas contráctiles, pero a su vez, ello podría ser el estímulo que favoreciera su posterior resíntesis si el daño no es demasiado importante.

Talag (1973) comprobó que los sujetos sometidos a un trabajo excéntrico experimentaban una inflamación muscular extrema. Algunos trabajos como los efectuados por Shellock y Prentice (1985) y Nosaka y Clarkson (1997), muestran que un adecuado calentamiento, incluso la ejecución de cargas concéntricas realizadas antes de un trabajo excéntrico muy intenso, amortiguan considerablemente las posibles lesiones que habitualmente acompañan a este tipo de tarea.

Las primeras evidencias claras de cambios morfológicos desencadenantes de dolor o daños con origen en el trabajo excéntrico fueron descritos por Friden et al. (1981), los cuales comprobaron, mediante microscopía electrónica, cambios en las bandas Z las cuales aparecían claramente ensanchadas, con difusión de materiales de estas estructuras del sarcómero por el sarcolema y modificación de la orientación de las diferentes bandas Z a través de la fibra. Cambios importantes al nivel de estas u otras estructuras del sarcómero afectan a diferentes zonas de su citoesqueleto y las proteínas que lo componen (titina, nebulina, desmina y distrofina), lo que en consecuencia, modificará la transmisión de fuerza a través de la fibra o a otras fibras circundantes.

Por su parte, Howell et al. (1993) demostraron experimentalmente que las contracciones excéntricas pueden duplicar la rigidez muscular previa a la ejecución del entrenamiento. Las causas de este mecanismo no están perfectamente definidas, pero parece podría estar en el aumento de líquido intra y extracelular, o bien por el incremento mantenido de puentes cruzados (actina y miosina) como resultado de un incremento del calcio intracelular, el cuál se genera por alteración del sarcolema o por un aumento de la conductancia de los canales de calcio del sarcolema o del retículo sarcoplasmático. Esta rigidez muscular que se genera tras el trabajo excéntrico puede llegar a mantenerse entre 3-10 días, por lo que será un factor a considerar en la programación de las cargas de entrenamiento y su adecuada temporalización. Además, estas alteraciones del sarcolema y del retículo sarcoplasmático puede alterar el mecanismo de utilización del glucógeno muscular, el cuál representa la principal fuente energética en los esfuerzos submáximos y máximos.

Algunas investigaciones señalan que un trabajo excéntrico también afecta a la permeabilidad de la membrana celular, alterando la disponibilidad de las reservas de glucógeno, algo que puede resultar contraproducente si el gesto se debe realizar de forma periódica y excesiva en el desarrollo de una modalidad deportiva. Asp et al. (1998), comprobaron que el trabajo concéntrico realizado después de ejecutar un trabajo excéntrico intenso, conduce a un consumo superior del glucógeno muscular. Así mismo, algunas investigaciones parecen demostrar que la recuperación de las reservas de glucógeno son más lentas tras la ejecución de cargas de esta naturaleza (O'Really et al.-1987). No obstante esto es algo que precisa una mayor investigación antes de llegar a conclusiones definitivas.

Comparación del método excéntrico vs método concéntrico.

El entrenamiento concéntrico y excéntrico ha sido comparado en diferentes trabajos. Entre ellos destacan los trabajos realizados por Ben-Sira et al. (1995); Johnson et al. (1972); Johnson et al. (1975); Johnson et al. (1976); Komi et al. (1972); Laycoe et al. (1971); Mannheimer et al. (1969), que demuestran que el entrenamiento excéntrico produce mayores mejoras que el concéntrico cuando se evalúan los resultados de tests concéntricos e isométricos. Las mejoras de estos trabajos no muestran variaciones estadísticamente significativas, excepto en el estudio de Komi et al. (1972). Por contra los trabajos de Urbanik et al. (1985) no demuestran diferencias, y los de Ellenbecker et al. (1988) y Duncan et al. (1989) muestran mejores ventajas para el trabajo concéntrico.

Especialmente eficaz es la combinación de cargas concéntricas con excéntricas tal y como nos lo demuestran Komi y Buskirk (1972), Johnson et al. (1976), Hakkinen y Komi (1981), Colliander y Tesch (1990). Los últimos autores estudiaron 34 sujetos varones físicamente activos, organizados en tres grupos que trabajaban sólo de forma concéntrica (G-CC), alternando trabajo concéntrico y excéntrico (G-CEC) o actuando como control (G-C), la eficacia sobre la fuerza del cuádriceps después de 12 semanas de entrenamiento (tabla 5.2.).

Test	G-CC (%Δ)	G-CEC (%Δ)
Peak Torque Concéntrico (Nm)		
0.52 (rad/seg)	21 (15)	38 (19)
1.57 (rad/seg.)	16 (11)	25 (16)
2.62 (rad/seg.)	10 (12)	20 (14)
Peak Torque Excéntrico (Nm)		
0.52 (rad/seg)	-	-
1.57 (rad/seg.)	24 (19)	39 (34)
2.62 (rad/seg.)	14 (20)	39 (27)
3RM – Sentadilla (kg)	123 (14) - 142 (14)	116 (13) -145 (15)
Salto Vertical (cm)	47.0 (5.0) -48.3 (4.7)	45.4 (3.9) -49.0 (3.5)

Tabla 5.2. Estudio comparativo entre entrenamiento concéntrico (G-CC) y el concéntrico-excéntrico (G-CEC) Fuente: Colliander y Tesch (1992)

Los datos confirman la mayor eficacia del uso combinado de acciones concéntricas y excéntricas durante el proceso de entrenamiento, tanto para mejorar la fuerza concéntrica como la excéntrica.

Kaneko et al. (1983), comprobaron que el trabajo combinado de fuerza máxima en el que se utilizan cargas en la zona del 80-100% y en la zona del 100-120%, se produce mejoras en la parte alta (fuerza) de la curva fuerza-velocidad, pero no lográndose mejoras significativas en la parte inferior de la misma (velocidad). Las principales mejoras con esta forma de entrenamiento se logran en la fuerza máxima isométrica (21%), frente al 10% del test de squat jump y el 7% en el salto con contramovimiento (CMJ).

Häkkinen (1981), por su parte, estudió los efectos de 16 semanas de entrenamiento (3 días/semana), en las que se realizó un trabajo concéntrico (75%) y excéntrico (25%). Cada sesión consistía en 16-22 repeticiones (1-6 repeticiones por serie al 80-100% y 1-2 repeticiones por serie entre el 100-120%), encontrando que se producía una hipertrofia del 20%, una mejora del 25% de la fuerza isométrica máxima, un 25% en el test de sentadilla, un 10% en el de sentadilla salto (SJ) y un 7% en el de salto con contramovimiento (CMJ). En un estudio posterior de Häkkinen (1985) estudió los efectos de 24 semanas (3 días/semanas y 18-30 repeticiones por sesión) de trabajo mixto en sujetos entrenados en fuerza. Las 4 primeras semanas trabajó con el 70-80%, de la 5ª^a lo hizo con el 80-90%, de la 9ª^a12ª^a lo hizo con el 80-110% (90% concéntrico y 10% excéntrico), de la 13ª^a16ª^a se trabajó del 70-90%; de la 17ª^a20ª^a se hizo con el 80-115% (90% concéntrico y 10% excéntrico) y de la 21ª^a24ª^a con cargas del 85-120% (90% concéntrico y 10% excéntrico). Los resultados demostraron que la alternancia de ciclos con cargas variables y, especialmente, alternando trabajo concéntrico y excéntrico, permite obtener un mayor aumento de la fuerza máxima.

5.3. Método de contraste.

Con objetivo mixto de mejora de la fuerza máxima y de la fuerza veloz también están los métodos de contraste. Esta forma de trabajo suele utilizarse como medio de transferencia del desarrollo de fuerza máxima a la fuerza velocidad, facilitando el proceso y evitando cambios bruscos en la forma de entrenamiento.

Es un método de entrenamiento sumamente popular entre los halterófilos en el que se intenta asegurar una elevada tasa de testosterona plasmática al dividir el trabajo en varias sesiones y evitar que cada una de ellas sea demasiado prolongada (30'-45'). Básicamente, el trabajo consiste en alternar cargas altas (70-90%) con cargas ligeras (30-50%), pero también podemos hablar de contrastes al utilizar cargas medias (50-60%) con ligeras (30-25%), de combinar acciones con cargas y acciones sin carga (pliométricos), o de combinar contracciones isométricas con dinámicas.

Schmidtbleicher (1980 cfr. Letzelter-1990), afirma que este método es el más eficaz para la transformación de fuerza en velocidad tras estudiar el efecto de un trabajo de contraste en el que utilizó series de 1-4 repeticiones con el 90-100% y series de 7 repeticiones con el 30%. No obstante, la mayor parte de los estudios que tratan de analizar el efecto de emplear cargas variadas de entrenamiento de fuerza emplean protocolos mixtos de contracciones isométrica y contracciones isotónicas (McKethan y Mayhew-1974; Toji et al. -1997), llegándose con los mismos a conclusiones diversas.

Chu (1996) considera que la alternancia de series y/o ejercicios ligeros y pesados en una sesión de entrenamiento conducen a conseguir mejoras de la potencia en una proporción tres veces superior que los modelos tradicionales de entrenamiento. En el trabajo de Toji et al. (1997), se demuestra que la combinación de trabajo concéntrico con el 30% de la fuerza isométrica máxima (FIM) con el trabajo isométrico máximo (100%) conduce, no sólo a la mejora de la fuerza máxima, sino también a la mejora de la potencia máxima y a la relación fuerza velocidad contra resistencias elevadas. En este mismo trabajo, se pudo comprobar que el trabajo con resistencias del 30% de la fuerza máxima

combinado con contracciones sin carga permitía mejorar la velocidad del movimiento con cargas pequeñas o nulas, así como la potencia máxima (en menor proporción).

En otro trabajo, Tschiené evaluó el efecto del método de contrastes sobre el rendimiento en varios ejercicios de fuerza: salto vertical, lanzamiento hacia atrás, pentasalto, hombro, arrancada, sentadilla y press de banca. Comprobó que después de 12 semanas en las que los sujetos alternaban en la misma sesión cargas altas (60-90%) con ligeras (30%), los mayores incrementos se producían en los ejercicios de mayor resistencia (sobrecargas) y no tanto en los saltos, los cuales determinan la reactividad del sujeto. No obstante, entre los ejercicios de fuerza, los más beneficiados fueron los movimientos más explosivos (arrancada o pectoral),

Salto Vertical	Lanzamiento	Penta-salto	Hombros	Arrancada	Sentadilla	Pectoral
12.5%	16.6%	16.0%	32%	34.6%	26%	34%

Tabla 5.3. Mejoras de rendimiento en varios tests con trabajo de contraste de 12 semanas

Lo ideal para su utilización, sería disponer de la tecnología que permitiera modificar rápidamente la carga de trabajo utilizada en cada ejercicio, pero eso es algo que no está al alcance de la mayor parte de los deportistas, por lo que aquellos que quisieran ejecutarlo deberán buscar otras alternativas. En este sentido, Kemp (1995), entre las numerosas opciones posibles, hace la siguiente propuesta:

- Con un compañero, el ejecutante se coloca con una barra con el 50% del 1RM, de forma que cuando inicia la extensión en el movimiento de sentadilla, el compañero ejerce una presión hasta la barra hasta lograr frenar el movimiento. Posteriormente, mantiene la resistencia durante cinco segundos y finalmente se quita la resistencia ejercida por el ayudante y se realizan cinco movimientos a la máxima velocidad.
- Se colocan dos estaciones para el desarrollo de press de banca con cargas de contraste. Después de ejecutar cuatro repeticiones con la carga más elevada, el deportista debe cambiar de ejercicio y efectuar cinco movimientos, a la máxima velocidad, con la carga menor.
- Se colocan tres estaciones en línea orientadas a mejorar la fuerza de piernas. En la primera, el deportista hace cinco repeticiones del movimiento de sentadilla con el 85% del 1RM. En la segunda hace cinco saltos con una carga de 30 kilos. Por último, el deportista realizará cinco saltos seguidos sobre vallas.
- Hacer una carrera de 20 metros con un arrastre de 20 kilos y posteriormente una carrera de la misma distancia pero sin carga.

La más popular de esta forma de trabajo contrastante de fuerza es el conocido como *método búlgaro*, el cuál muestra diferentes variantes en la ejecución de los ejercicios (1:1, 2:2, 3:2, 4:2, 5:3, etc.) (carga alta/carga baja, variaciones en la serie), en la composición interna de las series y en la ejecución de la sesión.

EJEMPLO	SERIES	REPETICIONES	% MÁXIMO
1	5	6	60
	3	6	30
2	5	5	70
	3	6-8	35
3	5	4	80
	3	6-8	40

Tabla 5.4. Variantes del método búlgaro de contraste para los ejercicios.
Fuente, Cometti (1988).

Cometti (1988) señala que las variantes 1:1 y 2:2 son las más interesantes para la mayor parte de los deportistas, mientras que los 3:2, 4:2 y 5:3 lo son para los halterófilos.

Ejemplos de variantes del método Búlgaro en la serie:

- Variante 2-2-2-2 (serie de 8 rep.): 2 x 85% + 2 x 40% + 2 x 85% + 2 x 40%
- Variante 1-2-1-2 (serie de 6 rep.): 1 x 90% + 2 x 40% + 1 x 90% + 2 x 40%
- Variante 1-3-1-3 (serie de 8 rep.): 1 x 90% + 3 x 40% + 1 x 90% + 3 x 40%
- Variante 2-3-1-3 (serie de 9 rep.): 2 x 90% + 3 x 40% + 1 x 90% + 3 x 40%

El efecto del contraste también se puede lograr mediante la utilización de cargas de diferente carácter, es decir, alternando cargas isométricas máximas con cargas dinámicas, cargas dinámicas de sobrecarga, con acciones sin carga, etc.

Intensi- dad	Repeti- ciones	Pausa	Series	Ejercicios	Velocida d	Frecuencia /Semana
30-50% / 50-80%	4-10	2'6'	3-6	2-4 (5)	Máxima	2-3

Tabla 5.5. Ejemplo básico de la organización de las cargas de contraste

5.4. Entrenamiento isocinético.

Consiste en mantener la velocidad a lo largo de todo el recorrido sobre el que se realiza el ejercicio, lo que permite desarrollar la máxima tensión durante la ejecución de toda la acción. Esta forma de trabajo obliga a la utilización de aparatos específicos (isocinéticos). Cuando la velocidad angular de un movimiento de un miembro iguala o excede el límite de la velocidad preestablecida, el dinamómetro produce una contrafuerza equilibradora que garantiza una velocidad constante de movimiento al miembro (no al músculo). Esto permite que el músculo pueda ejercitarse a su potencial máximo para todo el

alcance cinético de la articulación. Fue Perrine el primero en construir una máquina de estas características aplicada al deporte (Cyber Exercise), pero fue introducido en la literatura científica por Hislop y Perrine (1967 cfr. Perrine-1994).

Ventajas

- Permite el aislamiento de los grupos musculares débiles.
- La adaptabilidad de la resistencia proporciona una resistencia máxima para la totalidad del campo cinético cubierto por el ejercicio.
- Posibilidad de cuantificar el momento torsional, el trabajo y la fuerza motriz.

Inconvenientes.

- La fiabilidad de la evaluación está limitada a grupos de músculos en los puntos cardinales de movimiento.
- El coste de material puede resultar prohibitivo para instalaciones modestas.

Velocidad de trabajo en el entrenamiento isocinético.

La intensidad (velocidad de trabajo) puede ser variada en el aparato en función de los objetivos de trabajo e intentando cumplir con el principio de especificidad cinemática que debe primar en cualquier movimiento. En este sentido, las investigaciones realizadas y publicadas en las revistas especializadas nos arrojan una gran cantidad de dudas por los resultados aportados.

Todo parece indicar que, en músculos entrenados, las ganancias de fuerza que permiten los entrenamientos con cargas isocinéticas, cumplen el criterio de especificidad. Es decir, cuando se trabajan a grandes velocidades, las mayores mejoras se producen en movimientos explosivos y menos en fuerza máxima cuasi-dinámica. Por el contrario, al trabajar a bajas velocidades, las adaptaciones en fuerza se producen en la fuerza dinámica de baja velocidad o en la fuerza máxima isométrica. Moofroid y Whipple (1970) afirman que si se trabaja a bajas velocidades (36 ºsegundo) los incrementos de fuerza sólo se consiguen a bajas velocidades, mientras que los que trabajaban a mayores velocidades (108 ºsegundo) experimentaban ganancias en un rango mayor de velocidades (0º a 108 ºsegundo). Gettman et al. (1979) estudiaron el efecto de 2 series de 10 repeticiones a 60 ºsegundo, durante 4 semanas, seguidos por 2 series de 15 repeticiones a 90 ºsegundo durante otras 4 semanas, conduce a importantes mejoras de la fuerza.

Por otro lado, Lesmes et al. (1978) encontraron que no existen diferencias significativas en las ganancias en el valor del peak torque entre dos entrenamientos diferentes ejecutados cuatro veces a la semana durante 7 semanas. El primer protocolo consistía en 10 series de 10 segundos de duración a 180 ºs en el que se intenta hacer el mayor número de repeticiones (aproximadamente 3 repeticiones) y 2 series de 30" en 180 ºs realizadas en las mismas condiciones (aproximadamente 10 repeticiones).

En otro trabajo realizado por Ciriello et al. (1983) durante 16 semanas se llegaron a conclusiones similares, aunque con algunas matizaciones. El primer grupo hacía 5 series de 5 repeticiones a 60 ºs, mientras que el segundo lo hacía

en forma de 15 series de 10 repeticiones a 60º/s, encontrándose que ambos grupos mejoraron significativamente a diferentes velocidades, menos en el caso del test realizado a 30º/s., donde el segundo grupo obtuvo mayores que el primero.

Coyle y Feiring (1980) y Caiozzo (1980) sugieren que a velocidades bajas se incrementa la fuerza desarrollada a baja velocidad (Fuerza Máxima) pero tienen un bajo efecto sobre la fuerza desarrollada a alta velocidad. Coyle et al. (1981) estudió el efecto de tres tipos de velocidades de trabajo en las ganancias de fuerza a diferentes velocidades (tabla 5.6.) . El primer grupo entrenó a 60º/s. (5 series de 6 repeticiones), el segundo trabajó a 300º/s. (5 series de 12 repeticiones), mientras el tercero combinaba 2-3 series de 6 repeticiones a 60º/s. y 2-3 series de 12 repeticiones a 300º/s. Los resultados demostraron que las mayores ganancias se obtienen en la velocidad de entrenamiento.

Test	G-1	G-2	G-3
0º/s.	20.3%	23.6%	18.9%
60º/s.	31.8%	15.1%	23.6%
180º/s.	9.2%	16.8%	7.9%
300º/s.	0.9%	18.5%	16.1%

Tabla 5.6. Fuente: Coyle et al. (1981).

Por su parte, Housh y Housh (1993) comprobaron en 12 sujetos, que entrenando durante 8 semanas (3 días/semana) en una máquina Cybex-II a una velocidad de 120º/segundos, permitía incrementos de fuerza en un ancho rango de velocidades de contracción de los extensores y flexores del brazo, así como de los flexores y extensores de la pierna. El hecho de que la muestra utilizada fuera de adultos sedentarios, nos hace ver con prudencia estos resultados y su extrapolación a sujetos más entrenados.

Por el contrario, Smith y Melton (1981) llegaron a conclusiones diferentes a las anteriormente señaladas, comprobando que el trabajo realizado a altas velocidades permite mayores incrementos de fuerza cuando el test isocinético se realiza a altas velocidades (240º/s.), pero cuando el trabajo se realiza a bajas velocidades las diferencias en los incrementos de los tests de baja (60º/s.) y alta velocidad (240º/s.) no siempre se producen en la misma proporción y dirección (tabla 5.7).

Velocidad	Test isométrico	Test 60°/s.	Test 240°/s.
Velocidad trabajo	Incremento	Incremento G-B	Incremento G-C
Piernas			
60 ºS	0.5%	21.3 %	24.7 %
240 ºS	6.7 %	3.4 %	60.9 %
Brazos			
60 ºS	15.5%	17.4%	10.2%
240 ºS	9.0%	8.6%	51.3%

Tabla 5.7. Fuente: Smith y Melton (1981).

Kanehisa y Miyashita (1983) entrenaron un grupo de sujetos a tres velocidades diferentes (1.05, 3.14 y 5.24 rad/seg) durante 8 semanas, encontrando que los que lo hacían a bajas velocidades incrementaron la fuerza a bajas velocidades, mientras que los hacían a altas velocidades mostraban un comportamiento contrario. Los que lo hacían a velocidades intermedias mejoraban en todas las velocidades.

Los aparatos isocinéticos que aseguran una capacidad de contracción concéntrica y excéntrica son útiles para la expresión de la fuerza máxima y el aumento de la fuerza muscular. Los aparatos con capacidad única de contracción concéntrica, son sólo útiles en los deportes donde se tiene la necesidad de una expresión constante de la fuerza (natación, remo, etc...). En los deportes donde las variaciones de la aceleración motriz (parámetros variables de expresión de la fuerza) como son los casos de los lanzamientos, los saltos o las carreras de velocidad, no es recomendable el entrenamiento isocinético.

Utilización de los isocinéticos en el entrenamiento de la fuerza.

Por las bajas velocidades con que se trabaja en los aparatos isocinéticos, su utilización debe reducirse a las primeras etapas de la preparación, a la tonificación de grupos musculares en todo el rango de movimiento de una técnica deportiva, y en ocasiones, en el fortalecimiento de deportistas debutantes.

Intensidad	Repeti-ciones	Pausas	Series	Ejercicios	Velocidad	Frec/Sem
Máxima	1-4	3'-6'	3-5	3-5	Específica	1-2

Tabla 5.8. Forma básica de aplicación del entrenamiento isocinético.

Existen pocas aportaciones desde el campo de la investigación respecto al número idóneo de series o repeticiones que se deben realizar en el entrenamiento isocinético con el fin de mejorar la fuerza. Roi et al. (1995) señalan que para mejorar la fuerza se necesitan al menos 3-4 series de 3-4 repeticiones a

velocidades entre 60°180°segundo. Así mismo, los autores entienden que aumentar el número de repeticiones (10 ó más) determinará una mayor incidencia de la fuerza resistencia.

En los años setenta el trabajo isocinético fue popularizado por los nadadores americanos como sistema de mejora de la fuerza. Las máquinas Mini-Gym fueron utilizadas en la Universidad de Indiana por el popular entrenador J. Counsilman, quien tenía entre sus nadadores a Spitz, Montgomery, Murphy, entre otros de primera línea mundial. Durante este período adquirió una gran popularidad en EEUU la preparación de velocidad muy intensa con utilización de ejercicios isocinéticos, lo que en cierta medida determinó la superioridad de los velocistas estadounidenses (Gayness, Bottom, Cairey, Ludquist, Leamy, Lasson, y los anteriormente mencionados). Según la opinión de la mayoría de los entrenadores norteamericanos, la velocidad óptima cuando se trabaja con máquinas de musculación isocinéticas es de 180°s.

5.5. Isometría.

En esta forma de trabajo, los ejercicios sólo se realizan de forma estática, es decir, no varía la longitud externa del músculo. Desde su utilización por Hettinger y Muller (1953) y su posterior aplicación al mundo del deporte, tanto para el desarrollo de la fuerza como para rehabilitación de la misma, su importancia y forma de utilización entre los métodos de entrenamiento ha sufrido diferentes alteraciones.

La intensidad de la contracción y la densidad con que se aplique este procedimiento determinarán los niveles de incremento de la fuerza. Inicialmente Hettinger señaló que la magnitud de carga óptima se encontraba entre el 40%-50% de la fuerza máxima, mientras que con cargas de entre el 20%-30% no se experimentaban modificaciones de la misma. Esta autor (Hettinger) citando a Ezengas, informa que con dos contracciones diarias se consiguen ganancias de un 9% más en comparación con hacerlo una vez al día, mientras que con tres se logran ganancias de un 16%. Por su parte, Darcus y Salter consideraban que la carga más eficaz para el desarrollo de la fuerza es hacer 30 contracciones máximas cada día. Posteriormente, Hettinger llega a la conclusión de que 5 a 10 contracciones diarias son el volumen óptimo para el entrenamiento de la fuerza, obteniendo con este tipo de protocolo mejoras entre el 1.8% y el 5% semanal.

Más tarde, fue la duración de cada contracción el parámetro que se estudió para determinar la máxima eficacia en el desarrollo de la fuerza mediante el uso de la isometría. Rose (1952) proponía trabajar una sola contracción diaria de cinco segundos (5"). En sus investigaciones, partiendo de un test inicial (1 RM o 10 RM), encontró, en diecinueve (19) sujetos, mejoras de seis (6) kilos después de doce días consecutivos de entrenamiento.

Ivanov (cfr.Wazny-1974), encontró en sus investigaciones que los máximos incrementos de la fuerza tenían lugar en aquellas personas que ejecutaban los ejercicios con una carga del 80-100% de intensidad durante 6 segundos (tabla 5.8).

Duración	Magnitud de la Tensión (Incrementos en kg)			
	40%	60%	80%	100%
4 segundos	5.5 (3.5)	6.5 (1.4)	12.0 (2.9)	13.0 (2.8)
6 segundos	6.2 (0.6)	7.9 (2.0)	12.5 (0.7)	13.7 (1.5)
10 segundos	7.5 (0.7)	7.9 (1.7)	11.8 (1.5)	12.5 (2.7)
12 segundos	8.7 (3.9)	8.9 (1.9)	11.2 (0.9)	12.1 (1.1)

Tabla 5.8. Incrementos de fuerza con ejercicios del 80-100% de la intensidad en función de la duración.

Troiser (1980) desarrolló una técnica denominada "*Trabajo Estático Intermitente*" (T.E.I.), el cuál consiste en la alternancia cíclica de secuencias de posiciones mantenidas y de reposo. El trabajo consistía en realizar el máximo de contracciones de seis segundos (6") alternadas con seis segundos (6") de reposo. La carga utilizada debe ser cercana a los 2/3 de la fuerza máxima, permitiendo realizar entre 50-70 contracciones. Si la carga utilizada no permite realizar como mínimo 50 contracciones, significa que es demasiado elevada, mientras por el contrario, hacer un número de repeticiones superior a 70, indica que la carga es muy pequeña. El método se debía realizar 2 a 3 veces por semana, teniendo que aumentar la carga semanalmente. Para facilitar el proceso de individualización de la carga de trabajo, Chauvin (1980) propone la tabla 5.9, adaptada a cargas de diez (10") segundos de duración.

Nº. CONTS	% FIM	Nº. CONTS	% FIM	Nº. CONTS	% FIM	Nº. CONTS	% FIM
0	100	10	75	30	59	65	50
1	96	12	73	32	58	70	50
2	93	14	70	34	57	75	49
3	90	16	68	36	57	80	48
4	87	18	66	38	56	90	47
5	84	20	65	40	56	100	46
6	83	22	64	45	54	120	45
7	80	24	62	50	53		
8	78	26	61	55	52		
9	77	28	60	60	51		

Tabla 5.9. Relación entre el número de contracciones y el porcentaje de la carga isométrica. Nº-CONTS: Número Contracciones; % FIM: % sobre la Fuerza isométrica máxima.

Las formas clásicas de desarrollar la fuerza a través de contracciones isométricas son las que utilizan contracciones máximas con tiempo limitado o bien las que utilizan contracciones medias y submáximas hasta el agotamiento. El trabajo que utiliza contracciones repetidas máximas nos permite desarrollar la fuerza máxima, especialmente la isométrica y la cuasi-isométrica, y la fuerza explosiva tónica, siempre que la contracción sea máxima desde el primer momento en que ésta se efectúa.

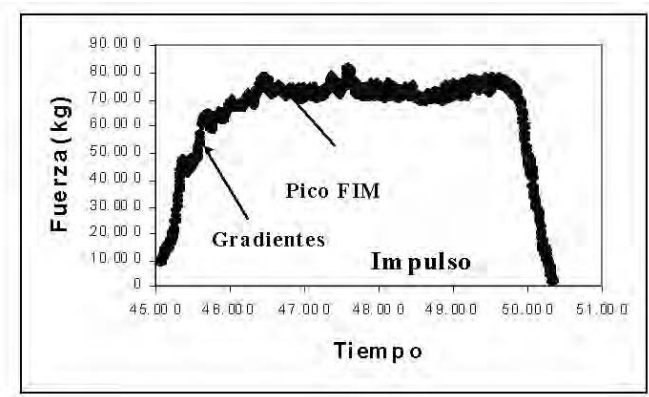


Figura 5.3. Ejemplo de la evolución de la fuerza con relación al tiempo (5 segundos) en una contracción isométrica máxima medida con galgas extensiométricas en un sujeto sedentario. Fuente: G^a Manso (1994).

Las ganancias observadas en la fuerza tras la aplicación de un plan de trabajo con isometría, se producen respecto a la forma/angulación en que la tarea fue desarrollada, de manera que si se trabaja la fuerza con la articulación flexionada 90º las ganancias en fuerza se corresponden, especialmente, a esa angulación (+/-20º) (Knapik et al.-1983), recomendándose trabajar varias angulaciones por cada músculo (Fleck y Kraemer-1987) para asegurar beneficios en toda la longitud.

Para el entrenamiento de la fuerza máxima a través de contracciones isométricas, se utilizan tanto las contracciones repetidas, como las mantenidas, debiéndose seleccionar el protocolo deseado en función de las peculiaridades de la disciplina deportiva y de las características del deportista.

Intensidad	Tiempo/ Contracción	Contracción	Series	Descanso
100 %	6"-8"	6-20	3-4	1'-2'
50-90%	Límite	--	3-4	--

Tabla 5.10. Aplicación del entrenamiento isométrico al desarrollo de la fuerza

En la actualidad, las formas más usadas de aplicar este método de entrenamiento dentro del mundo del deporte, se basan en los siguientes patrones y principios:

1. Una contracción al día resulta insuficiente.
2. Se necesitan un mínimo de 5-6 contracciones.

3. La duración idónea de cada contracción es de 6"-8". en este caso, cada contracción debe ejecutarse a la máxima intensidad. Las contracciones más cortas (3") tienen una orientación mayor hacia la fuerza explosiva.
4. En el caso de realizar contracciones submáximas (50-90%), la duración se puede mantener hasta el agotamiento (20" máximo).
5. Se pueden aumentar las tensiones haciendo los ejercicios con sobrecargas (pesas).
6. El volumen total de trabajo por sesión, no debe superar los 10'-15'.

Un ejemplo de los efectos a que conduce el trabajo con isometría queda reflejado en la siguiente tabla, en la cuál se resumen los incrementos de fuerza encontrados por Ivanov (cfr.Wazny-1974) en función al número de repeticiones empleadas y la duración de las mismas.

T/NR	1	2	3	4	5	6
4"	5.4 (0.8)	5.8 (2.3)	7.5 (1.0)	11.0 (1.0)	11.2 (1.0)	12.5 (1.5)
6"	7.4 (0.8)	8.5 (2.0)	10.4 (1.9)	12.5 (1.0)	13.8 (1.4)	15.0 (2.3)
8"	8.3 (1.1)	11.0 (1.2)	12.9 (0.6)	14.5 (2.5)	15.0 (2.5)	15.4 (1.9)
10"	8.3 (1.1)	10.5 (1.2)	13.5 (1.4)	13.5 (1.2)	14.1 (1.3)	14.6 (1.1)
12"	7.9 (1.2)	10.8 (1.9)	12.5 (1.4)	13.5 (2.7)	14.2 (1.8)	13.0 (1.5)

Tabla 5.11. Incremento de la fuerza en relación al número de repeticiones y duración de las contracciones. Ivanov (cfr.Wazny-1974)

En la tabla podemos observar como los mayores beneficios se consiguen cuando las contracciones duran entre 6-8 segundos y el número de repeticiones es superior a cinco por cada serie.

Medvedeev recomienda que el empleo exclusivo del trabajo isométrico para el desarrollo de la fuerza sea restringido en el tiempo. Según este autor, con el empleo exclusivo de ejercicios estáticos la fuerza crece más lentamente, y pasadas seis-ocho semanas los ejercicios dejan de surtir efecto.

Pero el método isométrico presenta algunos inconvenientes en gran parte de las manifestaciones deportivas modernas, siendo las más significativas: *Sólo produce ganancias de fuerza en la longitud de trabajo; No debe ser utilizado durante un tiempo prolongado; Presenta efectos negativos sobre la coordinación; Disminuye la velocidad de contracción.*

En el entrenamiento deportivo, la isometría se suele emplear combinada con otras técnicas del trabajo de fuerza. Las variantes más usadas son las siguientes:

- *La isometría sin carga.*
- *La isometría sin carga combinada con trabajo concéntrico.*
- *La isometría con cargas.*
- *Carga máxima.*
- *Cargas hasta el agotamiento.*
- *Estático-dinámico.*
- *Cargas máximas repetidas.*

Lo difícil es saber aplicar la dosis adecuada de cada orientación de fuerza para conseguir los mayores beneficios. Según las investigaciones realizadas por Slobodián (1973 cfr. Medvedeev 1988), en el proceso de entrenamiento conviene mantener la siguiente relación entre el trabajo estático y otros regímenes de trabajo:

TRABAJO CONCÉNTRICO	TRABAJO EXCÉNTRICO	TRABAJO ISOMÉTRICO
75%	15%	10%

Tabla 5.12. Propuesta de Slobodian para la distribución del trabajo de fuerza máxima con diferentes regímenes de contracción muscular.

Una alternativa al trabajo isométrico es el método denominado *isométrico funcional* propuesto por Hoffman (Giorgi et al.-1998), el cuál se basa en la ejecución de una contracción dinámica concéntrica durante un rango pequeño de recorrido hasta un tope que lo limita pero en el que se debe seguir realizando una contracción isométrica durante un tiempo previamente fijado. En ocasiones es interesante situar el tope en la posición más débil con el objeto de fortalecer de forma selectiva la parte más floja de un movimiento.

5.6. La vibración muscular como medio de entrenamiento de la fuerza.

Algunas de las adaptaciones neuromusculares que mejoran el rendimiento de la fuerza, pueden ser conseguidas mediante la vibración muscular. Burke et al. (1996), comprobaron que cuando sometían a un tratamiento de vibración al músculo cuádriceps, lograban solicitar el reflejo miotático, lo que podría permitir una mayor activación de motoneuronas durante la contracción muscular, sin participación de la correspondiente área motora. Lógicamente, este comportamiento permite incrementar los niveles de tensión, lo que unido a una cantidad de carga suficiente se pueden lograr adaptaciones estructurales similares a las de otros medios de entrenamiento de la fuerza.

Los efectos que, a corto y largo plazo, tiene el trabajo de vibración ya fueron estudiados con anterioridad por de Gail et al. (1966), Matthews (1966), Ekulnd y Hagbarth (1966), Bishop (1974); y Armstrong et al. (1987) e Issurin et al. (1994). Estos estudios, atribuían sus efectos a la inducción no voluntaria de contracciones musculares, las cuáles son denominadas *Reflejo Tónico de Vibración*, que en ocasiones han sido utilizadas por algunos fisioterapeutas.

Algunos autores estiman que el trabajo de vibraciones puede ser utilizado, tanto para mejorar la fuerza, como para mejorar la flexibilidad muscular. En este sentido, Issurin et al. (1994), estudiaron a 28 estudiantes de educación física (19-25 años), los cuales fueron organizados en tres grupos. El primer grupo realizó una serie de ejercicios convencionales para mejorar la fuerza máxima del brazo y ejercicios de vibración para desarrollar la flexibilidad de las piernas, tal y como refleja el siguiente dibujo. El segundo grupo, hizo la combinación opuesta, es decir, trabajó la fuerza de brazos mediante vibración, a la vez que entrenaba la flexibilidad de piernas mediante trabajos convencionales. El tercer grupo servía como grupo de control.

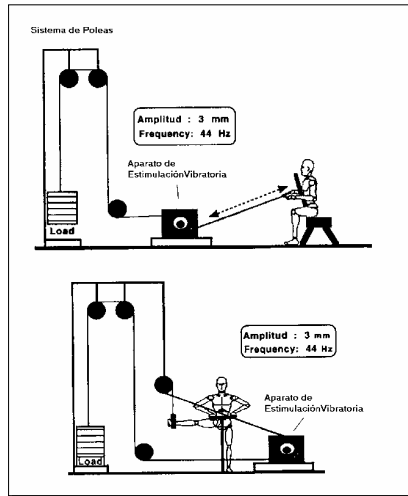


Figura 5.4. Aparato y ejercicios para entrenar la fuerza y la flexibilidad, de brazos y piernas, mediante un aparato vibratorio Fuente: Issurin et al. (1994)

Tal y como demuestran los datos de la tabla 5.13, los resultados encontrados en la fuerza y la flexibilidad de aquellos sujetos entrenados con vibraciones son especialmente interesantes, demostrando la eficacia del sistema.

Grupo	Fuerza (kg) Antes - Después	Flexibilidad (cm) Antes - Después
Grupo - 1º	88.25 - 102.50	166.75 - 181.25
Grupo - 2º	84.69 - 126.88	171.63 - 175.81
Grupo - 3º	85.25 - 84.75	169.30 - 171.30

Tabla 5.13. Resultados sobre la fuerza en sujetos entrenados con vibraciones. Fuente: Issurin et al. (1994).

Necking et al. (1996), vieron que cuando aplicaban a un grupo de ratas, una carga que consistía en cinco horas de vibraciones, eran suficientes dos sesiones para conseguir un incremento de la sección transversal de las fibras lentas y rápidas. Recientemente, Bosco (1998) ha realizado algunos interesantes

experimentos con la utilización de vibraciones para mejorar la fuerza del miembro inferior. En uno de ellos, los sujetos entrenaron durante diez días dos series de 5' con vibraciones de 26 Hz (oscilaciones de 10 milímetros y aceleraciones de 5.4 g), mejorando la altura de salto y la potencia durante el test de saltos continuados de 5 segundos de duración, aunque no lograron mejorar el test de CMJ. En otro trabajo, Bosco observó una disminución de la testosterona sanguínea y del cortisol, que aparecía paralelamente al empeoramiento de la capacidad de salto (tests de CMJ y saltos durante 5"). El autor señala, que el efecto de un trabajo con vibraciones de 1' de duración, sobre los mecanismos nerviosos y hormonales, es similar al de una sesión de fuerza de dos horas de duración.

Frecuencia (HZ)	Amplitud (mm)	Aceleración (m/s ²)	15 segundos	30 segundos	45 segundos	60 segundos
10	4	7.89	0.80	150	300	600
15	4	17.75	1.81	225	450	900
20	4	31.55	3.22	300	600	1200
25	4	49.30	5.03	375	750	1500
30	4	70.99	7.24	450	900	1800
35	4	96.62	9.86	525	1050	2100
40	4	126.20	12.88	600	1200	2400
45	4	159.73	16.30	675	1350	2700
50	4	197.19	20.12	750	1500	3000

Tabla 5.14. Número teórico de contracciones musculares en función de la frecuencia utilizada y la duración Fuente: Padulles.

BIBLIOGRAFÍA.

- Aagaard, P., Simonsen, EB., Andersen, JL., Magnusson, SP., Halkjaer-Kristensen, J., Dyhre-Poulsen, P. *Neural inhibition during maximal eccentric and concentric quadriceps contraction: effects of resistance training*. J. Appl. Physiol. 89(6): 2249-2257. (2000).
- Abbot, BC., Bigland, B., Ritchie, JM. *The physiological cost of negative work*. J. Physiol. (London). 119: 380-390. (1952).
- Armstrong, TJ., Fine, LJ., Radwin, RG, Silverstein, BS. *"Ergonomics and the effects of vibration in hand intensive work"*. Scandinavian of Work, Environment and Health. 13: 286-289. (1987).
- Asp, S., Dugaard, JR., Krinstiansen, S., Kiens, S., Richter, EA. *"Exercise metabolism in human skeletal muscle exposed to prior eccentric exercise"*. Journal Applied Physiology London. 509:305-313. (1998).
- Aura, O, Komi, PV. *"Effects of muscle fiber distribution on the mechanical efficiency of human locomotion"*. International-journal-of-sports-medicine-(Stuttgart); 8(Suppl 1): 30-37. (1987).
- Ben-Sira, D., Ayalon, A., Tavi, M. *"The effect of different types of strength training on concentric strength in women"*. Journal Strength Conditioning Research. 9(3): 143-148. (1995).

- Bigland-Ritchie, B., Leopold, OCJ. "The relation between force, velocity and integrated electrical activity in human muscles". Journal Physiol. London. 123: 214-224. (1954).
- Bishop, B. "Neurophysiology of motor responses evoked by vibratory stimulation". Physical Therapy. 54: 1273-1282. (1974).
- Bonde-Petersen, F. "Muscle training by static, concentric and eccentric contractions". Acta Physiol. Scandinavica. 48: 406-416. (1960).
- Burke, JR., Schutten, MC., Koceja, DM., Kamen, G. "Age dependent effects of muscle vibration and the Jendrassik maneuver on the patellar tendon reflex response". Arch. Physiol. Med. Rehabil. 77(6):600-604. (1996).
- Caiozzo, V.J. "Alterations in the VIVO force-velocity relationship". Med. Sci. Sports Exerc. 12:134. (1980).
- Chauvin, C. "Le renforcement musculaire per le travail statique intermittent". Ann. Kinesither. 7:297-302. (1980). En *Musculation et entretien musculaire du sportif*. Paris. De. Chirón. (1987).
- Chu, DA. "Explosive power and strength. Complex training for maximum results". Champaign (IL). Human Kinetics. (1996).
- Ciriello, VM., Holden, WC., Evans, WJ. "The effects of two isokinetic training regimens on muscle strength and fiber composition". En Knuttgen, Vogel y Poortmans. *Biochemistry of Exercise*. Champaign. Human Kinetics. 787-793. (1983).
- Colliander, EB., Tesch, PA. "Effects of eccentric and concentric muscle actions in resistance training". Acta Physiologica Scandinavica. 140: 31-39. (1990).
- Cometti, G. *Les methods modernes de musculation (tomo-2)*. Dijon. Univ. Bourgogne. (1989).
- Coyle, E., Feiring, D. "Muscular power improvements: Specificity of training velocity". Medicine Science Sports Exercise. 12(2):134. (1980).
- Duncan, PW., Chandler, JM., Cavanaugh, DK., Johnson, KR., Buehler, AG. "Mode and speed specificity of eccentric and concentric exercise training". Journal Orthop. Sports Physiol. Ther. 11: 70-75. (1989).
- Ellenbecker, TS., Davies, GJ., Rowinski, MG. "Concentric versus eccentric isokinetic strengthening of the rotator cuff". American Journal Sports Med. 16: 64-69. (1988).
- Enoka, RM. "Eccentric contractions require activation unique activation strategies by the nervous system". Journal Applied Physiology. 81(6): 2339-2346. (1996).
- Fleck, S.J. Kraemer, W.J. *Designing resistance training programs*. Champaign (Ill.). Human Kinetics Books. (1987).
- Friden, J., Sjöström, M., Ekblom, B. "A morphological study of delayed muscle soreness". Experientia. 37: 506-507. (1981).
- García-Manso, J.M. "Comportamiento de la fuerza isométrica máxima ante contracciones repetidas de corta duración y recuperación semiincompleta: Incidencia del sexo, las capacidades condicionales y las características morfológicas". Las Palmas. Tesis Doctoral. (1994).
- Gettmann, LR., Ayres, JJ., Pollock, ML., Durstine, JC., Grantham, W. "Physiological effects on adult men of circuit strength training and jogging". Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 60:115-120. (1979).

- Giorgi, A., Wilson, GJ., Weatherby, RP., Murphy, AJ. "Functional isometric weight training: Its effects on the development of muscular function and the endocrine system over 8-week training period". Journal Strength and Conditioning Research. 12(1):18-25. (1998).
- Gleeson, M., Blannin, AK., Walsh, NP., Field, CNE., Pritchard, JC. "Effect of exercise-induced muscle damage on the blood lactate response to incremental exercise in human". European Journal Applied Physiology. 77:292-295. (1998).
- Häkkinen, K., Komi, PV., Alen, M., Kauhanen. "EMG, muscle fibre and force production characteristics during a 1-year training period in elite weightlifters". European Journal Applied Physiology. 56:419-427. (1987).
- Häkkinen, K., Bosco, PV. "Effect of combined concentric and eccentric muscle work regimens on maximal strength development". Journal Human Movement Studies. 7:33-34. (1981).
- Hettinger, T., Muller, E. *Physiologie*. 1:90. (1955).
- Housh, DJ., Housh, TJ. "The effect of unilateral velocity specific concentric strength training". JOSPT. 17(5):252-256. (1993).
- Hough, T. *Ergographic studies in muscular soreness*. American J. Physiol. 7: 76-92. (1902).
- Issurin, VB., Liebermann, DG., Tenenbaum, G. "Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility". Journal of Sports Sciences. 12:561-566. (1994).
- Johnson, BL., Adamczyk, JW, Tennde, KO, Stromme, SB. "A comparison of concentric and eccentric muscle training". Med. Science Sports. 8:35-38. (1976).
- Johnson, BL., Adamczyk, JW. "A program of eccentric-concentric strength training". Amer. Corr. Ther. Journal. 29:13-16. (1975).
- Jones, A. "Specificity in strength training: the facts and the fables". Nautilus-magazine-Summer-1980,-11-13;25-26. (1980).
- Kanchisa, H., Miyashita, M. "Effect of isometric and isokinetic muscle training on static strength and dynamic power". European Journal Applied Physiology. 50: 365-371. (1983).
- Kaneko, M, Fuchimoto, T., Toji, H., Suei, K. "Training effect of differing loads on the force-velocity relationship and mechanical power output in human muscle". Scandinavica Journal Sport Science. 5 (2): 50-55. (1983).
- Kemp, M. "Weight training for speed-strength". Modern athlete and coach (Adelaide, Aust.) 33(2), Apr, 3-8. (1995).
- Knapik, JJ., Mawdsley, RH., y Ramos, MU. "Angular specificity and test mode specificity of isometric and isokinetic strength training". Journal of Orthopedic Sports Physical Therapy. 5: 58-65. (1983).
- Knuttgen, H., Patton, J., Vogel, J. "an ergometer concentric and eccentric muscular exercise". Journal Applied Physiology. 53: 784-788. (1982).
- Knuttgen, HG., Klausen, K. Oxygen debt in short-term exercise with concentric and eccentric muscle contractions. J. Appl. Physiol. 53:784-788. (1971).
- Komi, P.V., Burskirk, ER. "Effect of eccentric and concentric muscle conditioning on tension and electrical activity of human muscle". Ergonomics. 15:8. (1972).

- Laycoe, RR., Marteniuk, RG. "Learning and tension as factors in static strength gains produced by static and eccentric training". Research Q^{art}. 42: 299-306. (1971).
- Lesmes, G.R. "Muscle strength and power changes during maximal isokinetic training" Medicine Science Sport. 10:226-229 (1978).
- Letzeletr, H., Letzelter, M. *Entrainement de la force*. Paris. Edit. Vigot. (1990).
- Lieber, RL., Woodburn, TM., Friden, J. "Muscle damage induced by eccentric contractions of twenty-five percent strain". Journal Applied Physiology. 70:2498-2507. (1991).
- Mannheimer, JS. "A comparison of strength gain between concentric and eccentric contractions". Phys. Ther. 49:1201-1207. (1969).
- Matthews, PBC. "The reflex excitation of the soleus muscle of the decerebrate cat caused by vibration applied to its tendon". Journal of Physiology. 184:450-472. (1966).
- McKethan, JF, Mayhew, JL. "Effects of isometrics, isotonic and combined isometrics - isotonic on quadriceps strength and vertical jumps". Journal-of-sports-medicine-and-physical-fitness-14(3):224-229. (1974).
- Moffroid, MT, Whipple, RH. "Specificity of speed exercise". Journal-of-orthopaedic-and-sports-physical-therapy-(Baltimore,-Md.); 12(2):72-78. (1970).
- Nagle, FJ., Balke, JP., Naughton, JP. "Gradational step tests for assesing work capacity". Journal Applied Phusiology. 20: 745-748. (1965).
- Necking, LE, Lundstrom, R., Lundborg, G., Thornell, LE., Friden, J. "Skeletal muscle changes after short term vibration". Scandinavian Journal Plast. Reconst. Surg. Hand Surg. 30: 90-103. (1996).
- Nosaka, K., Clarkson, PM. "Influence of previous concentric exercise on eccentric exercise-induced muscle damage". Journal of Sports Science. 15:477-483. (1997).
- O'Reilly, K.P; Warhol, M.J; Fielding, R.A; Frontera,WR; Meredith,CN; Evans,WJ. "Eccentric exercise-induced muscle damage impairs muscle glycogen repletion". Journal of applied physiology (Bethesda, Md.) 63(1): 252-256. (1987).
- Perrin, D.H. *Isocinética. Ejercicios y evaluación*. Barcelona. De. Bellaterra. (1994).
- Pimental, NA., Shapiro, Y, Pandolf, KB. *Comparison of uphill and downhill walking and concentric and eccentric cycling*. Ergonomics. 25: 373-380. (1982).
- Richter, EA., Hespel, P. "Determinants of glucose uptake in contracting muscle". En Biochemistry of exercise IX.. Maughan, RJ y Shirreffs, SM. Human Kinetics. Champaign (IL). 51-60. (1996).
- Rose, D., Radzyninski, S., Beatty, R. "Effect of brief maximal exercise on the strength of the cuadriceps femoris". Acta Physiology Medicine. 38 1657-164. (1952).
- Seger, JY Thorstensson, A. *Muscle strength and myoelectric activity inprepubertal and adult males and females*. Eur.J. Appl. Physiol. 69: 81-87. (1994).

- Shellock, FG., Prentice, WE. *"Warming-up and stretching for improved physical performance and prevention of sport-related injuries"*. Sports Medicine. 2:267-278. (1985).
- Smith, MJ., Melton, P. *"Isokinetic versus isotonic variable resistance training"*. American Journal Sports Medicine. 9:275-279. (1981).
- Takarada, Y Nakamura, Y Aruga, S., Onda, T., Miyazaki, S., Ishii, N. *Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion*. J. Applied Physiology. 88: 61-65. (2000).
- Takarada, Y Takazawa, H., Sato, Y Takebayashi, S., Tanaka, Y Ishii, N. *Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in human*. J. Applied Physiology. 88 (6): 2097-2106. (2000).
- Talag, TS. *"Residual muscular soreness as influenced by concentric, eccentric and static contractions"*. Research Quarterly. 44:458-469. (1973).
- Toji, H, Sueti, K, Kaneko, M . *"Effects of combined training loads on relations among force, velocity, and power development"*. Canadian-journal-of-applied-physiology/Revue-canadienne-de-physiologie-appliquee-(Champaign,-Ill.); 22(4): 328-336. (1997).
- Troisier, O. *"Méthode d'évaluation de la force musculaire par le travail statique"*. Annual Kinésithér. 7:291-296. (1980).
- Urbanik, C., Ubukata, O. *"The influence of training with concentric and eccentric work on the force and velocity characteristic of muscle"*. en Biomechanics IX-A. Champaign. Human Kinetics. 77-81. (1985).
- Wazny, Z. *"Przykładowe modele treningu sily ogólnej i ukierunkowanej"*. Sport Wyczynowy. 12(2): 34-38. (1974).
- Wells, R., Morissey, M., Hughson, R. *Internal work and physiological responses during concentric and eccentric cycle ergometry*. Eur. J. Appl. Physiol. 55: 295-301. (1986).
- Westing, SH., Cresswell, AG., Thorstensson, A. *Muscle activation during maximal voluntary eccentric and concentric knee extension*. Eur. J. Appl. Physiol. 62:104-108. (1991).

Capítulo 6

Movimientos básicos de musculación

6.1. Movimientos básicos de musculación.

Es difícil seleccionar los movimientos más importantes que podemos emplear en el entrenamiento de fuerza, ya que dependerá de los intereses del deportista de cara a cubrir las necesidades de cada modalidad deportiva. No obstante, si hacemos un repaso rápido a lo que habitualmente hacen la mayoría de los deportistas, enseguida nos damos cuenta de que existen algunos movimientos que, para cada grupo muscular, son realizados de forma sistemática con independencia del deporte que se practique.

Normalmente estos movimientos pueden ser considerados como ejercicios de orientación general para el desarrollo de la fuerza, es decir, contribuyen al desarrollo de la fuerza base de un deportista. Sin embargo, no es menos cierto que estos ejercicios pueden formar parte del conjunto de ejercicios auxiliares, incluso específicos, en otras modalidades deportivas como la halterofilia, el powerlifting o el culturismo.

El orden de análisis de cada grupo muscular seguirá el guión siguiente:

1. Recuerdo anatómico.
2. Organización, por niveles, de los ejercicios más importantes.
3. Descripción de la forma en que se ejecutan los ejercicios más utilizados.

6.2. Grupos musculares de la articulación del hombro.

El complejo articular del hombro permite mover el miembro superior en los tres planos del espacio, lo que le da una enorme gama de posibilidades funcionales de gran utilidad para muchas modalidades deportivas, especialmente en aquellas que se realizan lanzamientos y/o manipulación de móviles ó cuerpos. Esta gran versatilidad articular se debe a la intervención de cinco articulaciones (escapulohumeral; subdeltoidea; escapulotorácica; acromioclavicular y esternocosto-clavicular) que constituyen el denominado *complejo articular del hombro* y a los músculos que las atraviesan.

Este conjunto articular es solicitada en numerosas modalidades deportivas (jabalina, béisbol, tenis, pelota, etc.), por lo que precisa del adecuado fortalecimiento de la musculatura que le rodea para garantizar su integridad. Los músculos periarticulares actúan como verdaderos ligamentos activos de la articulación manteniendo la cabeza humeral en la cavidad glenoidea, mientras que el deltoides se constituye en la cubierta anterior de la articulación.

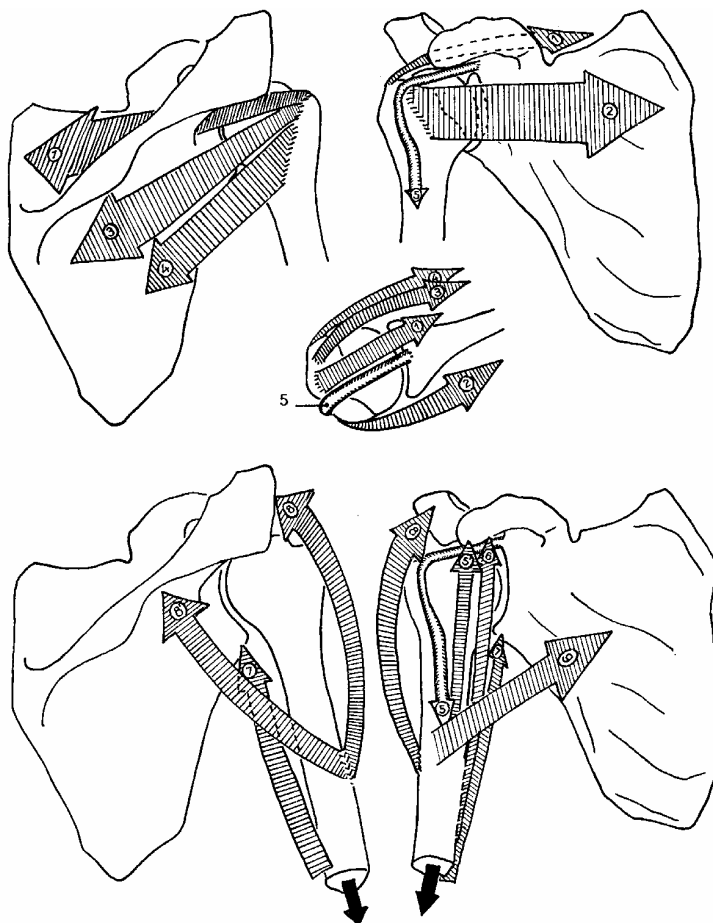


Figura 6.1. Supraespinoso (1); Subescapular (2); Infraespinoso (3); Redondo menor (4); Tendón de la porción larga del bíceps (5); Porción corta del bíceps (5); Coracobraquial (6); porción larga del tríceps (7); Fascículos del deltoides (8-9); Pectoral mayor (9) (Tomado de Kapanji-1974)

Ligamentos. La integridad de esta articulación está comprometida por algunos potentes ligamentos que mantienen en su posición las diferentes superficies articulares, especialmente en relación con la cabeza humeral y su posición en el centro de la cavidad glenoidea. En ella destacan cuatro ligamentos: el coracohumeral y los glenohumerales superior, medio e inferior. El *coracohumeral* se origina en la base y borde lateral de la apófisis coracoides y se dirige lateralmente entre los tendones de los músculos supraespinosos y subescapular con los que establece algunas conexiones, para terminar con dos digitaciones que van al troquín y el troquíter bajo los que emerge el tendón de la cabeza larga del

bíceps y también se une al ligamento glenohumeral superior. Su acción colabora en mantener el brazo en aducción pegado al tronco.

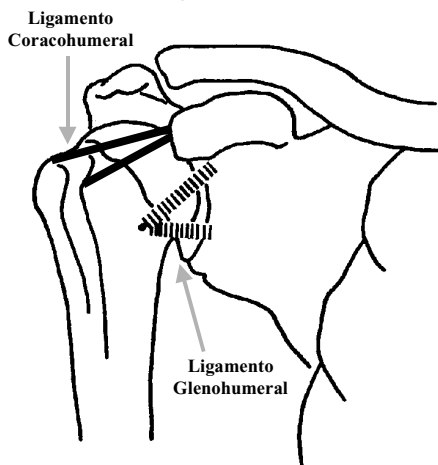


Figura 6.2. Ligamentos del hombro (Tomado de Kapanji-1974)

El *glenohumeral superior* nace en la porción superior de la glenoides por delante de la cabeza larga del bíceps y se inserta en la parte superior del trocín. Sobre él recae la función de mantener la extremidad superior suspendida a lo largo del tronco y ayuda en la estabilidad articular impidiendo la luxación del hombro cuando el brazo se encuentra en abducción, rotación interna y flexión. El *glenohumeral medio* no existe en todos los sujetos, pero cuando existe nace en la porción antero-superior del rodete glenoideo de donde sale hacia el trocín junto con la inserción del músculo subescapular con el que se une fuertemente igual que con la cápsula articular. Por un lado limita el desplazamiento de la extremidad superior cuando el brazo está en aducción y rotado externamente, pero también limita la rotación externa cuando el brazo se encuentra en posición funcional o en pocos grados de abducción. El *glenohumeral inferior* se origina en la porción antero-inferior de la glenoides y se dirige al cuello humeral.

Músculos. Desde el punto de vista funcional los músculos más importantes de esta articulación son el deltoides y el supraespinoso, aunque también se ve ligada por la acción de los músculos periarticulares, los cuales tienen una responsabilidad elevada en los movimientos de abducción, antepulsión, retropulsión y circunducción del brazo. El primero cubre superficialmente la parte superior de la misma, que tiene su origen en una zona amplia y curva que va desde la clavícula a la escápula y se inserta en la parte superior del húmero. Por su parte el supraespinoso nace en la fosa supraespinosa y finaliza en el húmero en la parte superior del troquíter.

Movimientos. Esta articulación presenta tres ejes fundamentales de movimiento: frontal, sagital y longitudinal del húmero. En el eje frontal realiza los movimientos de abducción y aducción.

En la abducción (separación lateral del brazo) el deltoides (fascículos clavicular, acromial y espinal) actúa en unión del supraespinoso (iniciador del

movimiento) y en menor proporción, el trapecio y el serrato mayor (última parte del movimiento), generando un movimiento perfectamente sincronizado y coordinado del húmero y la escápula en lo que se conoce como *ritmo escapulo-humeral* (Codman-1906). La primera parte de la abducción permite elevar el húmero hasta una posición de 90° respecto a la línea media (plano sagital) cuerpo. Para continuar el movimiento, hasta un rango máximo de aproximadamente 150°. Para ello es necesario un movimiento de basculación de la escápula por intervención del trapecio y del serrato mayor. Giombini et al. (1992) valoran el ritmo escapulo humeral en una proporción de 2:1, es decir, que por cada dos grados de abducción del húmero se realiza un grado de rotación de la escápula.

En el eje sagital del hombro se realiza el movimiento de antepulsión o flexión del brazo. Este movimiento consiste en la elevación del miembro superior (elevación frontal como en la primera parte del saque de tenis en voleibol) en el que podemos hablar de diferentes fases que suponen una participación muscular diferente según la posición del brazo. En los primeros grados (0°-50°) los músculos agonistas son la parte anterior del deltoides, la porción clavicular del pectoral y el coracobraquial; posteriormente en el rango de movimiento que cubre entre los 50°-120°, además de tirar del húmero, se produce una rotación de la escápula que obliga a la participación del trapecio y del serrato mayor; la acción final que eleva el brazo hasta la vertical el trapecio sigue interviniendo tirando hacia abajo del omóplato a la vez que se precisa realizar una hiperextensión del tronco.

En los movimientos de retropulsión del miembro superior, que también se realizan en el eje sagital y que en su estructura externa son similares a los que realiza un esquiador de fondo con los bastones en la fase final del empuje, trabajan principalmente la parte posterior del deltoides, los redondos y los trapecios, aunque también lo hacen el romboides y la parte media e inferior del trapecio, especialmente cuando se realiza una aproximación de las escápulas, tal y como ocurre en la parte final del remo en polea baja cuando los codos superan el plano del tronco.

Músculo	Flexión	Extensión	Abducción	Aducción	Rotación Interna	Rotación Externa	Flexión Horizontal
Deltoides anterior	***		* *		* *		* **
Deltoides medio			*				
Deltoides posterior		*				*	
Supraespinoso			*				
Pectoral mayor (clav.)	***		* *		* *		* **
Pectoral mayor (ester.)		*		*	*		*
Coracobraquial	*			*	*	*	*
Subescapular	*		*	*	*		*
Dorsal ancho		*		*	*		
Redondo mayor		*		*	*		
Infraespinoso						*	
Redondo menor						*	
Biceps (p. larga)			*				
Biceps (p. cortaa)	*	*		*	*		
Triceps (p. Larga)				*			

Ejercicios específicos para fortalecer la musculatura del hombro.

- **Nivel-I:** Elevaciones laterales (mancuernas) desde tumbados lateral; Elevaciones laterales (mancuerna, polea baja o máquina); Elevaciones frontales (mancuernas); Press con mancuerna (alternos); Remo con mancuerna a una mano.
- **Nivel-II:** Press militar (frontal); Tirones al cuello (jalones); Tirones al cuello (jalones) con tronco flexionado; Press mancuerna (simultaneas); Tracciones anteroposteriores de los brazos (alternos y simultáneos).
- **Nivel-III:** Pájaros (mancuernas o poleas bajas), Tirones de polea baja (cruzadas); Remo vertical con barra (tirones); Tirones laterales (rodillas) de polea baja; Fondos en barras paralelas; Dominadas; Press tras nuca; Press Arnold.

Ejercicios específicos para la musculación de los hombros.

Elevaciones laterales (con mancuerna, polea baja o en máquina). Las elevaciones laterales del brazo son los movimientos de musculación más importantes para trabajar la abducción del miembro superior (fundamentalmente con mancuernas, pero también con máquinas o con poleas bajas). Este movimiento consiste en efectuar una abducción del brazo hasta llevar los codos hasta la altura de los hombros (90°) con los codos ligeramente flexionados. Como ya señalamos, en los primeros grados de elevación (0°-60°) el deltoides es un músculo poco efectivo, participando más intensamente desde esta posición hasta la horizontal (60°-90°), especialmente en lo que hace referencia a la porción media de este potente músculo que cubre la articulación del hombro. En la primera fase del movimiento es el supraespinoso el motor principal en la separación del brazo y, por lo tanto, de la elevación lateral del mismo, para a partir de entonces intervenir el deltoides con mayor intensidad. Si deseamos elevar más los brazos el acento del trabajo pasa del deltoides y supraespinoso, a músculos como el trapecio y los serratos. En la ejecución clásica del movimiento los codos deben permanecer ligeramente doblados, por la articulación del codo, hasta el final del movimiento. De esta forma se evita una tensión excesiva en el bíceps y en las estructuras de la articulares del codo. Una recomendación oportuna, para aumentar la eficacia del movimiento, es pedir al ejecutante que mantenga los codos más elevados que las muñecas durante todo el recorrido aplicado al ejercicio. Así mismo, durante la ejecución, los hombros deben estar hacia atrás, el pecho hacia fuera y el tronco recto. En la fase de descenso de las mancuernas, por simples razones de seguridad, debe evitarse que la mano y el brazo caigan de golpe y sin control muscular ninguno del movimiento.

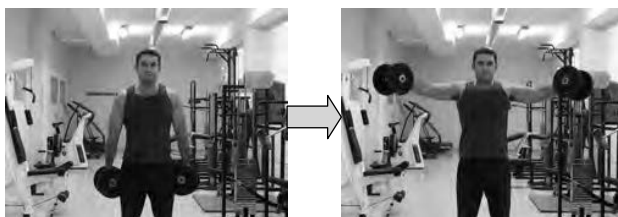


Figura 6.3. Elevaciones laterales con mancuernas

Elevaciones laterales desde tumbado lateral. Puede considerarse como un ejercicio de aislamiento para el trabajo del músculo suprespinoso, por lo que puede utilizarse como preámbulo de las elevaciones laterales clásicas cuando el sujeto es principiante o se estima que existe un déficit de fuerza en esa estructura. Básicamente consiste en tumbarse lateralmente sobre un banco con una mancuerna en la mano y con un agarre neutro o natural (palma de la mano mirando al lateral del cuerpo). Desde esta posición el deportista debe elevar la mancuerna 30° - 45° y volver a la posición de partida mediante un movimiento lento y controlado.

Aperturas invertidas con mancuernas o poleas cruzadas (elevaciones laterales con tronco inclinado). Conocido como *pájaros*, es otro ejercicio muy popular para fortalecer los hombros. Durante su ejecución el deportista mantiene el tronco flexionado y casi paralelo al suelo (90° - 100°) mientras separa los brazos en un plano frontal perpendicular al suelo hasta elevar las mancuernas o las poleas hasta la horizontal o algo más (90° - 120°). Esta variante actúa principalmente sobre la parte media y posterior del deltoides, pero obligando también a una intervención intensa de músculos de la parte media de la espalda (porciones media e inferior del trapecio, el romboides, el redondo menor y el infraespinoso), ya que al final del movimiento se aproximan los bordes internos de los omóplatos hacia la línea media de la espalda. Durante la ejecución del movimiento es muy importante mantener la espalda rígida pero ligeramente arqueada, ya que de lo contrario los erectores espinales se relajan y se corre el riesgo de sufrir algún daño en la columna y en los músculos que sobre ella actúan en dicha zona. Antes de iniciar el tirón hacia arriba de las cargas, el deportista debe relajar los hombros y los brazos, haciendo que los primeros bajen su posición y actúen los músculos antes señalados como principales en aproximación de los omóplatos. El trapecio y romboide aproximan la escápula hacia dentro, facilitando que el brazo se eleve (separe) al mismo nivel que la espalda o por encima de ella. Como dato complementario, debemos recordar que la mayoría de los sujetos, cuando mantienen las piernas totalmente estiradas durante el ejercicio, al estirar los isquiotibiales, sienten demasiado tensa la parte posterior del muslo, especialmente cuando su musculatura es demasiado corta, razón por la que es recomendable realizar el movimiento con las piernas ligeramente flexionadas.

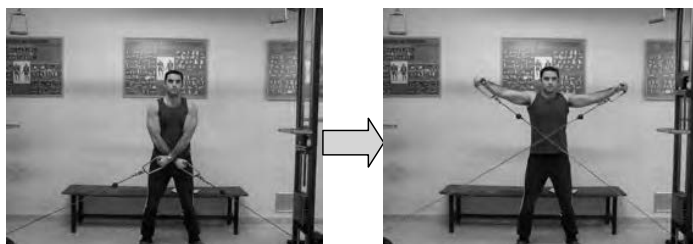


Figura 6.4. Elevaciones laterales con poleas cruzadas

Press de hombros. Es otro de los ejercicios estrella para el trabajo de los músculos que protegen los hombros (deltoides). Consiste en elevar una carga (barra), desde los hombros, por encima de la cabeza, combinando, de forma secuencial, la elevación de la articulación del hombro con la extensión del codo (figura 6.5).

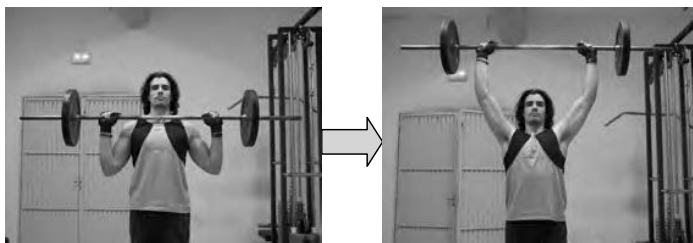


Figura 6.5. Press hombros con barra

Generalidades de los movimientos de press de hombros. Una de las claves de una ejecución técnica correcta descansa en la suficiente movilidad de la articulación del hombro (especialmente en el press tras nuca). Su ejecución precisa que el deportista tire de los hombros hacia atrás durante todo el movimiento, lo que supone una activación intensa del trapecio medio y de los romboides. Cuando el brazo está subiendo, la escápula gira hacia arriba, alrededor de un eje central, mediante la contracción de las partes superior e inferior del trapecio y el serrato anterior, que sincronizado a la abducción del húmero garantiza la acción segura del movimiento en todo su recorrido. En el inicio del press tras nuca, el movimiento las manos deben estar ligeramente por detrás de los hombros con agarre clásico, la barra descansando en el trapecio (al nivel de la vértebra C7) y los codos mirando al suelo. En cualquiera de sus variantes la carga, al final del recorrido, nunca debe quedar por delante del plano frontal del tronco. Para facilitar este movimiento, músculos como el infraespinoso y el redondo menor ayudan a tirar de los brazos hacia abajo y de los hombros hacia atrás, cuando nos encontramos a mitad del recorrido, favoreciendo que el deportista pueda mantener una posición correcta mientras realiza el empuje.

Cuando el movimiento se hace iniciándolo con la barra descansando en la parte anterior del hombro (deltoides), se solicita el deltoides anterior, el haz clavicular del pectoral mayor, el trapecio parte superior, el tríceps y el serrato mayor. Cuando éste ejercicio se hace enfatizando que los codos estén separados, se acentúa el trabajo de la parte externa del deltoides, pero cuando se colocan los codos hacia delante, como en el caso de la segunda parte del movimiento de *dos tiempos* se acentúa el trabajo de la parte frontal del deltoides. Por el contrario, recordemos que en el press tras nuca se trabaja, principalmente, las porciones media y posterior del deltoides, las porciones superior y media del trapecio, el tríceps y el serrato mayor.

Un aspecto importante a tener en cuenta en la ejecución de los movimientos de press sobre la cabeza pasa por cuidar la colocación que debe tener la espalda. En todo momento debe evitarse una inclinación excesiva hacia atrás de los hombros y parte superior de la espalda creando una hiperextensión no deseada y peligrosa de la misma. Este es un movimiento que también puede resultar peligroso si no se realiza correctamente, especialmente cuando se hace tras

nuca, siendo necesario, como ya comentamos, poseer una adecuada movilidad en la articulación del hombro y un nivel de fuerza equilibrado en toda la musculatura utilizada, especialmente entre los músculos más débiles, como es el caso del supraespinoso. Este músculo tiene un papel importante en este movimiento, ya que su función principal es participar en la abducción del brazo hasta aproximadamente los 60° además de fijar la cabeza humeral contra la escápula, razón por la que si la musculatura del hombro es débil quedará hundida en la fase final del gesto y contribuir con la rotación externa que tiene el brazo. En el caso de que este músculo sea demasiado débil, la tensión de los dorsales lleva el brazo hacia abajo y lo saca de su posición idónea para la ejecución del movimiento, siendo una de las principales causas del dolor típico de este movimiento. Para fortalecer el supraespinoso se pueden emplear previamente elevaciones laterales con el brazo, bien desde la posición de tronco tumbado lateral o con el cuerpo inclinado (45°).

Entre los atletas de nivel medio es preferible empezar a trabajar con el press por delante de la cabeza, lo que ayudará a fortalecer toda la musculatura sinérgica y fijadora que interviene en el movimiento. Para evitar movimientos de la espalda conviene mantener la cabeza en prolongación de la columna con la vista mirando al frente (recordar que la cabeza actúa como un timón para el cuerpo durante todo el movimiento!).

Variantes más comunes de press de hombros:

Press frontal con barra o press militar (de pie o sentados) (figura 6.5). En el press frontal o press militar la elevación de la barra se realiza desde delante de la cara, donde la barra descansa en la parte alta del pecho apoyada sobre la porción anterior del deltoides. En su ejecución se activan principalmente, durante la primera parte del empuje, la parte anterior del deltoides (separación del brazo), la porción clavicular del pectoral mayor (separación del brazo), el coracobraquial (aproximación) y el tríceps (extensión del codo), mientras que en la parte final del empuje de la barra, el trabajo se realiza, de forma más específica, por la parte superior del trapecio y por los serratos (rotación de la escápula). En la forma más convencional el deportista está sentado, con la barra agarrada a una separación ligeramente superior a la separación de los hombros y los codos apuntando hacia abajo. Cuando el movimiento se realiza de pie, para asegurar el trabajo de los músculos antes señalados, hay que prestar atención en no trabajar de piernas, ni provocar una hiperextensión excesiva del tronco.

Press (militar) tras nuca con barra (de pie o sentados). Este movimiento es similar al anterior pero iniciando el movimiento con la barra por detrás de la nuca con agarre en pronación. Este press resulta un movimiento bastante complejo, desde el punto de vista de su mecánica, ya que se inicia con una posición forzada de los hombros, especialmente entre aquellos sujetos que tienen poca movilidad en esta articulación. Desde el punto de vista muscular implica a las mismas estructuras que el ejercicio anterior pero con ligeras variaciones. Al tener inicialmente la barra por detrás de la cabeza la incidencia sobre el deltoides es en la parte media y posterior de este músculo. Cuando se inicia el movimiento tirando de los brazos hacia arriba la escápula gira a razón de un grado por cada dos grados de movimiento del brazo. Esto supone un elevado estrés para unos músculos de por sí bastante débiles (especialmente el supraespinoso).

Press con mancuerna (alternado o simultáneo)(Figura 6.6). Movimiento similar al press frontal con barra, aunque con mayor incidencia sobre la porción media del deltoides. Normalmente se ejecuta manteniendo los agarres en pronación durante todo el recorrido, aunque también se puede hacer con rotación de la muñeca, en la segunda parte del movimiento, hasta terminar en pronación cuando el inicio es con agarre neutro.

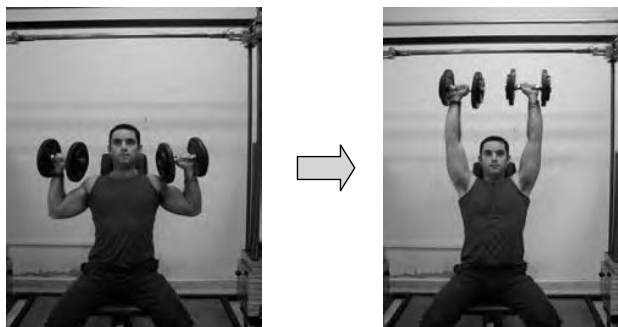


Figura 6.6. Press militar con mancuernas

Elevaciones frontales (anteversión) de brazos (polea baja o mancuernas)(figura 6.7). Desarrolla el deltoides (parte anterior), pectoral mayor (porción clavicular), pectoral menor, trapecio, coracobraquial, serrato anterior y porción corta del bíceps. En el primer tiempo de la antepulsión (0° - 50°) los músculos motores son el fascículo anterior del deltoides, el coracobraquial y el fascículo superior del pectoral mayor. El segundo tiempo (60° - 120°) se realiza básicamente por acción del trapecio y el serrato mayor, pasando el resto de la musculatura participante a un segundo plano. Se realiza generalmente de pie utilizando barras, poleas o mancuernas, con lo que ello supone por las variantes del agarre, debiéndose evitar desplazamientos compensatorios del tronco durante su realización. Es necesario resaltar, que para trabajar adecuadamente los músculos citados no es necesario emplear grandes pesos, con este tipo de movimiento. Para poder incrementar la carga de trabajo algunos deportistas realizan los movimientos con ligera flexión del codo. Cuando se utilizan barras, en vez de mancuernas, es necesario cuidar la anchura del agarre, de forma que cuando se quiere localizar el movimiento en los hombros se hace necesario abrir ligeramente los brazos, mientras que al cerrarlos desplazamos parte del trabajo hacia el pectoral.

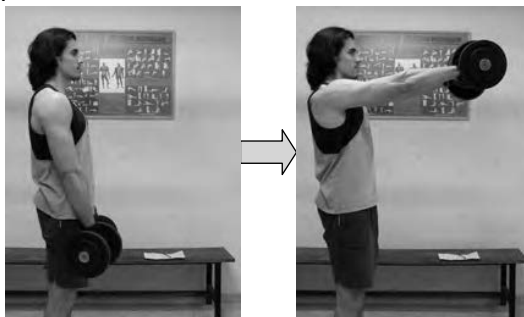


Figura 6.7. Elevaciones frontales

Tracciones anteroposteriores de los brazos (alternas o simultáneas): **retropulsión del brazo.** Afecta a los músculos que se insertan en las caras posteriores de la escápula y del húmero: parte posterior del deltoides, redondo mayor, romboides, dorsal ancho y parte inferior del trapecio. Para su ejecución se emplean poleas, gomas o, con menor frecuencia, mancuernas, siendo un instrumento bastante utilizado en deportes como la natación, el piragüismo o el esquí de fondo.

Tirones laterales a una mano con polea baja (de rodillas). Consiste en hacer un desplazamiento del brazo en el plano horizontal, manteniendo el tronco paralelo al suelo mientras el deportista está de rodillas y con el brazo libre (más cercano a la polea) apoyado en el suelo. El comportamiento muscular de éste movimiento es similar al que se logra mediante la ejecución de elevaciones laterales con polea baja y tronco ligeramente adelantado, o los que se logran con las aperturas antes descritas.

Press Arnold. Es un ejercicio muy popular entre los asiduos de los gimnasios. Para su ejecución el deportista parte de una posición sentada o de pie con los codos flexionados manteniendo unas mancuernas en agarre supino a la altura de los hombros. El movimiento se inicia separando los codos hasta llevarlos lateralmente hasta cada lado de la espalda. En esa posición el deportista extiende los codos al tiempo que rota los brazos hasta colocar las mancuernas por encima de la cabeza y con agarre en pronación.

Otros ejercicios de interés para la musculatura del hombro.

Remo con mancuerna a una mano. Consiste en levantar una mancuerna con una mano mientras el deportista se sitúa con el tronco paralelo al suelo y con un brazo y una rodilla apoyados en un banco. El movimiento se realiza partiendo de una posición de flexión hombro y se realiza una extensión manteniendo el codo pegado al costado hasta que supere el nivel de la espalda, la cual siempre debe mantenerse horizontal y rígida evitando cualquier desplazamiento. En este ejercicio, además de la parte posterior del deltoides, actúan de forma muy determinante el trapecio, el romboides y el dorsal ancho, especialmente cuando se intenta conseguir un recorrido máximo del brazo hacia la parte posterior de la espalda. Es necesario que el ejercicio se haga con el brazo totalmente pegado al cuerpo, ya que de lo contrario la incidencia de la acción muscular se desplaza hacia la musculatura dorsal (redondo mayor y dorsales).

Remo vertical (tirones) con barra (Figura 6.8). Es un ejercicio compuesto que afecta a la musculatura del hombro (parte media del deltoides y supraespinoso), espalda (trapecio y serrato) y brazos (bíceps, braquial y bracorradial). Al nivel de la articulación del hombro, se realiza una ligera aducción del brazo cuando se realiza el tirón de la barra con un agarre estrecho. Con agarre abierto ya se parte de una ligera abducción del brazo, que se acentúa conforme se eleva la barra. Para incidir claramente sobre el deltoides (parte media) se debe mantener la barra muy cerca del cuerpo durante todo su recorrido, mientras que para incidir bien sobre el trapecio se tiene que tirar de codos arriba tratando de mantener esta posición al final del movimiento forzando la tensión de la barra hacia el cuerpo (rotación interna).

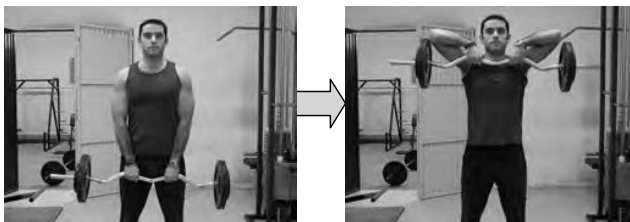


Figura 6.8. Remo vertical (tirones) con barra

Dominadas. Para ampliar información se recomienda ver los ejercicios de musculación para la espalda. Aunque son movimientos muy específicos de los dorsales, no podemos olvidar que este músculo, en los movimientos de trepa o en las dominadas, tracciona del tronco hacia el húmero al estar involucrado en la acción de aducción, extensión e hiperextensión del hombro.

Tracciones de barra con tronco inclinado. El movimiento se realiza con la cabeza apoyada en un plinto u otro soporte. Para más información ver músculos de la espalda.

Fondos en barras paralelas: En estos movimientos los músculos que afectan a la articulación del hombro trabajan como fijadores de los brazos, ya que básicamente el mayor trabajo lo efectúan los músculos que realizan la extensión de la articulación del codo. Para más datos ver ejercicios de musculación del tríceps.

6.3. Rotación de la articulación del hombro.

Es un movimiento que no suele ser utilizado por todos los deportistas, especialmente en jugadores de béisbol o los tenistas, el movimiento es fundamental para poder efectuar relevantes gestoformas específicas. En estos deportes es corriente encontrar alguna disfunción muscular en estructuras tradicionalmente no demasiado fuertes (infraespinoso, redondo menor, parte posterior del deltoides y coracobraquial), o sobresolicitaciones intensas durante la ejecución de las técnicas más relevantes. Pappas et al. (1985) y Dillman et al. (1993) encontraron que un pitcher desarrolla picos de velocidades angulares en la articulación del hombro que oscilan entre los 3500 y los 9500 °/seg, encontrando elevados coeficientes de correlación (0.86 y -0.97) entre la velocidad que lleva la bola al salir y el grado de rotación externa y la duración de la fase de aceleración. Todo ello supone un estrés muy elevado para una estructura anatómica tan compleja y poco musculosa. El dolor en estos casos suele aparecer cuando los componentes del espacio subacromial están inflamados y están pellizcados entre la cabeza del húmero y la cara inferior del acromio.

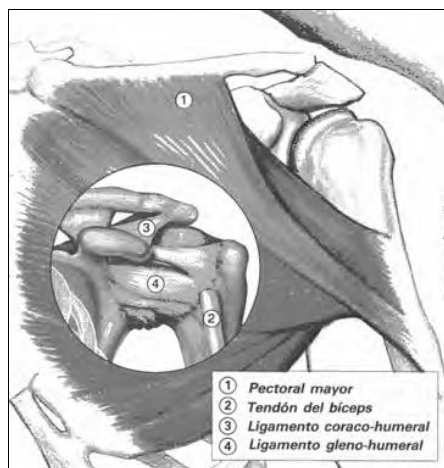


Figura 6.9. Fuente: Brainum (Informes M&E, nº6: 41-1995)

Recuerdo anatómico.

Uno de los movimientos más solicitados a la articulación del hombro (ejemplo: lanzamientos) son los que hacen referencia a la rotación externa (80°) y, principalmente, la rotación interna (90°). Este hecho unido a la ya natural debilidad de los músculos implicados en la rotación externa suponen, por sí mismos, un factor de riesgo para los practicantes de muchas modalidades deportivas.

Los músculos implicados en la rotación interna son el dorsal ancho, el redondo mayor, el infraescapular y el pectoral mayor, mientras que en la rotación externa actúan el infrespinoso y el redondo menor.

Importancia en el deporte.

Para el fortalecimiento del hombro en gestos de esta naturaleza, el movimiento de rotación se puede hacer con mancuernas u otras cargas de fácil manejo con una mano (incluidas las poleas altas y bajas). Para ello, el deportista puede colocarse en muchas posiciones (de pie, sentado o tumbado), variando la separación del brazo respecto al cuerpo mientras realiza la rotación del brazo. Para deportistas cuya modalidad deportiva se centra en los lanzamientos muy explosivos con la mano por encima de la cabeza (balonmano, atletismo, béisbol, etc.), sus practicantes se ven obligados, con frecuencia, a realizar movimientos del miembro superior en el plano horizontal (antepulsión más aducción anterior). Por este motivo, con un objetivo preventivo y de acondicionamiento especial de fuerza, destacan las acciones de tirones a una mano de polea alta, haciendo recorridos muy variados en la intervención de ese movimiento. La musculatura afectada principalmente es el deltoides (parte anterior), subescapular, pectoral mayor y menor y el serrato mayor.

Como ya señalamos con anterioridad, un gran número de lanzamientos (como ocurre con el lanzamiento de jabalina, el béisbol o el fútbol americano) y acciones

deportivas (tenis, voleibol) de golpeo de móviles, requieren una importante participación del complejo articular del hombro en situaciones mecánicas extremadamente complejas. Esto obliga nos a realizar las acciones con una correcta ejecución técnica de los movimientos y, de esta forma, evitar posibles lesiones en la articulación y/o en las estructuras que la rodean. Como casi siempre dichas acciones técnicas se ejecutan con gran potencia y a una velocidad muy elevada, se hace necesario un fortalecimiento previo de la musculatura del hombro que permita amortiguar en gran medida los riesgos inherentes a dicha actividad (tendinitis, inestabilidad, problemas subacromiales o supraescapulares, etc.). Dillman et al. (1993) y Harryman et al. (1990) señalan, tras analizar el hombro de cadáveres, que el uso de movimientos similares a los que usan los lanzadores de jabalina pueden desembocar en cambios degenerativos de la parte anterior de la articulación del hombro. También es un hecho constatado que los jugadores de béisbol, los jugadores de voleibol, los tenistas o los lanzadores de jabalina presentan frecuentemente lesiones en los rotadores, pérdida de movilidad articular o dislocaciones de la articulación del hombro.

En movimientos como el lanzamiento de béisbol o de jabalina, se alcanzan velocidades angulares de 7000-8000 grados/segundo en posiciones en las que el brazo ejecutor normalmente realiza una rotación del hombro partiendo de una abducción en retroversión, lo que conduce a enormes tensiones en las articulaciones del hombro y del codo. En dicha posición, los fascículos medio e inferior del ligamento glenohumeral se encuentran hiperextendidos, por lo que deben ser estructuras extensibles y elásticas para acelerar rápidamente el movimiento, mientras que la estabilidad dinámica de la articulación glenohumeral es asegurada por los rotadores externos (redondo menor, deltoides posterior e infraespinoso), la porción larga del bíceps y el resto de estructuras articulares estáticas. A partir de la posición indicada, el brazo realiza una flexión horizontal (parte frontal del deltoides, el subescapular, pectoral mayor y menor, serrato mayor) y una rotación interna (redondo mayor, pectoral y parte anterior del deltoides) mientras que el comportamiento de la porción larga del bíceps depende del rango de movimiento en la que se encuentra la articulación del codo.

En cualquier caso, el pico más elevado de actividad tiene lugar en la fase final del lanzamiento, ya que es aquí cuando el bíceps frena la extensión del codo y la pronación del brazo. En realidad el pectoral es el principal músculo que interviene en la acción de acelerar el objeto durante su lanzamiento, mientras que el subescapular cumple una importante función de estabilización.

Además de las funciones preventivas antes señaladas, el trabajo de rotadores permite potenciar el trabajo en algunos de los principales ejercicios de musculación en los que intervienen los músculos de la articulación del hombro (press de banca, press militar, aperturas, etc.). Se estima que cuando se abandona la utilización de alguno de los ejercicios antes mencionados, pero se mantiene un protocolo específico de rotadores, se puede mejorar el test de los primeros varios meses después de dejar de entrenarlos, mientras que en el caso contrario (dejar el trabajo de rotadores y mantener el de los movimientos referidos), con el paso del tiempo, lo más probable es que se de un estancamiento.

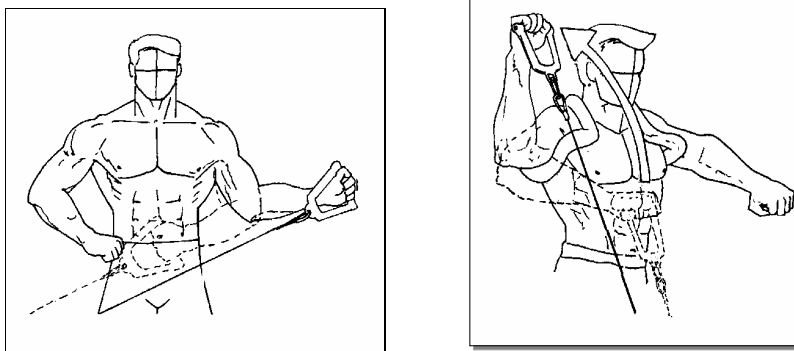


Figura 6.10. Ejercicios para el fortalecimiento del hombro en lanzadores.
Fuente: Poliquin (1997).

Junto a la realización de estiramientos, movimientos que fortalezcan el hombro y la parte alta de la espalda previenen al deportista de posibles lesiones que acontecen por la sobresolicitación de esta articulación. Ejercicios como el de elevación del brazo en el plano sagital, elevación del brazo en el plano escapular (subida hasta posición vertical), elevación del brazo en el plano escapular con rotación externa del brazo, abducción del brazo, acción de remo, abducción horizontal del hombro en rotación neutra, abducción horizontal con brazo en rotación externa, aducción de brazos, press de banca, fondos de brazos, rotaciones internas y externas de brazos, press cubano (con barra a dos manos bajar hasta colocarla en posición frontal y codos doblados), etc., son ejercicios que solicitan el complejo articular del hombro mediante acciones forzadas que garantizan su fortalecimiento.

6.4. Articulación del codo.

El codo es la articulación intermedia del miembro superior, sirviendo de punto de unión entre el brazo y el antebrazo. Son dos los movimientos que se realizan al nivel de la articulación del codo: la flexión-extensión y la pronosupinación.

La flexión-extensión del miembro superior es una de las acciones más utilizadas en las técnicas de muchas modalidades deportivas. Durante la extensión el brazo forma un ángulo de unos 180° con el antebrazo, viendo limitada la posibilidad de aumentarlo al encontrarse con topes anatómicos que lo impiden (pico del olécranon, cápsula articular y musculatura flexora del codo). En el caso de la flexión los límites en los deportistas suele estar casi siempre determinado por el nivel de hipertrofia muscular que posean los músculos flexores del codo y del antebrazo.

La pronosupinación relativa a la articulación del codo nos indica el movimiento de rotación del antebrazo en torno a su eje longitudinal, por lo que supone la asociación mecánica de las articulaciones radiocubital superior e inferior.

Músculo	Flexión	Extensión	Pronación	Supinación
Bíceps braquial	*			*
Braquial anterior	*			
Supinador largo	*		*	*
Pronador redondo	*		*	
Pronador cuadrado			*	
Tríceps braquial		*		
Supinador corto				*
Palmar mayor	*		*	
Cubital anterior	*			
Palmar menor	*			
Primer radial		*		*
Segundo radial		*		
Cubital posterior		*		
Extensor común dedos		*		
Extensor propio meñique		*		
Extensor largo pulgar				*
Abductor largo pulgar				*

6.5. Movimiento de flexión del codo.

El movimiento de flexión del codo es aquel que lleva el antebrazo hacia delante acercando la cara anterior del antebrazo a la cara anterior del brazo en un rango de movimiento de aproximadamente 150°. La máxima eficacia de la musculatura de la articulación del codo depende de la longitud de estas estructuras musculares, aunque habitualmente se produce cuando el miembro superior se encuentra en una flexión entre 80°-90°. Jaskólski et al. (2000) que el ángulo óptimo de la articulación del codo para el desarrollo de la máxima fuerza contráctil era de 89.4° +/-8.0° y de 90.1° +/-8.1° para el desarrollo rápido de la fuerza.

Recuerdo anatómico.

Los músculos que intervienen en la **flexión** son, principalmente, el bíceps braquial (porción larga y corta), pero también participan el braquiorradial y el braquial, haciendo que su máxima eficacia se produzca aproximadamente a los 90° de flexión. Algunas investigaciones demuestran una coordinación muy fina entre todos los músculos que realizan la flexión del codo, aunque con un comportamiento con grandes diferencias individuales.

El **bíceps** es el músculo más voluminoso del brazo que tiene una función principal de flexión del codo y otra secundaria de supinación. En la parte proximal se inserta en el omóplato a través de dos cabezas (larga y corta), lo que le da una función sinérgica de los movimientos del omóplato. La porción larga lo hace en el tubérculo supraglenoideo, mientras que la corta lo hace en la apófisis coracoides. Ambas porciones descienden por el brazo atravesando la articulación del hombro hasta que una vez superada la articulación del codo se concentra en la tuberosidad bicipital del radio. Basmajian (1976) señala que la porción larga del bíceps presenta una mayor actividad que la corta, en la mayor parte de los

sujetos, durante la flexión lenta del codo, la supinación resistida del antebrazo y durante la flexión de la articulación del hombro.

El **braquioradial (supinador largo)** es un músculo que se sitúa a lo largo del borde externo del antebrazo y que por su recorrido tiene como función fundamental la flexión del codo, pero también participa en la supinación del brazo cuando el brazo está en pronación forzada. Va desde la apófisis estilodea del radio hasta el borde inferior externo del húmero. Es un flexor del codo que actúa con la máxima eficacia cuando el antebrazo está semipronado, pero que tiene una moderada actividad cuando, al realizar la flexión, el brazo está semipronado o pronado, considerando que actúa como reservorio de fuerza cuando se levantan cargas en estas posiciones o se ejecutan flexiones rápidas sin carga.

El **braquial** se encuentra situado entre el húmero y el bíceps, extendiéndose desde el tubérculo de la apófisis coronoides hasta la cara interior del húmero. Tiene una función exclusiva de flexión del codo de similar eficacia independientemente de la posición que tenga el antebrazo (pronación o supinación). Algunos anatomistas lo describen como el *flexor por excelencia de la articulación del codo*, lo que le convierte en el músculo estrella de este movimiento.

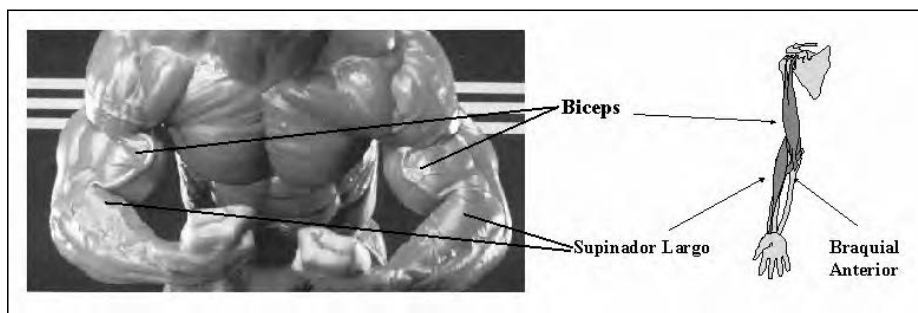


Figura 6.11. Musculatura flexora del codo

Ejercicios específicos para la musculatura flexora del codo.

Pese a lo limitadas que son posibilidades funcionales, la musculatura flexora de la articulación del codo se puede entrenar con una gran variedad de ejercicios en los que se pueden utilizar mancuernas, barras, poleas, máquinas o gomas. El músculo más potente es el bíceps braquial el cual logra su máxima cuando las manos se encuentran mirando al frente (como en el caso de curl con barra) y con los dedos en extensión, detalle este interesante para la elaboración de ejercicios específicos para esta musculatura.

1. **Nivel-I:** Curl alterno con mancuerna (Pronación, supinación, neutro y giro); Curl con barra a dos manos.
2. **Nivel-II:** Curl predicador (Barra plana y EZ); Curl en poleas (altas/bajas) (alternas/simultaneas).

3. **Nivel-III:** Curl de concentración (supinación; neutro y con giro); Flexores en barra (agarre prono/supinación); Press Arnold; Press con barra y AB; Curl de polea alta tumbado.

Ejercicio	Bíceps Externo (Lateral)	Bíceps Interno (Medial)	Braquial (Interno)
Curl barra plana	X	XX	X
Curl barra plana (agarre estrecho)	XX	XX	XX
Curl barra EZ	X	XX	X
Curl barra EZ invertido	X	XX	XX
Curl barra EZ predicador (cerrado)	XX	XX	XX
Curl barra plana – Arm Blaster	XX	XX	XX
Curl barra EZ – Arm Blaster	XX	XX	XX
Curl mancuerna supinación	X	XX	X
Curl mancuerna neutro (martillo)	XX	XX	XX
Curl mancuerna y giro	XX	XX	X
Curl mancuerna concentración	XX	XX	X
Curl mancuerna pronación	X	X	XX
Curl mancuerna inclinado giro	XX	XX	X
Curl mancuerna inclinado neutro	XX	XX	XX
Curl mancuerna inclinado supinac.	XX	XX	X
Dominadas supinación estrecho	XX	XX	X
Dominadas supinación abierto	X	XX	X
Dominadas prono	X	XX	XX
Doble en polea alta (cristo)	X	XX	X
Doble en polea baja	X	XX	X
Polea baja agarre en mancuerna	XX	XX	X

Tabla 6.1. Implicación del bíceps interno, externo y braquial en los distintos ejercicios.

Merece la pena hablar de dos materiales específicos de estos movimientos: las barras de curl EZ y los bancos Scott. La barra EZ presenta tramos curvos que permiten modificar los agarres durante la ejecución de los ejercicios eliminando tensiones innecesarias en las articulaciones de las muñecas, los codos o los hombros y aumentando la participación del braquial. El banco Scott es un banco en el que existe un respaldo hacia delante en el que poder apoyar los brazos.

Curl con barra a dos manos.

- **Curl con barra plana y agarre en supinación** (Figura 6.12). Es el movimiento más popular para el desarrollo de la musculatura flexora del codo. Este ejercicio, que sigue en su movimiento la trayectoria normal de la flexión del codo, permite desarrollar con precisión y facilidad la musculatura del bíceps en todo su recorrido, al igual que incide sobre el braquial anterior y el supinador largo. Para asegurar su eficacia durante el entrenamiento, el brazo debe mantenerse fijo y con los codos hacia el suelo. Aunque lo normal es hacer el movimiento con una anchura equivalente a la de los hombros, ésta puede ser modificada para conseguir otros efectos sobre la musculatura flexora del codo.

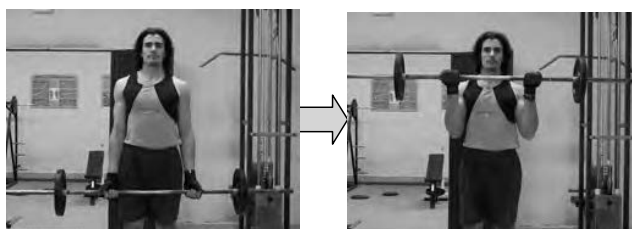


Figura 6.12. Curl con barra plana y agarre en supinación

- **Curl con barra plana y agarre en pronación.** Este ejercicio además de los objetivos antes mencionados en el curl en supinación que se manifiestan en el fortalecimiento del bíceps, es un movimiento que aumenta su acción sobre el braquiorradial y el braquial. Poliquin (1997) señala que en el curl con agarre en pronación la acción del bíceps disminuye entre un 28-34% respecto al ejercicio anterior.
- **Curl con barra EZ** (figura 6.13) . Con el fin de aislar aún más el trabajo de bíceps se suele usar un aparato denominado *Arm Blaster*, el cual anula la participación del deltoides en el movimiento, especialmente cuando hacemos el movimiento con agarre estrecho y preferentemente con barra EZ.

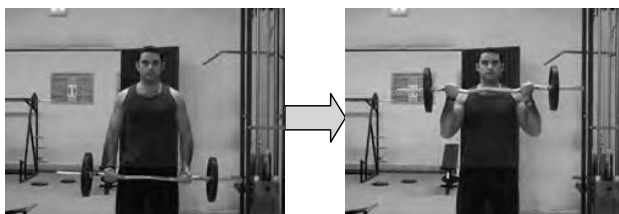


Figura 6.13. Curl con barra EZ

- **Curl de predicador.** Es un ejercicio muy específico en el que se concentra el trabajo en la parte inferior del bíceps eliminando casi toda la tensión sobre la parte superior de este músculo. Normalmente se hace con barra EZ, pero también se puede realizar con mancuernas o con barra plana.

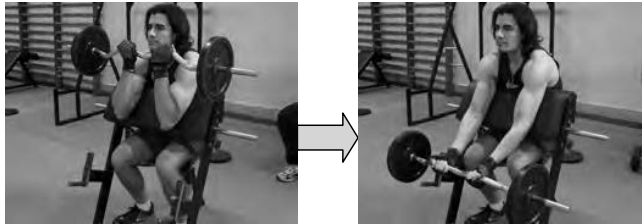


Figura 6.14. Curl Predicador con barra EZ

- **Curl-21 con barra** (Figura 6.15).

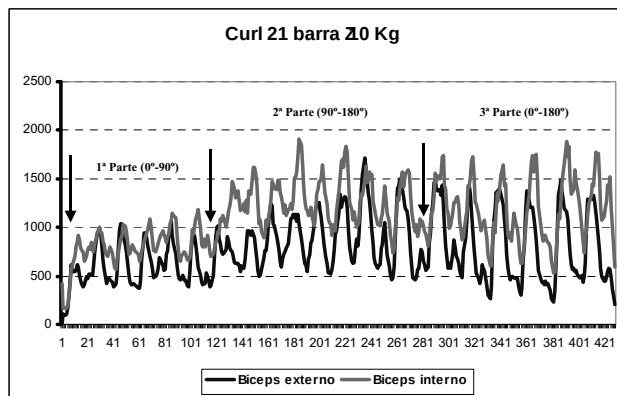


Figura 6.15. Participación del bíceps externo e interno en el curl-21 con barra

Curl con mancuerna con agarre neutro, supino ó mixto.

- **Curl de mancuerna con supinación.** Durante la flexión del brazo, aunque se parte de una posición anatómica neutra, cuando se ejecuta con mancuernas se debe realizar una supinación del antebrazo a mitad del recorrido, lo que permite concentrar la tensión en el bíceps. Cuando vamos realizando la contracción giramos el brazo haciendo una supinación el bíceps toma la forma corta y en pico que tanto buscan los practicantes del culturismo. Cuando hacemos los curls con agarre en posición o con ligera pronación, el braquial eleva el bíceps variando la forma del mismo al final de su contracción (plano y largo). El bíceps suele entrar en actividad durante la flexión del antebrazo en supinación, con independencia de las circunstancias (carga o resistencia) en que se

realice la misma, algo que no ocurre en otras posiciones tal y como veremos al hablar del curl de mancuerna en pronación.

- **Curl de mancuerna en pronación.** Es un ejercicio poco utilizado en musculación por no permitir mover cargas muy elevadas y por el daño que suele provocar en la articulación de la muñeca que tiende a ceder cuando la carga es ligeramente alta. Provoca un comportamiento muscular durante la flexión ligeramente diferente a la descrita en el ejercicio anterior, ya que durante este movimiento, cuando el antebrazo está en semipronación necesita la presencia de una ligera carga (900 gramos) para activar al bíceps, y cuando está en pronación este músculo desempeña un papel escaso en la flexión o en el mantenimiento de esta posición. Beevor (cfr. Basmajian-1976) señala que cuando el antebrazo está en una pronación forzada, el bíceps no entra en acción hasta que la resistencia a vencer no excede los 1800 gramos.
- **Curl de martillo con mancuerna.** Desarrolla la cabeza externa del bíceps, el braquial y muy especialmente el supinador largo, siendo esta la posición en la que los músculos flexores consiguen la mayor actividad. Este último músculo trabaja más cuando se realiza la variante en la que el deportista inicia el movimiento con la palma de la mano mirando el suelo y flexionar el codo al tiempo que se hace la supinación externa. En cualquier caso, es necesario tener presente que es difícil disociar la supinación del antebrazo con la rotación externa del húmero, por lo que es complicado afirmar con rotundidad la incidencia que este movimiento tiene sobre la parte externa del brazo.
- **Curl de concentración sentado** (mancuerna) (Figura 6.16). Posiblemente es el ejercicio de mayor aislamiento para el bíceps. Para su realización el deportista debe sentarse con las rodillas separadas y uno de los codos apoyados en la cara interna del muslo muy cerca de la rodilla obligando a una ligera inclinación del tronco hacia delante. Con este brazo se debe sostener una mancuerna con agarre en supinación. La posición de partida es con el brazo en extensión, mientras que la ejecución consiste en realizar en una flexión máxima del codo sin modificar el punto de apoyo. En cualquier caso, algunas personas se ayudan del muslo al ejecutar el movimiento, por lo que sería mejor hacer una variante en la que el deportista está de pie, con el tronco ligeramente inclinado, la mano contraria apoyada en la pared y el brazo ejecutor colgando con la mancuerna.

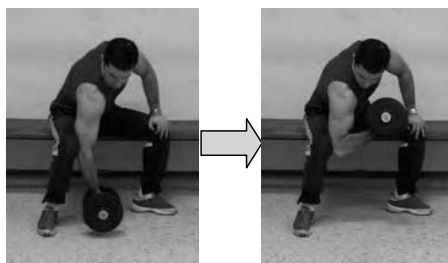


Figura 6.16. Curl de concentración sentado

- **Curl de bíceps en banco inclinado** (figura 6.17). Se ejecuta sentados sobre un banco inclinado (50°), la espalda y la cabeza totalmente apoyadas sobre él y los brazos colgando con una ligera flexión del codo y agarre supino o neutro. Para un mejor aislamiento de los flexores del codo es necesario mantener los codos apuntando al suelo, ya que de lo contrario estaría participando la parte anterior del deltoides.

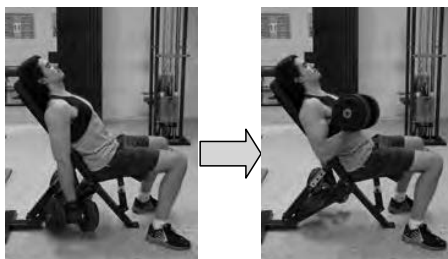


Figura 6.17. Curl de bíceps en banco inclinado

- **Variante de Press Arnold.** Se realiza con una mancuerna en cada mano y sentados en un banco. El deportista debe hacer una flexión del codo con las manos mirando al frente para luego subir los codos hasta que quedan flexionados a la altura de la cabeza y se termina con una extensión del codo y posible rotación interna. Trabaja, por lo tanto, los flexores del codo y la parte anterior del deltoides. En ocasiones el movimiento se continúa con una pronación de los antebrazos y extensión del codo hasta terminar con los brazos estirados sobre la cabeza.

Otras variantes de curls. Otros ejercicios muy difundidos para el desarrollo de la musculatura flexora del codo son los **curls con barra de pie**, los **curls de pico con agarre de cuerda** y los **press Arnold sentados**.

6.6. Musculatura extensora de la articulación del codo.

La extensión del codo es una de las acciones mecánicas de mayor interés para la práctica deportiva, participando en acciones como los lanzamientos y los golpes (libres: boxeo; con implementos: tenis).

Recuerdo anatómico.

La musculatura que interviene en la extensión es la que compone, principalmente, el **tríceps braquial**, el cual está formado por un músculo biarticular con tres cuerpos carnosos que terminan en el tendón común que se inserta en el olécranon, aunque algunos autores incluyen al ancóneo como sinergista del movimiento. La *porción larga* del tríceps parte de la escápula en un punto situado debajo de la articulación del hombro, lo que hace que su principal efecto esté en la aducción, extensión e hiperextensión del húmero en la articulación del hombro, la *porción externa* nace en el dorso del húmero y la *porción interna*, principal extensor del codo, lo hace en la superficie inferior del dorso del húmero ocupando casi dos tercios de la longitud del hueso. Basmajian

(1976), citando a Travill, señala que la porción larga del tríceps braquial permanece inactiva durante la extensión activa (sin carga) del codo, cualquiera que sea la posición del sujeto o de la extremidad, a la vez que la porción interna siempre funciona, siendo la porción primaria y fundamental de este movimiento, y la externa presenta cierta actividad. Cuando la extensión del codo se realiza venciendo una resistencia, las tres porciones se activan en razón directa con la carga a vencer, siendo la interna la que actúa de motor principal del movimiento.

La eficacia de este músculo varía en función del grado de flexión en la que esté la articulación del codo, siendo óptima cuando existe una ligera flexión del codo (20°-30°). No obstante, al ser un músculo biarticular (porción larga del tríceps) la posición de la articulación del hombro también juega un papel importante en la eficacia de este músculo, de forma que la fuerza del tríceps es máxima cuando el hombro está en antepulsión o cuando se asocia los movimientos de extensión del codo y la retropulsión (gesto de lanzamiento de la jabalina).

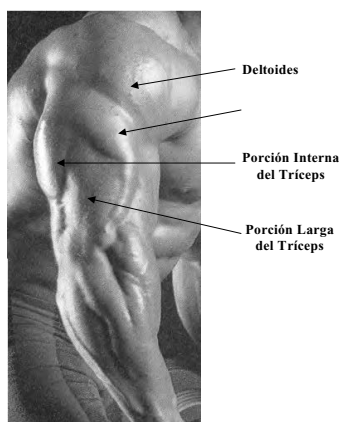


Figura 6.18. Músculos extensores del codo

Ejercicios específicos de la musculatura extensora del codo.

- **Nivel-I:** Fondos de brazos; Flexiones de brazos desde sentados; Extensiones a dos manos sobre la cabeza; Extensiones a dos manos tumbados (rompecabezas); Press de pie con mancuernas.
- **Nivel-II:** Press de banca con agarre estrecho; Fondos en paralelas; Extensiones a una mano sobre la cabeza; Extensiones de codo (pronación c/s cuerda) en polea alta; Extensiones de codo (supinación) en polea alta.
- **Nivel-III:** Patadas traseras; Dominadas en barra; Pullover-tríceps; Press o tirones de agarre invertido.

No debemos olvidar que la mayor parte de los ejercicios de pectoral implican también al tríceps, por lo que también podrían estar incluidos en este apartado.

	Porción Lateral	Porción Larga	Porción media
Extensiones tumbados con EZ	X	XX	X
Extensiones tumbados con EZ declinado	XX	XX	XX
Extensiones tumbados con mancuernas	XX	X	X
Préss francés con mancuerna y agarre neutro	XX	XX	XX
Préss francés con mancuerna y rotación	XX	XX	XX
Préss francés con mancuerna y agarre inverso	X	XX	X
Press francés sentado	XX	X	XX
Tirones de polea alta en pronación	XX	XX	X
Tirones de polea alta con cuerda	XX	XX	XX
Tirones de polea alta con agarre estrecho (V)	XX	XX	XX
Tirones de polea alta a una mano (pronación)	XX	X	XX
Tirones de polea alta a una mano (inverso)	XX	XX	XX
Tiron de polea alta desde rodillas (sobre la cabeza)	XX	X	X
Press de banca (agarre estrecho)	XX	X	XX
Fondos en barra	XX	XX	XX
Fondos desde sentado	XX	XX	XX
Pullover	X	XX	X
Patadas traseras	XX	X	XX
Press militar tras nuca	XX		XX
Press de pie con mancuernas	X		X

Tabla 6.2. Participación de las distintas porciones del tríceps en los distintos ejercicios.

Fondos de brazos.

Los ejercicios de fondos de brazos tienen dos componentes fundamentales: la primera y esencial es la extensión del codo, conseguida mediante la contracción del tríceps; la segunda es una flexión del hombro lograda gracias al pectoral mayor y otros músculos agonistas, como la porción anterior del deltoides. Ambas deben coincidir en el tiempo.

Por lo tanto, cuando consideremos las dos variantes de estos ejercicios, debemos tener en cuenta la situación biomecánica de las articulaciones glenohumeral y del codo para poder entender cuando será necesaria la mayor o menor participación de grupo muscular. No es lo mismo que tengamos que mover la totalidad de nuestro peso (suspendidos), como cuando realizamos fondos en barras paralelas, que cuando lo realizamos con algún punto de apoyo adicional, o cuando lo realizamos con cargas añadidas. La participación muscular deberá adaptarse a cada circunstancia.

Otro punto esencial, bajo nuestro punto de vista, en estos ejercicios que solicitan tan intensamente los músculos que afectan a la articulación del codo, es lo referido al plano de movimiento del antebrazo. Recordemos que la articulación del codo posee un eje de movimiento transversal que condiciona los movimientos de flexión y extensión. Durante la flexión, la cara anterior del antebrazo se acerca a la cara exterior del brazo, pero desplazándose ligeramente hacia la línea media corporal, teniendo que permanecer el brazo colgando a ambos lados del tronco mientras el codo se orienta dorsalmente. Es decir, no debemos rotar el brazo ya que, como sabemos, al realizar tal gesto podemos cambiar el componente

mecánico de la cabeza del tríceps, la cuál se inserta en la escápula, disminuyendo su eficacia.

- **Fondos de brazos en el suelo.** Es un excelente ejercicio que implica las tres porciones del músculo tríceps. Suelen hacerse con apoyo de las manos y las puntas de los pies, pero también se pueden hacer con apoyo de rodillas o modificando la altura del apoyo de los pies con el objetivo de disminuir o dificultar el movimiento. En una ejecución estándar el cuerpo debe mantenerse en línea recta desde la cabeza hasta el apoyo inferior mediante una contracción mantenida de los músculos extensores del tronco y del cuádriceps. Los codos permanecen pegados al cuerpo y las manos orientadas al frente, ya que de esta manera podremos localizar mejor el gesto en el tríceps. Cuando las manos se apoyan juntas en el suelo se centra aún más el esfuerzo sobre el tríceps. De lo contrario, si separamos los codos desplazándolos hacia fuera se desplazará el trabajo hacia los pectorales. Cuando en la primera variante, codos pegados al tronco, la anchura del apoyo de las manos disminuye respecto a los hombros, lograremos localizar aún más el tríceps. Una variante para los deportes de fuerza velocidad son los *fondos pliométricos* en las que la intensidad puede verse incrementada partiendo de alturas moderadas (figura 6.19).



Figura 6.19. Fondos de brazos en el suelo

- **Fondos de tríceps desde sentados.** Consisten en hacer flexo-extensiones de brazos con las palmas de la mano apoyadas (apoyo en pronación) sobre el borde de un banco a la altura de la cadera y por detrás de la proyección vertical de los hombros. (Figura 6.20).

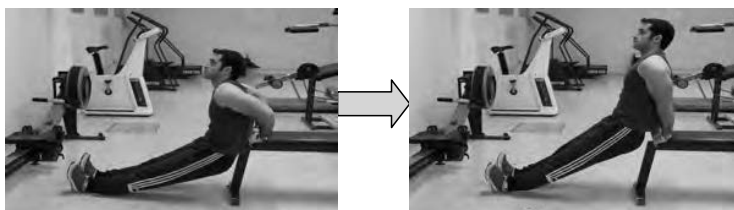


Figura 6.20. Fondos de brazos desde sentados

- **Fondos en barras paralelas** (figura 6.21). Son ejercicios de gran intensidad que actúan de forma muy importante, no sólo sobre el tríceps, sino sobre el deltoides y el pectoral. Lo ideal es que las manos se apoyen sobre unas barras que tengan una separación ligeramente superior a la

anchura de los hombros, procurando que los codos apunten hacia atrás evitando un excesivo desplazamiento del tronco hacia delante para no desplazar demasiado la tensión hacia la articulación del hombro.

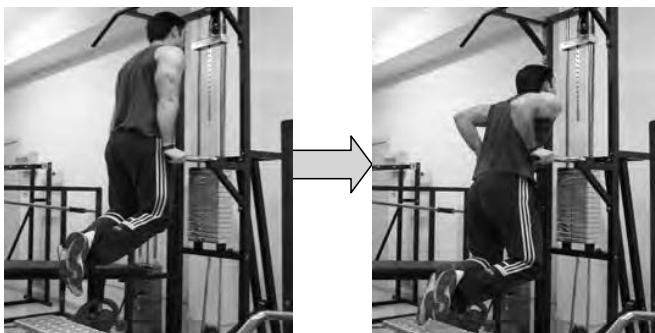


Figura 6.21. Fondos de brazos en paralelas

- **Extensiones del codo desde acostados** (press francés en banco horizontal). Consiste en mover una carga (barra, mancuerna o cualquier otro peso) mediante una extensión del codo mientras el sujeto está tumbado y los brazos perpendiculares al cuerpo. La forma más correcta de ejecutar el movimiento es manteniendo los brazos ligeramente inclinados hacia atrás (hacia la cabeza). Lo ideal sería utilizar una barra-Z con agarre prono y una separación pequeña de las manos (15-20 centímetros). Para poder localizar al máximo el trabajo de tríceps es necesario mantener los codos empujando hacia el interior. Si queremos evitar que los codos se desplacen de forma no deseada en el plano anteroposterior debemos concentrar la atención en que la barra debe descender sobre la parte superior de la cabeza y no hacia la barbilla.

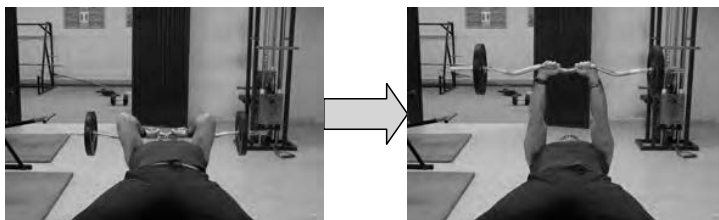


Figura 6.22. Extensiones de codos desde acostados

- **Extensiones verticales del codo desde sentados.** Una variante muy común es la de realizar extensiones del codo mientras el deportista permanece sentado. En este movimiento, el deportista parte con los brazos (uno ó dos) extendidos por encima de la cabeza, bajando las manos por detrás de la cabeza, llevando la carga hacia la espalda mientras se evita que los codos se desplacen.

- **Extensiones de codo (tirones) con polea alta** (figura 6.23). Muchos entrenadores piensan que los movimientos con poleas son los más eficaces para fortalecer y aislar el tríceps, ya que al permitir numerosas variedades de agarres (cuerda, barra plana, barra en ángulo, etc.,) o trabajar a una o dos manos, la posibilidad de localizar una parte concreta del músculo se ve favorecida. Normalmente las extensiones de codo en polea alta consisten en contracciones de tríceps con ligera inclinación del tronco y agarre en pronación (barra angular), lo que favorece la acción de la porción externa de ese músculo. Cuando el movimiento se hace con agarre en cuerda se puede incidir sobre las diferentes partes del tríceps, ya que al no tener un extremo fijo y necesitar girar las muñecas al final del recorrido, se puede desplazar los puntos o zonas del músculo sobre los que recae la tensión.



Figura 6.23. Extensiones de codo en polea alta

La clave del aislamiento muscular en el tríceps es que el codo se mantenga en una posición estable a lo largo de todo el recorrido. Si dejamos que los codos se adelanten antes de hacer el tirón, es muy probable que cuando comencemos la extensión del antebrazo influyamos en exceso a la musculatura de la articulación del hombro. Otro problema técnico se encuentra en la acción del tronco, ya que es corriente que los sujetos poco experimentados utilicen desplazamientos del mismo para vencer la inercia, lo que elimina la focalización del trabajo sobre el tríceps.

- **Tirones invertidos de polea alta (una y dos manos).** Consisten en hacer extensiones del codo mediante una tracción invertido de la polea (agarre en supinación), para lo que el deportista se debe colocar frente a la polea a unos 60 centímetros, con ligera inclinación del tronco (20º-30º).
- **Extensiones de brazos por encima de la cabeza (press francés vertical)** (figura 6.24). Se puede realizar tanto con barras y agarre estrecho, como con mancuernas a una o dos manos, es otro de los ejercicios más utilizados para el tríceps. Para ello es necesario que los brazos permanezcan con los codos moderadamente cerrados, orientados hacia arriba y perpendiculares al suelo durante todo el recorrido de extensión o de bajada controlada de la carga por detrás de la cabeza. Es recomendable terminar el movimiento con un bloqueo intenso del codo, ya que de esta forma se produce una contracción

máxima del tríceps. Cuando queramos enfatizar el trabajo de la cabeza lateral del tríceps debemos hacer una supinación durante la última parte del recorrido de extensión.

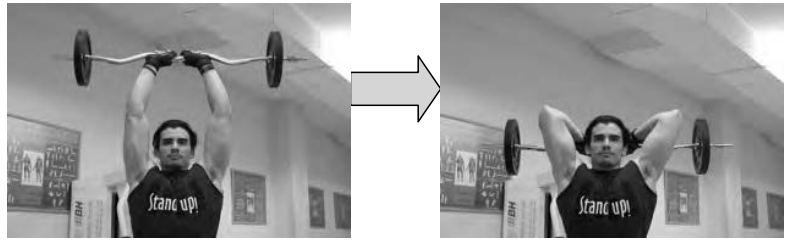


Figura 6.24. Press francés vertical

- **Patadas traseras con mancuernas o poleas** (figura 6.25). Consisten en hacer extensiones de brazos cuando el cuerpo está inclinado (45° a 60°) y el brazo pegado al tronco. Para lograr una posición más cómoda durante la ejecución es recomendable que el deportista se apoye en un banco con la mano y la rodilla contraria apoyada en el mismo.

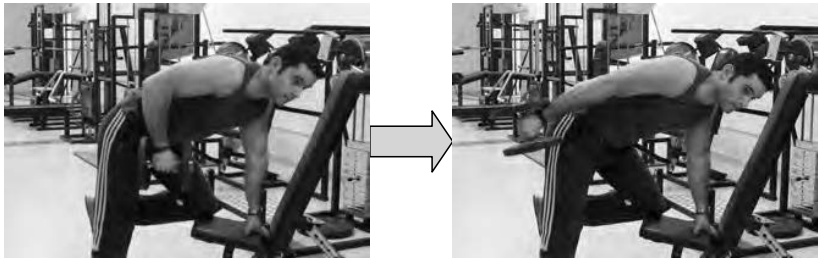


Figura 6.25. Patadas traseras con mancuernas

- **Press de banca con agarre estrecho.** Como en todos los ejercicios de press de banca, el tríceps es solicitado de forma muy importante, ya que son movimientos que permiten mover grandes cargas. Cuando el press de banca se realiza con agarre estrecho (15-20 centímetros), con agarre falso y sólo en los últimos grados de extensión, estaremos poniendo el acento en la parte externa del tríceps. Para poder incidir sobre la cabeza posterior del tríceps, especialmente en la parte superior que se pasa por debajo del deltoides, es recomendable el *press de banca con agarre inverso* igual que ocurre cuando hacemos tirones de poleas con agarre invertido.

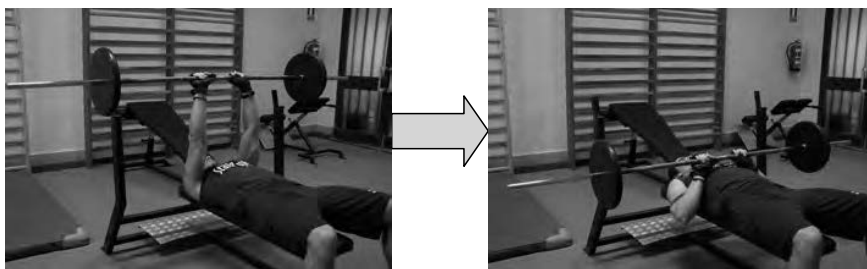


Figura 6.26. Press banca con agarre estrecho

- **Pullovers:** Ver músculos pectorales.

6.7. Las acciones de prono-supinación del miembro superior.

El movimiento de **prono-supinación** del miembro superior corresponde al de rotación del antebrazo en torno a su eje longitudinal, por lo que precisan de la asociación mecánica de la articulación radio-cubital superior (perteneciente al complejo articular del codo) y la radiocubital inferior (perteneciente a la muñeca y asociada a la articulación radiocarpiana). Para independizar la **pronosupinación del antebrazo**, se debe doblar el codo (90°) y pegarse al cuerpo, ya que de lo contrario podemos producir, también, una rotación del brazo en el hombro. En el primer caso la supinación máxima es de unos 90° frente a los 80°-95° de la pronación.

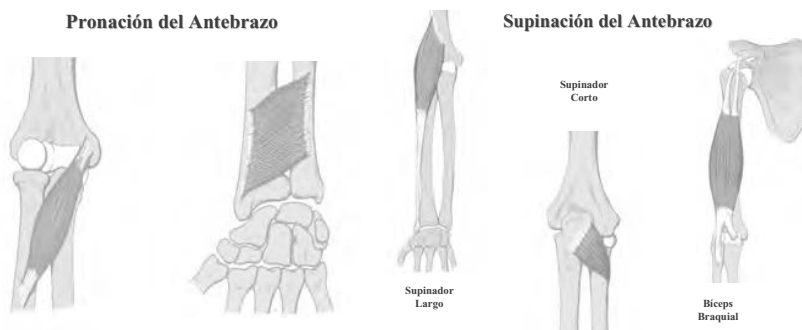


Figura 6.27. La pronación y la supinación del antebrazo. Músculos que intervienen

Aquellos deportes donde se utilizan móviles (balonmano, voleibol, etc.), implementos con los que conducirlos (tenis, hockey, etc.) o incluso en algunos lanzamientos como la jabalina, se ejecutan permanentemente este tipo de movimientos en los que asocian por un lado el desarrollo de grandes niveles de fuerza con el control fino de los movimientos. En gran parte de los movimientos de musculación la pronosupinación marca en gran medida la orientación y efecto de los ejercicios, ya que determinan el tipo de agarre (supinación, pronación y neutro). Partiendo de la posición ya mencionada de flexión del codo de 90° y brazo pegado al cuerpo, la **supinación** se realiza cuando la palma de la mano se

dirige hacia arriba con el pulgar hacia fuera, la *pronación* se realiza cuando la palma de la mano mira hacia abajo con el pulgar hacia dentro y la posición neutra o intermedia viene determinada por la posición del pulgar hacia arriba y la palma de la mano mirando al cuerpo.

Recuerdo anatómico.

- **Supinación.** Los músculos encargados de la supinación son el *bíceps braquial* y el *supinador corto*. El bíceps, insertado al nivel de la tuberosidad bicipital, actúa por tracción sobre el radio y alcanza su máxima eficacia cuando la articulación del codo está en 90° mientras que el supinador largo se encuentra enrollado alrededor del cuello del radio y actúa girándolo hacia la vertiente externa del antebrazo.
- **Pronación.** Los músculos pronadores son el *pronador cuadrado* y el *pronador redondo*. El primero se encuentra enrollado alrededor del extremo inferior del cúbito, actuando en la acción de desenrollar el cúbito respecto al radio, mientras que el pronador cuadrado actúa por tracción.

Ejercicios específicos de la musculatura motora de la pronosupinación.

Para realizar este ejercicio se emplean las mancuernas o las barras con agarre rotatorio, aunque esta segunda posibilidad es muy difícil de encontrar. Cuando trabajamos con las *mancuernas* se debe tener mucho cuidado con la velocidad de ejecución, ya que para conseguir buenos resultados en la fuerza, es necesario utilizar cargas muy elevadas o palancas más largas, haciendo que la tensión sobre una musculatura tan débil pueda ser causa de lesión. Para reducir el brazo de palanca y poder incrementar la carga se puede realizar el agarre en una posición más cercana a la resistencia, tal y como podemos observar en la figura 6.28.



Figura 6.28. Resistencia próxima al agarre en los ejercicios de pronosupinación

6.8. Articulación de la muñeca.

En muchas técnicas deportivas, la eficacia viene condicionada por la interacción de los movimientos descritos con anterioridad (antebrazo) y los que están supeditados a la articulación de la muñeca. La muñeca es la articulación del miembro superior que une antebrazo y mano y permite movimientos en un eje transversal (flexión y extensión) y otro anteroposterior (abducción y aducción). Además es posible realizar movimientos complejos de circunducción.

En la *flexión* la región palmar de la mano se acerca a la cara anterior del antebrazo por acción del flexor radial del carpo, el palmar largo, el flexor cubital del carpo y los flexores superficiales y profundos de los dedos.

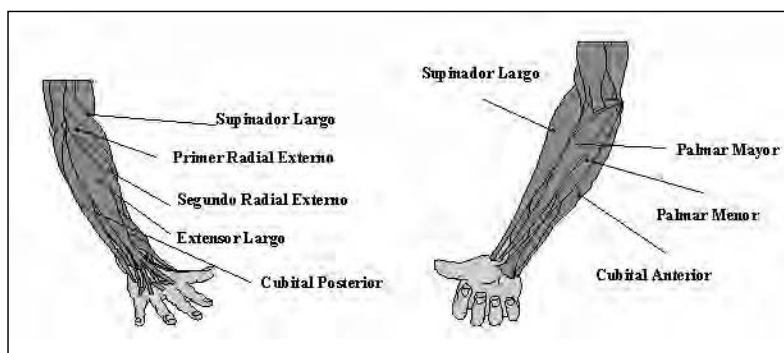


Figura 6.29. Musculatura que interviene en la articulación de la muñeca

En el movimiento de *extensión* la región dorsal de la mano se acerca a la cara posterior del antebrazo. En la *aducción* el dedo meñique se acerca al brazo, mientras que en la *abducción* es el pulgar el que se acerca al antebrazo. Desde el punto de vista del entrenamiento de la fuerza nos interesa, tanto los movimientos que corresponden al eje transversal y al eje anteroposterior, como a la combinación de los mismos (circunducción) ya que suelen aparecer con cierta frecuencia (deportes de raqueta).

Ejercicios específicos de la muñeca.

Los movimientos básicos son los **curl de muñecas**, los cuales se dividen en curl normal (antebrazo en supinación) para trabajar la flexión de la muñeca y el curl invertido (pronación del antebrazo) para el trabajo de extensión.

- En el **curl invertido** trabajan el extensor cubital del carpo y los radiales, actuando sinérgicamente con los flexores de los dedos, para lo que el sujeto debe apoyar los antebrazos en un banco o sobre las rodillas con las palmas hacia el suelo agarrando una barra o mancuerna. Es recomendable no utilizar grandes cargas que impidan la ejecución de todo el rango de movimiento disponible hasta elevar las manos por encima de la muñeca.
- El **curl normal** (figura 6.30) de muñeca se corresponde con el movimiento de flexión de esta articulación o flexión palmar y se ejecuta de forma igual que el anterior ejercicio, pero con la variante de las manos, ya que están orientadas hacia arriba por la supinación del antebrazo. Actúan como músculos principales el cubital anterior y los palmares de forma sinérgica con los flexores de los dedos. Una alternativa al curl normal son los movimientos de **enrollamiento** (toallas, cuerdas, etc.)

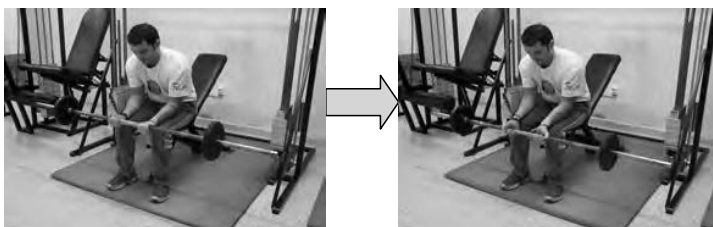


Figura 6.30. Curl normal de muñecas

- Las **rotaciones** con mancuernas son movimientos de circunducción que engloba los dos movimientos ya descritos en los que el instrumento utilizado (mancuerna) describe un cono. Durante la ejecución del ejercicio el antebrazo debe permanecer estable, sin pronación ni supinación. Como en el caso de los curl también se debe tener cuidado con las cargas y la velocidad de ejecución.
- La **aducción (flexión cubital)** se realiza por acción del cubital anterior y cubital posterior acercando el meñique al codo, mientras que en la **abducción (flexión radial)** trabajan fundamentalmente el palmar mayor y los radiales, acercando el pulgar al antebrazo. Su desarrollo se realiza con mancuernas y con los brazos pegados al cuerpo en cualquier otra posición del rango de movimiento que lleva al brazo a elevarse hasta quedar paralelo al suelo (anteversión).



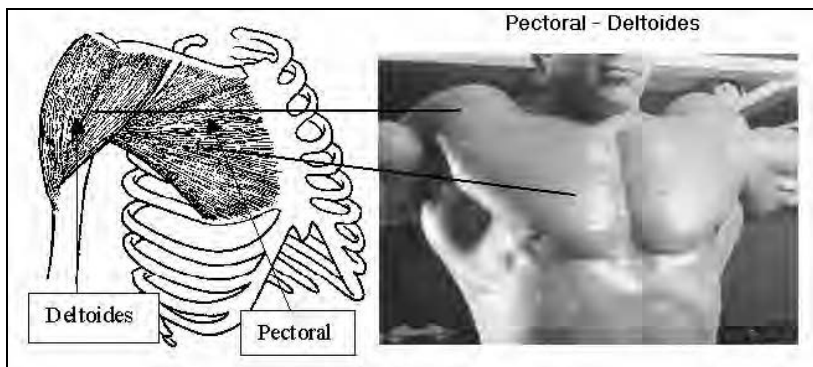
Figura 6.31. Músculos que intervienen en la flexión del radial y del cubital.

6.9. Musculatura del tórax.

La musculatura del pecho (tórax) está compuesta por un grupo de músculos (pectoral mayor, pectoral menor, subclavio, serrato anterior, intercostales, subcostales y transversos del tórax) de los que destacan dos de ellos, pectoral mayor y pectoral menor, que implican la actuación de los miembros superiores, ya

que su función principal es atraer el húmero hacia el cuerpo. Dependiendo del segmento de estos músculos (pectoral mayor) que participa en el movimiento, el pectoral puede tirar del brazo hacia arriba del pecho, directamente hacia él o hacia la parte baja del pecho. Sin embargo, casi siempre que trabajamos este grupo muscular hacemos participar a la musculatura del hombro.

Figura 6.32. Musculatura del tórax: Pectorales y Deltoides.



Debido a las numerosas inserciones del pectoral mayor en el tórax, la única forma de poder desarrollarlo de forma global es realizando movimientos en diferentes angulaciones y trayectorias. Esto lo podemos lograr con aparatos como las barras, las mancuernas, las poleas (altas o bajas), las máquinas (Hammer y Peck-Dek) o las barras paralelas. Las barras permiten levantar grandes cargas pero no localizan con precisión los músculos pectorales. Las mancuernas son mejores a la hora de trabajar de forma aislada el pectoral ya que pueden ser acercadas en la parte final del movimiento, algo que es imposible hacer con la barra al quedar fijos los agarres. Contrariamente a lo que muchos deportistas y técnicos piensan, la participación del pectoral no es demasiado intensa en todo el desplazamiento ya que no se ofrece resistencia en la parte final del movimiento donde las mancuernas están perpendiculares al suelo. Para paliar este problema podemos hacer uso de las poleas ya que en estos aparatos siempre nos encontraremos con la tracción que hacen las resistencias a vencer. Las máquinas, tanto la Hammer como las contractoras (peck-dek), son excelentes para la localización de este grupo muscular.

Recuerdo anatómico.

- **Pectoral mayor (*pectoralis major*).** La parte anterior del tórax está cubierta por una serie de estructuras musculares que organizadas en diferentes capas envuelven cada hemisferio lateral de forma simétrica. En el plano superficial encontramos los músculos *pectorales mayores*, los cuales ocupan una gran superficie que abarca prácticamente la totalidad de la cara frontal de la cavidad torácica. Este músculo es grande y de forma más o menos aplanada en función de su nivel de hipertrofia, que asemeja a un triángulo cuya base se apoya sobre el esternón, la clavícula y su vértice en el húmero. Esta configuración hace

posible que las fibras del músculo pectoral mayor sean capaces de generar elevadas tensiones que tendrán como puntos de apoyo, de forma indiferente, las extremidades superiores o la cara frontal de la cavidad torácica. La fuerza que pueda desarrollar este músculo vendrá determinada fundamentalmente por la hipertrofia de sus estructuras, especialmente por el grosor del componente contráctil. Pero no solamente este aspecto es el único que es capaz de regular los niveles máximos de tensión de esta musculatura, ya que la longitud en la que trabajen sus fibras y el ángulo que forman las mismas también son importantes y están condicionadas por la posición que ocupa la extremidad superior durante el movimiento.

A la hora de describir anatómicamente el músculo pectoral mayor, podemos diferenciar tres porciones que poseen diferentes orígenes pero que tienen una inserción común en el húmero: clavicular, esternocostal y abdominal. Las fibras procedentes de estas tres porciones, convergen hacia la extremidad superior para terminar formando un tendón plano (5 a 7,5 cm de ancho) que se inserta en la cresta del tubérculo mayor del húmero, situándose a lo largo del borde externo de la correa bicipital, de tal forma que desciende caudalmente desde la tuberosidad de este hueso hasta casi el punto donde se inserta el deltoides. En la fotografía siguiente, correspondiente al lado izquierdo de la pared torácica de un cadáver, se destacan cada una de las porciones mencionadas, las cuales vienen señaladas con los números 1, 2 y 3 respectivamente.

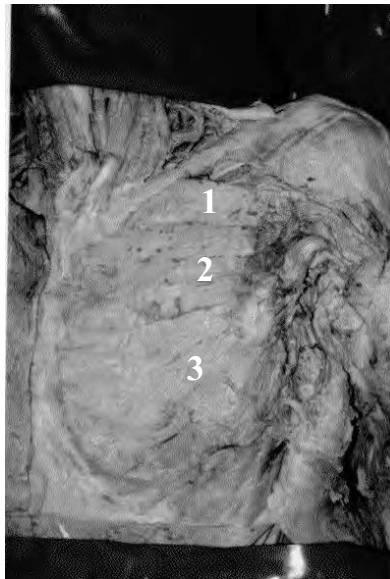


Figura 6.33. Capa superficial (vista anterior) de la caja torácica. Clavicular (1), esternocostal (2) y abdominal (3)

La zona clavicular toma su origen en los dos tercios internos del borde inferior de la clavícula ocupando un espacio de entre seis a siete centímetros de longitud, de forma que las fibras discurren en dirección descendente, de la zona medial a la lateral del hemitórax, hasta alcanzar el tendón de inserción que conecta en el húmero. En cualquier caso se debe tener en cuenta la posibilidad de que pueden existir diferencias significativas entre sujetos respecto a la configuración y trayectoria de las fibras. En este sentido cabe destacar que algunos sujetos presentan una porción clavicular claramente diferenciada y separada del resto de haces que constituyen el músculo pectoral (porción esternocostal y abdominal). En estos casos existe un pequeño espacio intermuscular entre la parte clavicular y la esternocostal, la cual es más evidente en las inserciones que están más próximas a la zona proximal del esternón. Así mismo, conviene recordar que el tendón del pectoral en su inserción sobre el húmero presenta una estructura peculiar que se hace necesario describir con algo más de detalle. Los haces de fibras que vienen de la región clavicular se insertan en una zona más externa de la corredera bicipital mientras que el resto de fibras lo hacen más interna del absceso anatómico antes mencionado. Esto le da al tendón una forma de U muy peculiar que determina algunos de sus aspectos funcionales.

En la porción esternocostal las fibras que se originan en la zona craneal del esternón tienen una trayectoria ligeramente descendente, seguidamente las fibras que se originan caudalmente respecto al manubrio del esternón toman una trayectoria horizontal, y las fibras que se originan en la zona comprendida desde 3ª y 4ª cartílago esternocostal hasta la aponeurosis abdominal tienen un recorrido ascendente y siempre de lo medial a lo lateral, para alcanzar el tendón de inserción del pectoral. Todas las fibras llegan al tendón común de inserción del pectoral mayor. El amplio origen provoca que no todas las fibras no están orientadas en la misma dirección, y en su mayoría no son paralelas entre si, como sí lo son las fibras del pectoral clavicular. Para aumentar aún más la complejidad del músculo unas fibras parten de su origen con una dirección y cuando llegan a la inserción ya han girado sobre si mismas, como si quisieran evitar insertarse cerca de su origen, para hacerlo más cranealmente, a continuación trataremos de describir como están dispuestas estas fibras.

Este importante músculo flexiona, aproxima (aducción del brazo), a la vez que en algunos movimientos actúa en cooperación (sinergista) con otros músculos (dorsal ancho y trapecio). La porción clavicular del pectoral mayor, en su acción sobre la extremidad superior, actúa como flexor primario, y como abductor secundario siempre y cuando el brazo ya este abducido hasta la horizontal. La porción esternal actúa como extensora relativa y aductora primaria, lo hace también como flexor relativo y se contrae excéntricamente en los movimientos de extensión, impidiendo una hiperextensión de la articulación glenohumeral, como ocurre por ejemplo durante la fase de descenso que tiene lugar al ejecutar fondos (flexión de la articulación del codo y extensión de la articulación glenohumeral) con apoyo de manos sobre barras paralelas.

En movimientos de extensión horizontal del brazo, donde la acción se ejecuta empleando cargas externas, como por ejemplo cuando se ejecuta un press de banca, las porciones clavicular y esternal del músculo pectoral se opondrán al movimiento mediante una contracción excéntrica. Durante los movimientos descendentes del brazo (extensión relativa) contra resistencia, como lo que ocurre cuando una persona realiza el ejercicio de pull-over o en la fase acuática de una

brazada de crol, es importante la participación del pectoral, sobre todo de su porción esternal. Por este motivo, se dice también del pectoral que es un músculo “trepador” ya que si fijamos la extremidad superior a un agarre en un punto elevado respecto al tronco, el pectoral al contraerse tirará del tronco y participará activamente en la elevación del cuerpo.

- **Pectoral menor (*pectoralis minor*).** Es un músculo menos importante desde el punto de vista deportivo. Se sitúa debajo del pectoral mayor y se extienden, a través de cuatro digitaciones) desde las costillas (3ª a 5ª) hasta la apófisis coracoides de la escápula. Cuando el músculo actúa con el tórax fijo, tira de la apófisis coracoides, hacia abajo y hacia dentro, bajando el hombro. Cuando el hombro está inmovilizado, el pectoral menor tira de las costillas, facilitando la dilatación del tórax.

Ejercicios específicos para los pectorales.

Los ejercicios más comunes para el desarrollo del pectoral son el press con barra o mancuernas (press de banca), los tirones cruzados en poleas, máquina contractora y las aperturas (vuelos), aunque existe una enorme variedad de movimientos que pueden ser eficaces para esta musculatura.

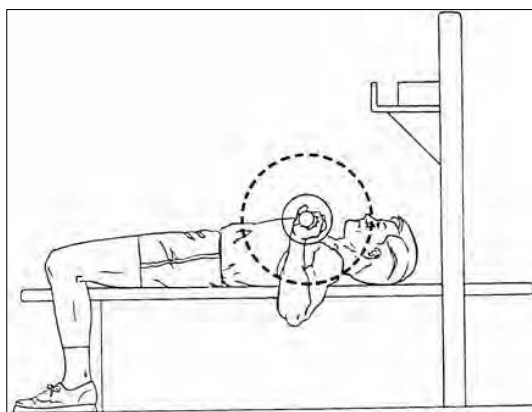
- **Nivel-I:** Máquina contractora (peck-dek); Press en máquina; Fondos de brazos.
 - **Nivel-II:** Press de banca horizontal con agarre cerrado (horizontal e inclinada); Press con mancuerna (horizontal e inclinada); Máquina Hammer (empuje declinado); Aperturas con mancuerna (horizontal e inclinada); Pull-Over (brazos doblados); Fondos en barras paralelas.
 - **Nivel-III:** Press de banca horizontal con agarre abierto (horizontal, inclinada y declinado); Press declinado (estrecho); Cruces de polea alta; Pull-Over (brazos estirados); Press circular descendente; Sentados cruces de polea baja.
- **El pectoral o press de banca con barra** (extensión frontal de brazos, con barra o mancuernas sobre banco plano). Merece la pena tratar de forma individualizada y pormenorizada el ejercicio de press de banca por ser un movimiento clásico en cualquier protocolo de musculación siendo utilizado por todo tipo de deportistas para desarrollar la parte superior del tronco y los extensores de los brazos. Sin embargo es uno de los ejercicios más controvertidos a la hora de encontrar soluciones específicas y bien diferenciadas para el desarrollo y formación de los pectorales. Bien ejecutado es un ejercicio que puede desarrollar el pectoral (mayor y menor), parte anterior del deltoides y tríceps, aunque si no se es capaz de focalizar los esfuerzos, se puede convertir en un movimiento en el que sólo ejercen tensión los músculos del hombro y de los brazos, dejando a los pectorales la función de fijación de las extremidades superiores.

Madsen y McLaughlin (1984) y McLaughlin y Madsen (1984) encontraron que las diferencias de ejecución entre atletas experimentados y

debutantes, además de en el peso levantado, se manifiestan en que los primeros realizan un movimiento descendente de la barra más lento y en que descienden la barra a un punto más alejado de la apófisis xifoides del esternon (más hacia el estómago).

Agarre ancho vs agarre estrecho. El efecto que tiene el ejercicio varía según la separación de las manos. La anchura del agarre y la posición de la barra sobre el cuerpo, determinan el grado de participación de los diferentes músculos que intervienen. Cuanto más separadas estén las manos, mayor será la participación del pectoral, mientras que cuando las cerramos el movimiento se localiza en el tríceps y la parte central del pectoral. Aún así, no es fácil localizar correctamente la acción del movimiento sobre la musculatura pectoral, lo que se logra bajando los hombros y llevándolos atrás. Para conseguirlo debemos tratar de elevar la parte central del tórax (esternón). No debemos confundir activación muscular con porcentaje de participación de diferentes estructuras musculares en la ejecución de un movimiento.

Sin embargo, de los datos del estudio de Hernández et al. (sin publicar) se observa que cuando comparamos los movimientos con diferente tipo de agarre (abierto vs cerrado) se registra una mayor activación EMG del músculo pectoral cuando las manos tienen una menor separación pese a que en los dos casos en que se utilizaba era el mismo peso a superar. En nuestro caso debemos recordar que el criterio seguido para determinar el agarre cerrado fue la resultante de la siguiente ecuación: Distancia de agarre $\approx 30 * ((\text{envergadura} - \text{longitud interior de la barra}) + \text{diámetro biacromial}) / 100$. Esto significa que es un 30% menor que el otro tipo de agarre.



Pectoral o press de banca

Resultados similares obtienen Barnett et al. (1995), quienes encuentran que existe una tendencia a activar más la porción clavicular con los agarres cerrados, no registrando en su estudio diferencias significativas para la porción esternocostal. Esto se puede interpretar como una mayor sollicitación de esta musculatura cuando el agarre es cerrado, lo que contradice con lo que dicen algunos entrenadores y que es referenciado por Mc Laughlin¹³ (1984), el cuál defiende que existe una mayor implicación del pectoral con agarres anchos.

Pero no debemos equivocarnos en el análisis de estos resultados. El trabajo total realizado por todos los grupos musculares que intervienen en este movimiento es mayor cuando el recorrido sobre el que trabajan es más grande y el tiempo de aplicación de la fuerza es mayor. En este sentido, el tríceps braquial intervendrá en un mayor rango de movimiento de la articulación del codo cuando el agarre durante el press de banca es más estrecho, a la vez que el pectoral mayor tendrá que hacer un mayor trabajo al realizar el húmero un mayor recorrido angular. Esto no tiene que interpretarse igual que el grado de activación eléctrica que tiene dicha musculatura.

Estas variantes también afectarán a los procesos adaptativos del pectoral, de manera que con las manos muy separadas el músculo se hipertrofia pero se construye “largo”, mientras que para conseguir que se redondee es necesario cerrar los brazos y hacer movimientos cortos e incompletos. Algunas alternativas o variantes son las direcciones en que baja la barra: al centro del pecho, sobre su parte alta o sobre su parte inferior.

Ejecución tradicional vs patrones de especificidad. En muchas ocasiones, como ocurre en el caso del entrenamiento de deportistas como los lanzadores, los tenistas, los lanzadores de béisbol o los jugadores de pelota, no conviene aislar tanto el pectoral sino que conviene provocar la participación de todos los grupos musculares, incluso alterando el orden de intervención,. En deportistas poco entrenados se recomienda que coloquen los pies a la altura de la cadera, con las caderas y rodillas flexionadas, para evitar que durante el empuje se pueda arquear el tronco. Sin embargo, en algunos deportes como el lanzamiento de peso, disco o jabalina no hacen necesario dicha precaución, ya que para estas modalidades resulta fundamental la posición denominada de “*arco tenso*”. Cuando se utilizan cargas muy elevadas no es recomendable mantener los pies cruzados en el aire por encima de la altura de la cadera, ya que en caso de fallo o desequilibrio, podrían existir riesgos para la integridad de los deportistas. No obstante, los practicantes de powerlifting realizan el movimiento arqueando la espalda tratando de acentuar la participación de la parte inferior de los pectorales que son más potentes y permiten mover mayores cargas.



Ejemplos de sollicitación del pectoral mayor en posición de arco tenso

Press horizontal vs press inclinado vs press declinado. El press en plano inclinado (45° a 60°) localiza el movimiento en la parte superior del pectoral, mientras que el declinado (-15° a -20°) lo hace sobre la inferior. El ejercicio consiste en hacer flexiones de brazos mientras el sujeto se encuentra tumbado sobre un banco que se encuentra ligeramente inclinado o declinado. Durante el descenso de la carga (barra o mancuerna) se deben mantener los hombros arqueados (atrasados) y la espalda perfectamente pegada al banco, terminando el movimiento cuando la carga llega a la altura del pecho. Barnett et al. (1995) examinaron la respuesta EMG de las porciones clavicular y esternal del pectoral durante el press horizontal, inclinado o declinado, observando que la porción clavicular fue activada más durante la horizontal que cuando el movimiento se hace declinado, mientras que la porción esternal fue menos activada durante el movimiento declinado, que en los otros dos tipos de press de banca. Hernández et al. (pendiente de publicación) señalan que la respuesta EMG de las porciones clavicular, esternocostal, permite observar que en el press inclinado (33° con agarre ancho, la porción clavicular se activa un 3% más ($p<0,001$) que cuando se ejecuta el mismo movimiento en posición horizontal. Este comportamiento coincide con los datos aportados por Barnett et al. (1995), quienes encontraron diferencias significativas de activación en la porción clavicular cuando el movimiento se realizaba en una posición inclinada (40°) y se compara con la horizontal. En la muestra estudiada por Hernández et al. (s.p.) se encontró una menor actividad de la porción esternocostal, donde el registro EMG solo alcanzó valores del 71% ($p<0,001$) con respecto al press horizontal, confirmando que la porción esternocostal durante la ejecución de un press inclinado (33°), se activa muy por debajo de los valores registrados en el press de banca horizontal, lo que también está de acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio de Barnett et al. (1995).

Cuando Hernández et al. (s.p.) comparan sus datos con los que aporta el trabajo de Barnett et al. (1995), comprueban que existen comportamientos diferentes cuando se analizan los movimientos de press inclinado respecto al declinado. Los autores antes citados encuentran que la porción esternocostal se activa menos intensamente cuando el sujeto está declinado, lo que no coincide con los datos de nuestro estudio, donde se observa un registro mucho más intenso de esta porción del pectoral ($p<0,001$) cuando se ejecuta este movimiento. Sin embargo, es necesario señalar que el ángulo que tiene el tronco es diferente para estos dos estudios ($+40^{\circ}$ vs -18° vs $+33^{\circ}$ a -9°) lo que podría ser una de las causas que conduzcan a comportamientos diferentes. Esta posibilidad también la señalan Shelvin et al. (1969) y Basmajian y De Luca (1974), quienes apuntan una diferencia en el reclutamiento de unidades motoras en músculos multifuncionales dependiendo de la dirección en la que se realiza un esfuerzo, por lo que hay que señalar las inclinaciones distintas usadas en estos estudios, dando lugar a trabajos musculares realizados en diferentes planos. En otro estudio de similares características realizado por Glass y Armstrong (1997) se puede observar cómo esa mayor activación de la porción esternocostal durante el press declinado que se había descrito en nuestro estudio también se repite con la muestra utilizada por estos autores, donde la posición del cuerpo es más parecida ($+30^{\circ}$ a 15°).

Press circular con barra. Es otro ejercicio interesante, aunque poco utilizado, para el desarrollo del pectoral, ya que al iniciarse el movimiento dejando caer los brazos hacia la cabeza el músculo trabaja en excéntrico y permite buenas hipertrofias de la parte alta del pectoral. El inconveniente está en que las cargas

que se pueden utilizar son inferiores a las que se pueden emplear en las otras variantes de press con barra.

Press de banca con mancuernas. Es un movimiento excelente para el pectoral en el que el deportista hace el mismo movimiento descrito anteriormente pero terminando con una aproximación de los brazos hacia la línea media del tronco y con la posibilidad de variar ligeramente el recorrido gracias a los agarres que permiten las mancuernas. Es un ejercicio que desarrolla el pectoral en su totalidad pero con especial incidencia en la parte inferior y exterior.

Los sujetos debutantes deben prestar gran atención a la ejecución técnica del movimiento definiendo con exactitud el recorrido del movimiento que se quiere ejecutar. En el movimiento clásico, el sujeto debe colocarse de pie o sentado, con las manos pegadas al cuerpo. Posteriormente, se flexionarán los brazos 90° a la vez que giran los mismos hasta colocar las palmas de las manos hacia abajo. Seguidamente, se separarán los brazos (aducción) hasta que los codos queden a la altura de los hombros. A partir de esta posición, se dirigirán los codos hacia atrás, tratando de acercarlos entre sí lo máximo posible, como si trataran de tocarse por detrás de la espalda, extendiendo al máximo la musculatura pectoral. La acción final consistirá en estirar los brazos, tratando de cruzar los antebrazos delante del pecho, momento en el que los músculos pectorales se han contraído al máximo.

Press de banca inclinado con mancuernas. Es una de las variantes más utilizadas para el desarrollo del pectoral buscando los mismos objetivos que el press de banca con barra en la misma posición, es decir, el desarrollo más intenso de la parte superior del pectoral y la parte anterior del deltoides.

Tracciones cruzadas con poleas altas. Son un excelente ejercicio para potenciar el pectoral mayor (parte inferior), el dorsal ancho y el redondo mayor. Para su realización el deportista trata de realizar una aducción con los brazos casi estirados (ligera flexión del codo) hasta que las manos se tocan o se cruzan levemente. El ejercicio comienza con los brazos abiertos y preferentemente retrasados al máximo para activar bien el pectoral. Lo más habitual es comenzar con las manos ligeramente por encima de los hombros evitando, durante la tracción, flexionar demasiado los codos y/o inclinar excesivamente el tronco adelante eliminando tensión en los brazos.

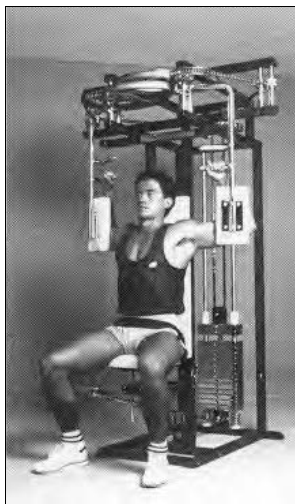
Tracciones cruzadas con polea baja. Es una variante del anterior en el que el deportista realiza un cruce de brazos tirando de unas poleas bajas. Se puede ejecutar sentados en un banco o de pie con el tronco inclinado.

Aperturas. Son ejercicios de abducción de brazos con mancuernas mientras el deportista permanece en tendido supino sobre un banco. En el inicio del movimiento, el deportista tiene que estar con los brazos extendidos arriba y las piernas en el suelo o sobre el banco, según las necesidades del deporte que se quiera entrenar. El descenso se debe hacer controlado y en línea con la posición de partida, de forma que según descienden los brazos se realice una ligera flexión del codo para evitar una tensión excesiva en ese punto de la estructura del miembro superior. Durante el movimiento las manos pueden estar en la posición anatómica o en ligera pronación.

Al igual que ocurre con el press de banca, las aperturas con mancuernas también pueden utilizarse para localizar el trabajo en diferentes zonas del pectoral mayor (clavicular, esterno-costal y abdominal). Para ello, el deportista debe modificar la posición del tronco respecto a la horizontal (inclinado, declina u horizontal). Así, con una ligera inclinación (15° a 30°) se ejercita con intensidad la parte alta y exterior del pecho. Demasiada inclinación desplaza la intensidad del esfuerzo hacia la parte anterior del deltoides. Es un ejercicio que, con independencia de la posición que se adopte, permite aislar perfectamente el trabajo del músculo pectoral mayor sin necesidad de emplear cargas muy elevadas.

Aperturas circulares ascendentes con mancuernas. Es un ejercicio que potencia y desarrolla la parte baja del pectoral mayor. El movimiento se inicia con una apertura tradicional, pero una vez terminada la apertura los brazos se aproximan al cuerpo y posteriormente se cruzan frente al cuerpo al tiempo que se desplazan hacia la posición de partida.

Máquina contractora (peck-dek). Permite cerrar los brazos en un plano frontal mientras el sujeto está sentado (en ocasiones también le dan este nombre a la acción contraria, es decir, separar brazos contra una resistencia en un plano frontal). El movimiento puede ser efectuado con flexión o extensión de codos. En ambos casos se puede localizar muy bien el trabajo de pectoral, especialmente si tratamos de hundir el pecho cuando tiramos de los brazos.



Ejercicio de pectoral con máquina contractora

Máquinas Hammer. Otra máquina interesante para el trabajo de pectoral son las denominadas máquinas Hammer, las cuales permiten empujar una resistencia, mientras el deportista está sentado, en una trayectoria muy similar a la que realizaría el sujeto en press de banca declinado.

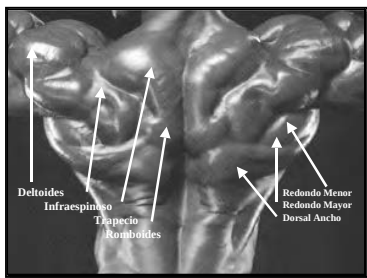
Pullovers. Los pullovers, tanto el tradicional de brazos doblados, como el pullover-tríceps, y fundamentalmente el pullover con brazos estirados, son ejercicios que activan intensamente los pectorales (mayor y menor). Este movimiento estira el pectoral, tracciona la caja torácica y fortalece el hombro sin necesidad de utilizar cargas excesivamente elevadas. Un detalle importante a cuidar en este movimiento es la separación de los agarres, ya que si se cierra demasiado se pierde eficacia sobre el tórax, mientras que cuando se separan excesivamente las manos es necesario disponer de un deltoides y una articulación del hombro suficientemente entrenados.

Fondos de brazos (flexiones) en barras paralelas. En realidad, los fondos en barras paralelas son un ejercicio más apropiado para el fortalecimiento de la musculatura extensora del codo (tríceps) y el deltoides, pero también puede resultar interesante para el trabajo de los pectorales, especialmente el menor (cuando procuramos trabajar adelantando los hombros). Así, cuando hacemos el movimiento con agarre neutro (palmas de las manos mirándose) e inclinamos ligeramente los hombros hacia delante estaremos solicitando la parte alta del pectoral, mientras que cuando en la misma posición aumentamos la separación de las manos aumentaremos el trabajo de estabilización del pectoral e implicaremos algo más a los dorsales y a los redondos.

6.10. Musculatura superficial de la parte superior y media de la región dorsal.

En esta zona del tronco se encuentran importantes estructuras musculares como el trapecio, angular del omóplato, dorsal ancho, redondos, romboides, supraespinosos, infraespinoso y serratos, que le dan ese aspecto de ala a la espalda y que, por otro lado, son fundamentales en la movilidad del hombro.

Músculos de la Espalda



Abducción:

- Supraespinoso.
- Deltoides.
- Trapecio.

Elevación Hombro:

- Trapecio (P. Alta).
- Angular Omóplato.

Anteposición Hombro:

- Pectoral Mayor.
- Pectoral Menor.

Retroposición Hombro:

- Romboides.
- Trapecio (P. Media).
- Dorsal Ancho.

Rotación Interna:

- Pectoral.
- Redondo Mayor.
- Dorsal Ancho.

Rotación Externa:

- Infraespinoso.
- Redondo Menor.

Anteulsión-Flexión:

- Deltoides.
- Coracobraquial.
- Pectoral (P. Clavicular).
- Trapecio (P. Descendente).
- Serratos.
- Bíceps (desde retropulsión).

Retropulsión-Extensión:

- Redondo Mayor.
- Redondo Menor.
- Deltoides (P. Posterior).
- Dorsal Ancho.

Aproximación de la Escápula:

- Romboides.
- Trapecio (P. Media).
- Dorsal Ancho.

Recuerdo anatómico:

Los músculos del dorso son muy numerosos y suelen ser organizados en dos grupos: los *superficiales* y los *profundos*. Los **músculos superficiales** (trapecio, dorsal ancho, redondo mayor, redondo menor, elevador de la escápula, romboides y serratos) se insertan en el cinturón del miembro superior y del húmero. Los **músculos profundos** se pueden organizar en tres grupos: músculos autóctonos del dorso (*longísimus dorsi* y *espinalis*), músculos profundos del dorso de origen ventral (elevadores de las costillas) y el tracto medial (semiespinoso, rotatorios del dorso e interespinales). profundos no serán tratados en este apartado, ya que unos tienen acción directa sobre la caja torácica y otros lo hacen sobre la columna vertebral, razón por la que trataremos aquellas estructuras que afectan a la movilidad del brazo en relación con la articulación del hombro y a las que afectan a la movilidad de las escápulas (angular del omóplato, trapecios y romboides).

El **supraespinoso** es un músculo que tiene su origen, por debajo del trapecio, en la fosa supraespinosa orientando sus fibras hacia fuera y adelante, rodeando la articulación escapulohumeral, para finalizar con un tendón que se inserta en la parte superior del troquiter (húmero). Su función es la de elevación del brazo (abducción) en acción sinérgica con el deltoides, aunque también provoca una ligera rotación interna de este miembro.

El **infraespinoso** va desde la fosa infraespinosa de la escápula (borde interno) hasta el troquiter (parte superior del húmero), lo que le permite traccionar del brazo aproximándolo al cuerpo (en realidad apretando la cabeza del húmero sobre la correspondiente superficie articular) y facilitando la rotación externa del húmero.

El **dorsal ancho** (*latissimus dorsi*), es otro de los grandes músculos de la parte posterior de la espalda y el más grande de todos. Se sitúa en la parte posterior e inferior del tronco en forma de chal caído sobre la espalda. De forma triangular, tiene su origen en las apófisis espinosas de las seis últimas vértebras dorsales y las cinco lumbares, la cresta del sacro, el tercio posterior de la cresta ilíaca y la cara externa de las tres o cuatro últimas costillas. Su vientre muscular se inserta en la corredera bicipital del húmero donde llega tras pasar por debajo del redondo mayor. Cuando el húmero está separado del cuerpo el dorsal ancho produce la extensión y la aproximación del brazo. Fijando los brazos, el dorsal tira de las costillas cooperando en la inspiración y atrayendo el tronco hacia los brazos de forma similar a como ocurre en muchos elementos gimnásticos de barra o paralelas.

El **redondo mayor** va desde el borde axilar de la escápula, cerca del ángulo inferior, hasta la corredera bicipital del húmero. Cuando se contrae fijando el húmero tira del borde inferior de la escápula hacia el exterior, mientras que si se fija la escápula ayuda a acercar el húmero hacia el cuerpo. Su inserción en el húmero hace que provoque la rotación interna del brazo.

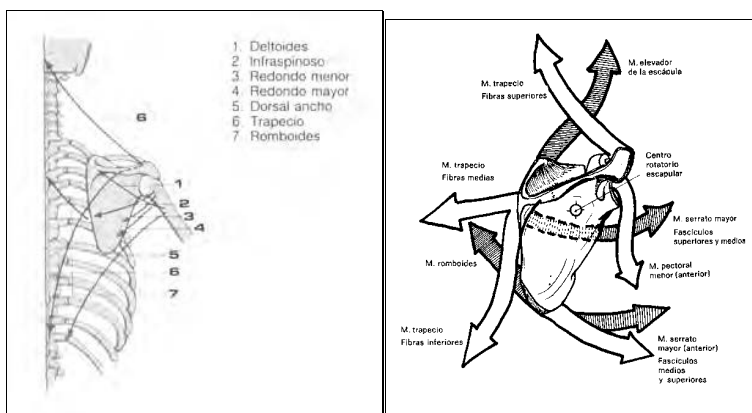
El **redondo menor** está ligeramente por encima del músculo anterior, insertándose en el borde axilar de la escápula y en la cara inferior del troquiter (parte superior del húmero). Como el anterior participa en la retroversión del brazo. Ayuda en la rotación externa del brazo.

El **romboidees** (*rhomboideus major et minor*) es un músculo ancho y delgado que, situado por debajo del trapecio, se inserta en las apófisis espinosas de la séptima cervical y las cuatro primeras vértebras dorsales y se fijan en el omóplato. Cuando se contrae lleva el omóplato hacia dentro (columna vertebral) y hacia arriba. Siendo antagonista del serrato, actúa conjuntamente con él fijando el borde medial de la escápula al tórax.

Los **serratos** (menor posterior y superior) se encuentran por debajo del romboidees que arranca de la parte inferior del ligamento cervical y las apófisis espinosas de la séptima cervical y tres primeras vértebras dorsales y termina insertándose en la segunda a quinta costilla. Su función principal es la de elevador de las costillas.

El **trapecio** (*trapezius*) se inserta en la parte posterior de la cabeza y en la columna cervical y dorsal. Los fascículos van a insertarse de manera tal que los que vienen de la parte superior lo hacen en el tercio externo del borde posterior de la clavícula, los fascículos medios se insertan en el borde posterior del acromion y el borde posterior de la espina del omóplato, mientras que los fascículos inferiores se insertan en una aponeurosis triangular situada en la escápula. Los fascículos descendentes producen la aproximación del hombro al tiempo que lo elevan, los intermedios aproximan los hombros y los ascendentes bajan la espina rotando hacia arriba la escápula. Al contraerse las fibras superiores del músculo elevan el cinturón escápulo-clavicular y la escápula gira por su ángulo inferior en dirección lateral (elevación frontal de los brazos por encima de la cabeza). Las fibras inferiores hacen descender la escápula.

El **angular del omóplato** que va desde la parte superior del omóplato a la apófisis transversa del atlas y las 3-4 vértebras siguientes, puntos que le permiten la inclinación lateral de la cabeza o tira del omóplato hacia arriba y adentro.

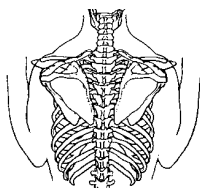


Trayectoria de las acciones de los principales músculos superficiales de la espalda (izquierda) y balance muscular de los músculos que actúan sobre la escápula (derecha). Tomados de Fucci-Benigni (1988) y Hernández-Corvo (1989).

Los **romboides** son en realidad cuatro estructuras musculares (romboides mayor y romboides menor) anchas y planas que se encuentran a cada lado de la columna vertebral. Se van desde las apofisis espinosas de las últimas vértebras cervicales y primeras dorsales hasta la cara interna del omóplato (desde la espina al ángulo inferior del omóplato). Su función es la de traccionar de los omóplatos hacia la línea media de la espalda, a la vez que puede ayudar a la vasculación de este hueso llevando la parte superior hacia el interior.

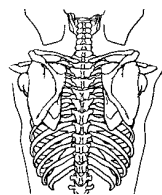
Movimientos del omóplato. No se puede abandonar este breve recuerdo anatómico sin hacer mención de algunos de los movimientos en los que se ven implicadas las escápulas y cuáles son los músculos que participan en el mismo. El giro de las escápulas hacia el interior se produce cuando se inicia un movimiento de press vertical, el giro hacia el exterior se produce al final de ese mismo movimiento cuando la barra está sobre la cabeza y los brazos estirados. La aproximación de la escápula se da en los ejercicios de remo.

Rotación hacia abajo
(acercamiento parte baja de los omóplatos)



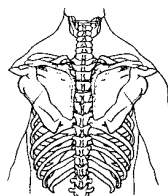
Romboides
Elevador de la escápula

Rotación hacia arriba
(separación parte baja de los omóplatos)



Serrato anterior
Trapezio superior
Trapezio inferior

Retracción de los omóplatos
(acercamiento de los omóplatos)



Romboides
Trapezio superior
Trapezio medio
Trapezio inferior

Ejercicios específicos:

La **parte alta de la espalda** se suele trabajar junto con los músculos de los hombros, los brazos y, pocas veces, con los de la parte media e inferior de la espalda. Hacen referencia fundamental a los deltoides (parte posterior) trapecios (parte alta y media), suraespinosos, infraespinosos, subescapulares y romboides. Los ejercicios más específicos, por niveles de dificultad, para poder muscular la parte alta de la espalda son los siguientes, aunque la explicación de cada uno de ellos se hará parcialmente en este apartado y el resto en la correspondiente a la musculatura del hombro y de la parte media de la espalda:

- **Nivel-I:** Encogimientos de hombros con mancuernas; Aperturas-Elevaciones de mancuernas (iniciar con aperturas tumbadas).

- **Nivel-II:** Tirones de arrancada; Tirones laterales de polea baja a una mano desde rodillas; Tirones de polea alta con codos en abducción; Inclinaciones laterales de la cabeza contra resistencia.
- **Nivel-III:** Tirones de cargada; Aperturas invertidas con mancuernas (pájaros); Dominadas en barra tras nuca y agarre medio; Tirones tras nuca de polea alta; Tirones cruzados de polea baja; Extensiones del cuello con resistencia desde tumbado lateral.

Encogimientos. Los *encogimientos* (contracción) de *hombros* consisten en una contracción de la parte alta del trapecio, con ayuda de los romboides y del elevador de la escápula, intentando elevar los hombros mientras se mantienen los brazos colgando. Para incrementar la intensidad del ejercicio se pueden utilizar sobrecargas en las manos.

Aperturas invertidas (pájaros). Los "*Pájaros*" (aperturas invertidas con brazos en línea con los hombros y tronco doblado) son acciones en las que los brazos hacen una retroversión en abducción de aproximadamente 90°. Desarrollan fundamentalmente deltoides (parte media y posterior), trapecio, infraespinoso, redondos y romboides.

Para la **parte media de la espalda** hablaremos de ejercicios que trabajan especialmente los dorsales, redondos mayores y menores y los serratos. Con tal fin podemos proponer los siguientes:

- **Nivel-I:** Dominadas en plano inclinado; Remo a una mano con mancuerna; Jalones con barra; Tirones de polea alta y barra angular; Tirones de polea alta y barra plana.
- **Nivel-II:** Remo polea baja; Dominadas con agarre abierto; Tirones de polea alta con agarre neutro (V/cuerda); Tirones de polea baja y agarre-V.
- **Nivel-III:** Remo en barra-T; Pullovers; Peso Muerto; Cargadas; Tirones de polea alta con barra plana y brazos estirados; Remo con barra.

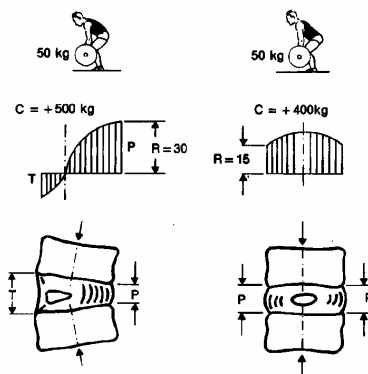
Brink (1999) señala que para poder trabajar correctamente toda la parte media de la espalda es necesario realizar acciones que estimulen todas las secciones de tan amplia estructura muscular. Para lograrlo, plantea la utilización de lo que él denomina *ejercicios de fuerza* (fuerza) *ejercicios de amplitud* y *ejercicios de grosor y densidad*, clasificación que a nuestro entender creemos muy acertada y que permite una correcta taxonomía de los principales ejercicios que se utilizan para muscular esta importante estructura muscular.

Ejercicios de fuerza.

Peso muerto (preferentemente con apoyo abierto estilo powerlifting). Entre los deportistas de mayor nivel el movimiento más fuerte que se suele utilizar para fortalecer la espalda es el denominado "peso muerto". El ejercicio consiste, en levantar una barra desde el suelo (u otro punto más elevado) con los brazos en extensión y ligera hiperextensión del tronco. Esta dinámica le convierte en un ejercicio de orientación múltiple que afectará a muchos grupos musculares de piernas, tronco y brazos. El agarre más utilizado es el mixto, es decir, una mano

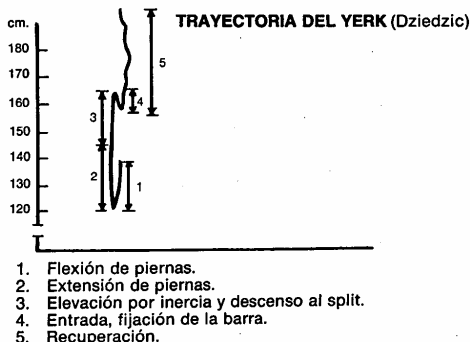
agarra en forma palmar y otra en forma dorsal, aunque se pueden utilizar otros agarres que afectan a la posición del tronco en el momento del tirón. Hay dos variantes principales, la primera es aquella en la que el peso muerto se hace con las *rodillas flexionadas* (estilo convencional) y, por lo tanto, centrando el movimiento en la musculatura extensora de las piernas, de la cadera, parte media de la espalda y, en ocasiones (estilo sumo o powerlifting con brazos por dentro), los abductores, mientras que la segunda variante se realiza con las *rodillas extendidas* y centrando el esfuerzo en isquiotibiales y musculatura de la espalda, además de provocar una importante extensión de la parte posterior de la pierna. La segunda variante sólo debe hacerla deportistas que posean una potente y desarrollada musculatura estabilizadora de la columna vertebral. Debido a que en éste movimiento se pueden desplazar cargas muy pesadas, una recomendación metodológica muy extendida es la de no usar cargas superiores al 80% del máximo potencial, especialmente en la variante de piernas estiradas.

En ocasiones algunos deportistas utilizan agarres simétricos buscando un mayor fortalecimiento de la musculatura de los antebrazos (lucha canaria, escaladores y gimnastas), especialmente con el agarre en supinación (palma de la mano al frente). Luchadores, lanzadores de martillo, remeros, etc., son algunos de los muchos deportistas que se pueden beneficiar de la utilización de éste ejercicio. Pero pese a su enorme utilidad para fortalecer la parte baja de la espalda, resulta un ejercicio extremadamente peligroso si su ejecución técnica no es la correcta. Frecuentemente es fuente de numerosas y molestas lesiones al nivel de la columna vertebral, discos intervertebrales, ligamentos y músculos que rodean esta estructura. Llama la atención que en este ejercicio los discos intervertebrales de la región lumbar sufren una enorme compresión en la parte anterior de los discos intervertebrales y una gran tracción de los ligamentos posteriores si no se mantiene una postura correcta en su ejecución. Mínimas variaciones en la colocación de la carga respecto al cuerpo, durante la ejecución del tirón, se traducen en significativas modificaciones en los niveles de presión y tracción que sufren las estructuras vertebrales e intervertebrales del ejecutante.



Valores de presión y tracción que sufren los discos intervertebrales, según la posición que tome la espalda, cuando se levante un peso de 50 kg. Donde P: presión, T: tracción; R: presión sobre el borde del disco intervertebral (kg/cm^2); C: carga sobre el disco intervertebral (kg) (Krayembuhl et al.-1967)

Cargada. La cargada es la primera parte del ejercicio de dos tiempo (clean and jerk). Al movimiento completo se le suelen adjudicar 5 fases incluidas en tres periodos. El movimiento se inicia, partiendo de la posición final de cargada, con una semiflexión de piernas que termina en una acción de frenada y rápida extensión que se coordina con la extensión de los brazos. Al final de esta acción, se inicia el desliz-recuperación (en tijera o en sentadilla) que lleva al cuerpo a situarse bajo la barra que se encuentra con los brazos extendidos. En el movimiento actúan activamente el deltoides, especialmente en su parte anterior, la parte alta del pectoral, los serratos, el trapecio, elevador de la escápula, el romboides y el tríceps.



Los defectos más importantes de este movimiento son los siguientes (Román-1992):

- Posición inicial: pies paralelos; pies muy separados; pies muy unidos; codos debajo de la barra; cabeza hacia delante; la barra se apoya en los brazos; no hacer recaer el apoyo en los talones.
- Semiflexión: No tener el tronco recto; flexión demasiado profunda; flexión muy corta; descenso muy brusco; bajar los codos; apoyo en la punta de los pies; cadera hacia delante; trabajo anticipado de brazos; no llevar los codos a los lados; saque lento; cerrar rodillas y pies.
- Desliz: Muy profundo; desplazamiento saltando al frente; saltando atrás; mirar al peso; no contraerse al final del movimiento.

Variantes del clean and jerk. Deportes como la halterofilia o el power-lifting incluyen en su propio desarrollo ejercicios de uso común en el entrenamiento de fuerza de la mayoría de las modalidades deportivas. Para su entrenamiento se emplean tres tipos de ejercicios: los especiales, los auxiliares y los movimientos propios de competición.

Ejercicios especiales.

En este apartado, señalaremos las variantes más comunes de los ejercicios específicos de halterofilia englobados en el apartado de especiales.

	Variantes de clin o cargada	Cargada Cargada colgante Cargada desde soportes Hiper cargada
DOS TIEMPOS	Variante de cargada sin semidesliz	Cargada con semidesliz Cargada con semidesliz colgante Cargada con semidesliz desde soportes Hipercargada con semidesliz Hipercargada sin desliz
	Variantes de jerk o envión	Jerk desde soportes Empuje de jerk Semienvión
	Variantes de tirón de cargada	Tirón de cargada sin flexión Tirón de cargada con flexión Tirón de cargada colgante Tirón de cargada desde soportes Hipertirón de cargada

DOS TIEMPOS	Cargada con semidesliz y envión desde el pecho
	Cargada con semidesliz y cuclilla
	Cargada con semidesliz, empuje de envión y fuerza
	Cargada y empuje de envión
	Cargada colgada y empuje de envión
	Cargada colgante y envión desde el pecho
	Cargada desde soportes y envión desde el pecho
	Cargada desde soportes con semidesliz y empuje de envión
	Cargada desde soportes y envión desde el pecho
	Cargada desde soportes con semidesliz y empuje de envión
	Cargada desde soportes y empuje de envión
	Tirón de cargada y cargada
	Cuclilla por delante y envión desde el pecho
	Cuclilla y envión por detrás
	Hipercargada y empuje de envión

Ejercicios de amplitud.

Dominadas. Las dominadas son movimientos excelentes para incrementar la amplitud de los músculos de la espalda. Consisten en partir de una posición en la que el cuerpo del deportista cuelga de los brazos, tirando de ellos para subir el cuerpo hasta colocar los hombros a la altura de los agarres, o mejor, tratando de llevar el pecho hacia el punto medio de los agarres provocando una intensa retracción escapular y concentrando el trabajo en los dorsales.

Es un ejercicio muy complejo en el que actúan flexores de los brazos (supinador largo, braquial anterior y bíceps braquial), pectorales (parte acromial y esternal), redondo mayor, romboides, parte baja del trapecio, parte posterior del deltoides y, especialmente, dorsales. Para concentrar el trabajo en los dorsales y redondo se debe buscar un agarre relativamente ancho, especialmente cuando el agarre se realiza por la parte superior con la palma de la mano y no con los dedos. Sin embargo, no podemos olvidar que en las dominadas con agarre ancho se producen dos efectos que dificultan la correcta estimulación de los dorsales: Por un lado, los bíceps deben colocarse de forma que permitan la tracción, es decir, en supinación o en posición neutra y, en segundo lugar, la separación no debe ser muy superior a lo que representa la anchura de los hombros (se puede hablar de agarre medio).

Cuando la tracción se hace llevando los codos hacia el tronco se solicitan principalmente las fibras externas del dorsal ancho trabajando y moldeando la espalda en longitud. Cuando los codos se llevan atrás se acentúa el trabajo en el romboide, parte media del trapecio y en las fibras superiores y centrales del dorsal ancho. Si cambiamos el agarre y ponemos las manos en supinación, se incrementa el trabajo del bíceps. Variantes del ejercicio de dominadas son las *tras nuca*, las de *agarre cerrado* y las de *agarre paralelo*. La primera de ellas crea una sobrecarga importante sobre el romboide, trapecio y la parte posterior del deltoides. Con el agarre cerrado se sobrecarga el bíceps y la parte inferior de los dorsales. Las dominadas con agarre paralelo se trabajan los músculos señalados en la variante anterior. Las dominadas con agarre en V permiten incidir más sobre los hombros.

De mayor intensidad son otras dos variantes de dominada como son la *dominada a una mano* y la *dominada con sobrecarga*. Lógicamente, estos movimientos obligan al deportista a un trabajo más intenso para poder elevar el cuerpo hasta la posición deseada. En el primer caso por ser la musculatura de un solo brazo la que realiza el trabajo, aunque debemos de tener presente que obliga a trabajar fundamentalmente con la musculatura flexora del brazo. La segunda variante se debe reservar a aquellos deportistas que tengan un elevado nivel de fuerza.

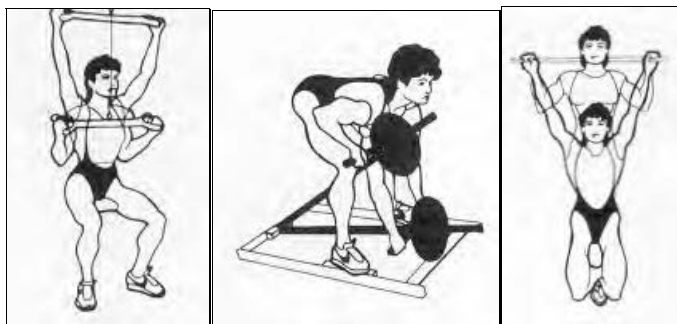
Por el contrario, cuando deseemos utilizar este movimiento en jóvenes deportistas u en aquellos que tienen bajo nivel de fuerza y/o un peso elevado, lo aconsejable es trabajar con los pies en apoyo (plano inclinado), con ayudas externas o con la utilización de máquinas especiales para este movimiento.

Tirones de polea alta. Son ejercicios importantes para desarrollar la parte media de la espalda. En ellos el deportista se sienta frente a una polea, fija los muslos e inclina ligeramente el tronco hacia atrás antes de realizar el tirón. El ejercicio más corriente es llevar la barra hasta el pecho. Para una correcta ejecución es importante que durante todo el tirón el tronco no cambie de posición para así poder concentrar el trabajo en dorsales, redondos, trapecio, romboides y parte posterior del deltoides.

- **Tirones de polea alta con barra angular.** Cuando se tira de una barra angular (barra tradicional con extremos doblados) hacia la parte del pecho se acentúa el trabajo de la parte posterior del deltoides y la zona media de los trapecios.

- **Tirones de polea alta con barra recta y agarre en pronación.** Un agarre prono (dorso de la mano hacia el cuerpo) se acentúa el trabajo de los dorsales en su parte alta y media. Si el agarre es neutro se estimulan los dorsales en su parte media
- **Tirones de polea alta con barra plana y agarre en pronación.** Cuando colocamos las manos al revés (el dorso hacia la polea) se hipertrofia el dorsal ancho, pero no se ensancha, de forma similar a lo que ocurría en el caso anterior.
- **Tirones de polea alta con barra plana y brazos estirados.** Es un movimiento excelente para hacer crecer los dorsales y ensancharlos (alas). Es importante tirar de la barra con la palma de la mano sin agarrarla (agarre falso), ya que de esa forma podremos centrar el esfuerzo sobre los dorsales y no en los brazos.
- **Tirones de polea alta con cuerda y agarre neutro.** Cuando se utilizan cuerdas o tiras para el agarre y la tracción de la polea, lo que obliga a un agarre neutro (palmas mirándose entre sí), se tiende a bajar los codos al tirar, lo que traslada el movimiento a la parte baja de los dorsales y disminuyendo la acción sobre el trapecio y los romboides.
- **Tirones de polea alta tras nuca.** Consiste en realizar el mismo movimiento pero tirando del agarre por detrás de la cabeza (**tirón tras nuca**). Es un excelente ejercicio para desarrollar la espalda en anchura, ya que localiza más el trabajo en los dorsales y los redondos mayores. Como al llevar la barra tras la nuca se necesita realizar una retropulsión de la cintura escapular, o una aducción de la escápula, también sirve para trabajar el trapecio (superior y medio), el romboides y del angular de la escápula. También debe ser considerado como un ejercicio ideal para las adaptaciones musculares previas a las tracciones en barra.

Ejercicios: Tirón Frontales de Polea Alta, Remo en Barra-T y Dominadas



Fuente; Weider y Kennedy.

Pullover. Mención aparte merece el ejercicio denominado pullover que consiste en tirar de una carga (barra o mancuerna) desde la parte posterior de la cabeza hasta la parte frontal del cuerpo. Es un ejercicio que trata de abrir la caja

torácica y desarrolla, principalmente, pectoral mayor, dorsal (fase inicial) y deltoides anterior. Si se termina con extensión de brazos, también desarrolla tríceps. En el inicio del movimiento debemos tratar de colocar los brazos lo más atrás posible, cuidando de no dañar la articulación del hombro. Para poder mantener un rango de movimiento lo suficientemente grande cuando se usan cargas elevadas, es recomendable hacer el movimiento con una ayuda.

Los **pullovers con barra y brazos estirados**, además de permitir expandir la caja torácica y desarrollar los serratos, constituyen un excelente ejercicio para el desarrollo de los dorsales y, por lo tanto, del volumen y la forma de la espalda, pese a las bajas cargas relativas que suelen requerir.

Ejercicios de grosor y densidad.

Los ejercicios de remo. Reciben este nombre por ser movimientos muy similares a los que realiza una persona cuando rema en una embarcación.

- **Remo con polea sentado.** Es un ejercicio en el que el ejecutante, sentado y con las rodillas ligeramente flexionadas para eliminar tensión en la parte inferior de la espalda, tira de una polea baja con las manos próximas al cuerpo y en dirección a la parte superior del abdomen. Desde el punto de vista de la espalda, este movimiento afecta al dorsal ancho (parte media), redondo mayor (tercio final de la contracción positiva), parte inferior del trapecio, romboides y parte posterior del deltoides. Durante la ejecución del movimiento se puede hacer manteniendo la posición del tronco fija o haciendo un ligero balanceo del tronco (10°), aunque evitando que sea demasiado pronunciado para no hacer daño en la espalda y columna vertebral. A partir del primer tirón la espalda debe mantenerse rígida durante todo el movimiento, lo que de forma indirecta afecta a los músculos responsabilizados de la extensión del tronco. Una excesiva inclinación hacia delante (45°-60°) la columna dorsal se arquea más de lo deseado, comprimiendo los discos intervertebrales hasta el punto de poder ser dañados. Es conveniente iniciar el movimiento con una completa extensión de los brazos y un arqueamiento del tronco, proyectando los hombros hacia delante, permite conseguir un buen estiramiento de los músculos dorsales. Al final del gesto es necesario llevar los codos y los hombros detrás del plano frontal del tronco, ya que de esta manera pondremos en acción la parte alta de los dorsales, los romboides y el trapecio medio. Cuando en el remo de polea baja con agarre en V tiramos de la mano hacia la cintura, inicialmente solicitamos el pectoral, la parte baja de los dorsales y los redondos. Al final, cuando tratamos de llevar los codos por detrás del plano frontal del cuerpo, activamos la parte media de los dorsales, el romboides y el trapecio. En esta última fase se debe tirar de los hombros atrás y de los codos hasta el final del recorrido mientras se mantiene una contracción isométrica de los erectores espinales.
- **Remo con barra-T.** La barra-T es una barra de pesas, que se apoya en el suelo por uno de sus extremos, a la que se ajusta un agarre transversal en forma de palanca perpendicular a la barra. El remo con barra-T es un movimiento similar al anterior, aunque en esta ocasión el deportista se encuentra de pie, con ligera flexión de piernas y tronco

inclinado (flexión de 45º), lo que hace que también trabaje la musculatura lumbar.

- **Remo con barra.** Es un movimiento muy similar al anterior y, por lo tanto, con los mismos beneficios musculares. La diferencia estriba en que la barra no se apoya en el suelo por ninguno de sus extremos, sino que cuelga libre de los brazos y se sostiene sobre las manos mientras es traccionada. Una variante que trata de eliminar la acción de la musculatura lumbar y, por lo tanto, descargar la parte baja de la espalda es realizar el mismo movimiento de remo con barra pero apoyando el pecho sobre un *banco oblicuo* especialmente diseñado para este movimiento. Lo recomendable en este ejercicio es realizar la tracción hacia la parte media del tórax (diafragma) con agarre equivalente a la anchura de los hombros
- **Remo con mancuerna a una mano.** Es un movimiento que al igual que los anteriores permite desarrollar la parte posterior de los deltoides, los redondos y la parte media de los dorsales. La posición del codo, más separado del cuerpo o más pegada, determina la acción específica del movimiento, de forma que cuanto mayor sea la separación, mayor será la acción sobre dorsales y cuanto más cerrada mejor se trabajarán los redondos. Una variante de este ejercicio puede ser el mismo movimiento de remo pero realizando la tracción sobre una **polea baja**, el cuál permite localizar mejor sobre el dorsal ancho.
- **Tirones de polea con agarre en V y en supinación.** Si en este ejercicio se cierra el agarre, especialmente con agarre cerrado en V, el efecto es de hipertrofia del dorsal ancho pero no lo ensancha, por lo que se incrementa el grosor en el tercio medio de la espalda y los serratos.

Otros movimientos para fortalecer la espalda.

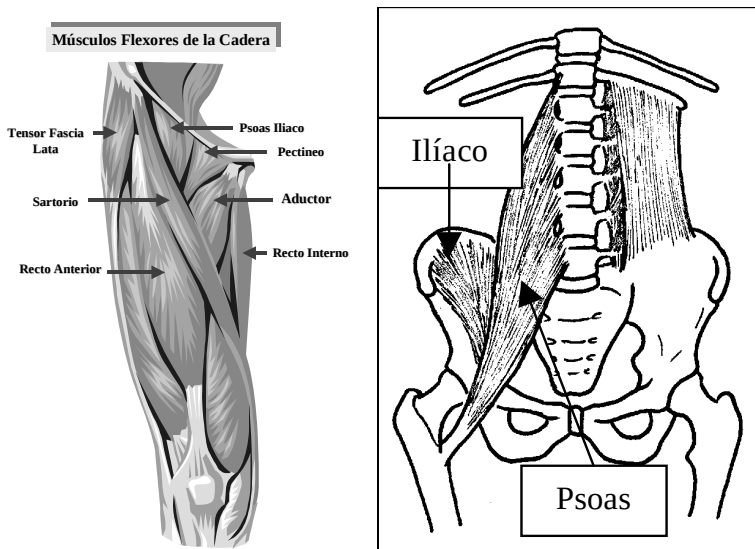
El tirón con barra (halones). Consiste en tirar verticalmente de una barra hasta la altura del cuello. Este movimiento se puede realizar con diferentes agarres. Normalmente se usan los tirones de arrancada (brazos abiertos), tirones de cargada (brazos con apertura media) y los tirones con brazos cerrados. Al trabajar abiertos incidimos en dorsales y deltoides, pero al cerrar los brazos trabajamos más el trapecio y deltoides. Se puede hacer con trabajo único de tronco y brazos o bien incorporar piernas para aumentar la carga a desplazar. Es muy importante que el tirón lleve las manos hasta la altura de los hombros sin que los codos queden por debajo de la barra. Básicamente, podemos hablar de tres variantes de tirones con barra: de fuerza (agarre cerrado), de cargada (agarre a la anchura de los hombros) y de arrancada (agarrera abierto). Con cada uno de ellos se puede ir modificando diferentes orientaciones de fuerza que fan desde la fuerza máxima a la potencia.

Balanceos con mancuerna hasta la hiperextensión del tronco. Es un movimiento que permite mejorar la fuerza de la parte posterior del tronco (partes superior, media e inferior), pero no es un buen ejercicio para conseguir elevadas hipertrofias. Es un ejercicio de aplicación a movimientos como el final del lanzamiento de martillo.

La flexión de la cadera: Recuerdo anatómico.

La responsabilidad de la flexión de la cadera recae, fundamentalmente, sobre el **psaos** (*psaos major*) y el **ilíaco** (*iliacus*), aunque también intervienen, entre otros, el **sartorio** (*sartorius*), el **recto anterior** (*rectus femoris*) y el **tensor de la fascia lata** (*tensor fasciae latae*) y de forma menos importante sobre pectíneo, aductor mediano y recto interno.

El **psaos** va desde la región lumbar (D12-L5) hasta el trocánter menor del fémur, haciendo que su función principal sea elevar el muslo. Si fijamos las piernas, el músculo tira del tronco al nivel de la zona dorso-lumbar de la columna vertebral, lo que suele ser un problema para aquellos sujetos que presentan una lordosis lumbar acentuada cuando realizan algunos ejercicios como determinadas variantes de abdominales. No obstante, a diferencia de lo que se suele pensar, es un músculo que debe ser fuertemente y específicamente entrenado en algunas modalidades deportivas, especialmente en aquellas en las que se debe lanzar, rápida y enérgicamente, hacia el frente el miembro inferior. Junto a los isquiotibiales, son los músculos que inciden de forma más indirecta en la frecuencia de zancada. El **ilíaco** es un músculo triangular que nace en la fosa ilíaca interna, cresta ilíaca y base del sacro, para terminar, junto al psaos, en el trocánter menor del fémur (*trochanter minor*).



El recto anterior del cuádriceps es un músculo alargado y biarticular (cadera y rodilla) que ocupa la parte anterior y media del muslo. En relación con su función como flexor de la cadera es necesario señalar que depende directamente del grado de flexión de la rodilla. A mayor flexión mayor es su potencial respecto a la articulación de la cadera, por lo que tiene una función importante en la fase de recuperación de la pierna libre en acciones como la carrera o los saltos. El tensor de la fascia lata es un músculo de características carnosas en la parte superior y

tendinosa en la más distal, que se encuentra situado en la parte lateral y, fundamentalmente, alta del muslo. Su origen está en la cresta ilíaca, para posteriormente descender hasta la cara anterior de la tuberosidad externa de la tibia.

Importancia de la musculatura flexora de la cadera en la práctica deportiva.

La importancia de este grupo muscular no ha sido valorada suficientemente por un elevado número de entrenadores. Su incidencia sobre la columna dorso-lumbar siempre ha sido vista de forma muy negativa, sin llegar a tener en cuenta su enorme importancia sobre la eficiencia de un elevado número de técnicas deportivas. Algunos profesionales de la actividad física suelen eliminar de sus protocolos todos aquellos ejercicios que puedan incidir sobre este grupo muscular.



Una de las acciones más importantes de este complejo muscular va asociada con la velocidad la carrera. Habitualmente, prestamos la máxima atención a lo que supone la cadena extensora del miembro inferior, delegando a un segundo plano la función de sus músculos antagonistas (flexores de la cadera y flexores de la rodilla). Estos dos últimos grupos musculares inciden de forma directamente sobre la frecuencia ($\text{velocidad} = \text{frecuencia} \times \text{amplitud de paso}$) de paso durante la carrera, ya que son los principales responsables de la recuperación de la pierna libre.

Su importancia sobre la carrera no sólo queda circunscrita a la frecuencia de zancada, incidiendo también en la amplitud de zancada. Su potencia y su resistencia condicionan hasta que punto la pierna libre sobrepasa la vertical. Para un corredor de 800 metros, un déficit de tres centímetros por paso supondría una pérdida de aproximadamente seis metros en el total de la carrera, lo que equivale a perder casi un segundo.

En los saltos también pueden incidir en el rendimiento final. Por ejemplo, un saltador de longitud que presente deficiencias en la musculatura flexora de la cadera tendrá problemas de equilibrio durante el vuelo al no compensar las

rotaciones adelante que se generan durante la batida, por no hablar de los centímetros que puede perder en el momento de contactar en el foso por no elevar suficientemente las piernas.

Tampoco podemos ignorar el efecto que tiene en las acciones de golpeo, no solo por la potencia con la que se puede impactar sobre un objeto, sino por las posibles lesiones que se pudieran derivar sobre musculatura cuando se realizan determinadas acciones técnicas especialmente cuando combina movimientos en diferentes planos.

Redundando sobre el tema de las patologías que se puedan generar cuando se produce una disfunción en esta musculatura, no podemos olvidar las consecuencias que puede ocasionar en el equilibrio muscular que debe mantener con otras estructuras como los flexores del tronco y los extensores de la cadera y de la columna vertebral.

Ejercicios de flexión de la cadera.

Cualquier ejercicio de flexión del tronco en el que se fije el tórax o las piernas supondrá la participación de los músculos flexores de la cadera. De la misma forma, cualquier intento de elevación del tronco o piernas a partir de una posición de extensión total de la cadera también afectará directamente a esta musculatura. En tales acciones, los músculos abdominales funcionan, principalmente, como estabilizadores en lugar de trabajar a lo largo de todo su recorrido.

Otras acciones como las flexiones de tronco desde tumbado supino hasta llevarlo a la vertical (preferiblemente los últimos 45° de elevación y siempre que se mantengan las piernas estiradas o dobladas pero fijadas en el suelo), las flexiones de la cadera llevando las piernas hacia el tronco, etc., serán las bases mecánicas de los ejercicios encaminados a potenciar esta musculatura.

En los ejercicios de elevación de piernas con rodillas en extensión, se fija la acción en el trabajo del psoas-ilíaco con ligera coparticipación localizada principalmente en la porción supraumbilical del recto anterior del abdomen, aunque en realidad, este músculo actúa isométricamente para fijar la pelvis y contrarrestar la tracción que realiza el psoas-ilíaco al intentar elevar las piernas.

Elevaciones de piernas desde decúbito supino. Suponen un grupo de ejercicios que han sido muy criticados injustificadamente por parte de muchos técnicos deportivos por su incidencia en la región lumbar de la columna vertebral (acentuación de la lordosis lumbar). En estos movimientos la tensión muscular es máxima cuando el brazo de palanca es mayor (piernas cerca del suelo y estiradas) y disminuye conforme el brazo de palanca disminuye (las piernas suben a la vertical o se flexionan), con lo que ya podemos disponer de diferentes estrategias de regulación de la intensidad del mismo sin necesidad de eliminarlos.

Quando elevamos las piernas, el recto anterior se contrae isométricamente en los primeros 45° fijando la cadera, para posteriormente hacerlo de una forma dinámica hasta llegar a los 90°, lo que favorece la tracción que realiza el psoas ilíaco (Norris-1993). Para centrar aún más la atención en la musculatura del abdomen debe evitarse una excesiva curvatura en la zona lumbar de la columna.

Cuando se realiza el movimiento con un arqueamiento excesivo de la región lumbar, la musculatura abdominal no es capaz de compensar el tirón de psoas iliaco, mientras que con una curvatura pélvica normal se logra estabilizar la columna lumbar y participar con mayor intensidad con los músculos del abdomen (Guilleard y Brown-1994).

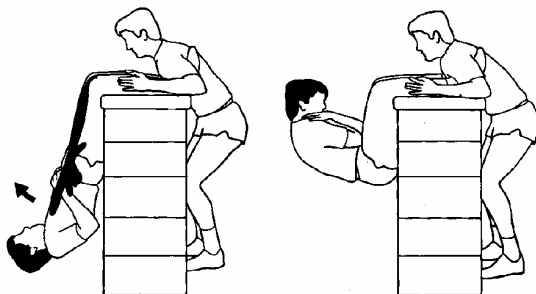
Tous (2001), en su excelente tesis doctoral, señala que cuando las piernas se descienden desde la vertical, estando en decúbito supino, los primeros 45° del movimiento implican que la musculatura abdominal sea la principal (recto anterior), mientras que el recto anterior actúa como sinergista, invirtiéndose el proceso en los últimos 45°. Cuando el movimiento se realizaba en sentido inverso (elevación de piernas), durante los primeros 45° eran los que conducían a una mayor activación del recto anterior, mientras que durante los 45° restantes de movimiento era cuando más se activaban el recto del abdomen.

Para aumentar la dificultad del ejercicio, además de variar el brazo de palanca, se pueden utilizar otras variantes como los planos inclinados, zapatos lastrados o tobilleras. Estos ejercicios, especialmente las dos últimas variantes, sólo son recomendables en sujetos con suficiente nivel de fuerza y que no tengan ninguna patología lumbar.

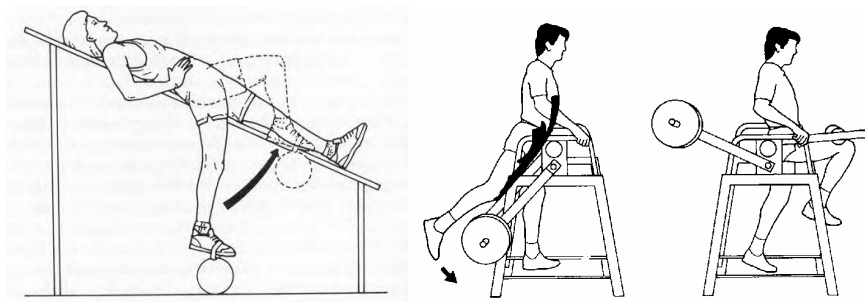
Tijeras de piernas. Una variante del ejercicio anterior es levantar las piernas de forma alternativa a modo de tijera. Cuando se hace el movimiento sin apoyar los talones en el suelo, los flexores de la cadera se trabajan mejor durante las bajadas, pero si se hace descansar los mismos en cada movimiento se acentúa el trabajo de los abdominales. Aunque en este movimiento, los músculos del abdomen estabilizan la cadera, esta acción queda circunscrita a la zona del lado por el que se eleva la pierna correspondiente, lo que nos obliga a compensar los niveles de carga (número de repeticiones, amplitud del movimiento, resistencia, etc.) utilizados con cada extremidad. Pese a ser un movimiento asimétrico, la tensión que ejerce el psoasiliaco sobre la columna es de muy elevada, incrementándose la misma en un 150% (Nachemson-1976).

Elevaciones de piernas desde colgado. Es un ejercicio especialmente interesante para trabajar la musculatura flexora de la cadera y, según el grado de elevación, los abdominales. Consiste en elevar las piernas (dobladitas o extendidas) hasta la horizontal cuando se encuentra colgado de las manos. En este caso siempre se trabaja contra la gravedad alcanzando la mayor tensión cuando las piernas se encuentran paralelas al suelo. El levantamiento bilateral de las piernas hace entrar en acción a toda la musculatura abdominal que trata de estabilizar la pelvis, pero la acción directa sobre los miembros inferiores recae sobre el psoas iliaco. En cualquier caso, es a partir de los 90° cuando se incrementa la activación de la musculatura abdominal, incrementando la participación del recto anterior del abdomen y de los oblicuos, dependiendo de que el sujeto realice o no rotaciones hacia alguno de los lados. Por tal motivo, siempre que tratemos de despegar la cadera de la pared o la espaldada, estaremos incidiendo sobre la musculatura abdominal. Variantes del ejercicio pueden ser los mismos movimientos realizados en una barra fija, pero siempre que evitemos balanceos que eliminen la activación muscular por el aprovechamiento de la inercia, o aquellos que se efectúan sobre máquinas que permiten apoyos de los codos para facilitar el movimiento.

Elevaciones de tronco desde colgados. Consiste en un ejercicio de gran intensidad en el que se activa intensamente la musculatura flexora de la cadera y la flexora del tronco. Cuando el movimiento se realiza con un enrollamiento del tronco se activa más intensamente la musculatura abdominal, mientras que si el movimiento se efectúa con el tronco estirado aumentando el brazo de palanca se incrementa la intensidad del ejercicio, pero también se acentúa el trabajo de los flexores de la cadera.



Ejercicios especiales. El principio de especificidad es uno de los más importantes que debe tener en cuenta un entrenador para poder optimizar al máximo el rendimiento de su deportista. Todos los ejercicios mencionados anteriormente son muy analíticos y, por lo tanto, no inciden muy específicamente sobre pequeños, pero importantes, detalles de algunas acciones deportivas. El ejemplo más claro lo tenemos en la carrera y en las batidas, los cuales combinan la elevación del muslo de una extremidad con la extensión de la contraria, es decir, acciones en la que los músculos flexores de la cadera pasan de la máxima elongación hasta una flexión forzada.



Trabajo de fortalecimiento del psoasílico (Zatziorski-1998 y Kunz et al.-1991)

Viemos como para los corredores, especialmente los de velocidad, un psoasílico potente garantiza una acción rápida y dinámica de elevación del muslo, aumentando la velocidad angular de la pierna libre durante su paso hacia el siguiente apoyo. Para ejercitar este músculo, suelen atar sus tobillos a una polea baja, para simular el movimiento de la pierna libre desde una posición de carrera sobre un apoyo. Si bien el ejercicio es específico del psoasílico, conviene

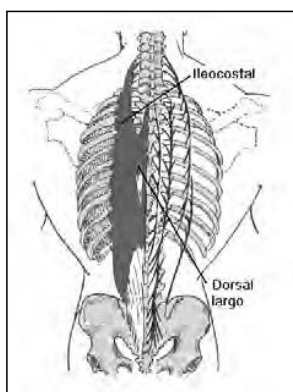
recordar que el movimiento parte en la cadera, debiéndose evitar en todo momento que el sujeto localice el inicio del gesto en la rodilla o el tobillo.

También resulta eficaz el ejercicio en el que el deportista se tumba en un plano inclinado de forma que una pierna, además de poder sobrepasar el plano frontal del cuerpo, puede ser fijado, en su extremo distal, a una resistencia móvil (polea baja, zapato lastrado o cualquier otro artilugio) que permita imitar el gesto de carrera en toda su amplitud.

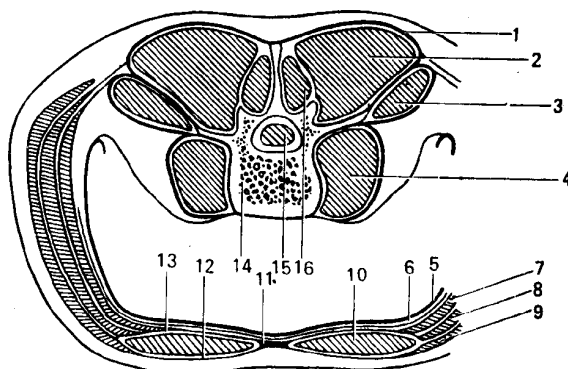
6.11. Musculatura extensora del tronco: musculatura de la parte baja de la espalda.

La extensión del tronco está a cargo de la musculatura que se inserta en la parte posterior de la columna vertebral y de la pelvis. Por un lado están los músculos de los tractos musculares longitudinales, laterales y mediales, los cuales están situados en los surcos que forman las epífisis espinosas y transversas de las vértebras y los ángulos de las costillas. Las capas más profundas están compuestas por músculos cortos (tracto medial) que van de vértebra a vértebra. Por encima de ellos se encuentran los músculos largos del tracto lateral

Músculos como la parte baja del erector espinal (*erector spinae*) compuestos por músculos como el dorsal largo, dorsal espinal, el iliocostal y el epiespinoso del dorso, más otras estructuras como los intertransversos, el cuadrado lumbar, el dorsal ancho, multifidos o los serratos posteriores son algunas de las principales estructuras anatómicas que se encargan de este movimiento de extensión del tronco y de la estabilidad del raquis.



Si nos fijamos en el siguiente dibujo, podemos ver las diferentes capas musculares que protegen la región lumbar del tronco a través de un corte transversal realizado al nivel de esa zona. Vemos como músculos de diferente acción funcional (erector espinal, cuadrado lumbar, psoas y multifidos) protegen directamente la columna vertebral.



1. Fascia toracolumbar; 2. Erector espinal; 3. Cuadrado lumbar; 4. Peritoneo; 5. Fascia transversa
6. Transverso abdominal; 7. Oblicuo interno; 8. Oblicuo externo; 9. Recto anterior; 10. Línea alba
11. Fascia externa del recto anterior; 12. Fascia interna del recto anterior; 13. Médula espinal; 14. Multifidos.
15. Cuerpo ventral; 16. Recto anterior.

Ejercicios específicos para los extensores del tronco.

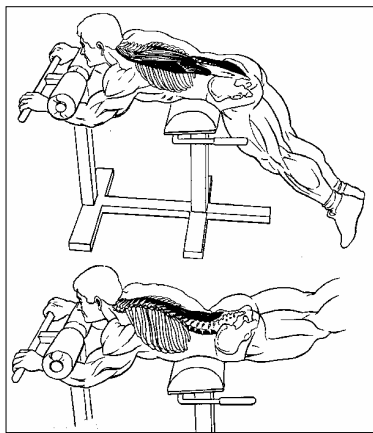
El entrenamiento de esta musculatura es un trabajo complejo por la debilidad que suele mostrar entre la mayor parte de los deportistas. Tal circunstancia obliga a ejercitarla con una elevada prudencia especialmente entre sujetos con patologías lumbares. Es recomendable que los ejercicios utilizados se limiten a la extensión del tronco hasta la horizontal o pocos grados más de movimiento. Una hiperextensión puede ser perjudicial para muchos (no todos) deportistas, especialmente aquellos que tienen una lordosis lumbar muy acentuada.

- **Nivel-I:** Desde tumbado prono, elevaciones traseras de las piernas; Hiperextensiones de tronco desde 45° de flexión de tronco; Multilanzamientos atrás (balones, pesos, etc.,).
- **Nivel-II:** Hiperextensiones de tronco desde tumbado prono sobre plinton o banco; Extensiones de tronco sobre pelota gigante.
- **Nivel-III:** Buenos días; Peso muerto con flexión de rodilla.

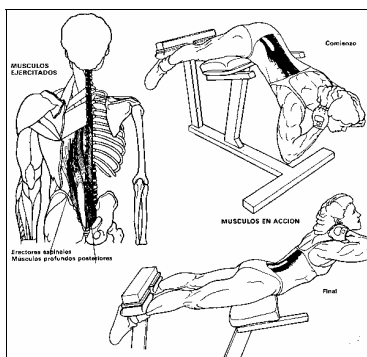
Las **hiperextensiones** del tronco partiendo de una posición en la que el cuerpo está tumbado prono, son excelentes ejercicios para tonificar la musculatura extensora del tronco, especialmente los músculos erectores de la parte inferior de la espalda antes descritos. Si se ejecutan correctamente y se evitan hiperextensiones desproporcionadas, se logra eliminar una excesiva tensión sobre la columna vertebral y en la musculatura que la rodea. Una variante es realizar las hiperextensiones sobre pelota gigante, en la cual al colocar el cuerpo sobre un apoyo inestable se puede mejorar la propiocepción.

Elevaciones traseras de piernas. Las extensiones invertidas de la espalda por elevación de las piernas por detrás hasta la horizontal o algo más de movimiento, son junto, a las elevaciones de tronco, los dos ejercicios por excelencia para potenciar esta musculatura. En las **elevaciones de piernas** podemos hacerlo sobre un plinto o sobre cualquier otra superficie que nos permita tumbarnos en posición prono a la vez que mantenemos las piernas colgando. Con

el ejercicio podemos localizar el trabajo en la zona baja de la musculatura extensora de la espalda, de forma que si sobrecargamos las extremidades (tobillos, etc.) podemos trabajar paralelamente los glúteos y los flexores de la rodilla.

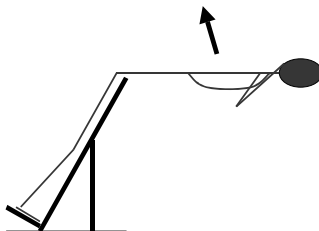


Elevaciones de tronco. En las **elevaciones de tronco** debemos de tener presente el grado de extensión de la espalda. Si nos limitamos a subir el tronco hasta la horizontal, podremos trabajar los extensores de la espalda en un largo recorrido (sacrolumbares, interespinosos, dorsal largo, y cuadrado lumbar, glúteos), especialmente si estiramos los brazos por encima de la cabeza o utilizamos ligeras sobrecargas, pero si pasamos de la horizontal y hacemos una hiperextensión centraremos el trabajo en la parte baja de la columna (región lumbar), con el riesgo de incidir de forma significativa sobre la lordosis lumbar, lo que no es muy aconsejable para aquellas personas que tengan problemas a éste nivel, pudiendo pinzarse el nervio ciático. Cuando hacemos este ejercicio, nos vemos en la necesidad de bloquear nuestras piernas contra algún objeto (espaldera, cinto, etc.) o ayuda (compañero, por lo que hemos de tener cuidado con el punto donde se hace el apoyo. Si éste tiene lugar por debajo de la rodilla, corremos el riesgo de provocar una hiperextensión, en la articulación de la rodilla, lo que no es aconsejable en ningún caso.



Hiper-extensiones de tronco

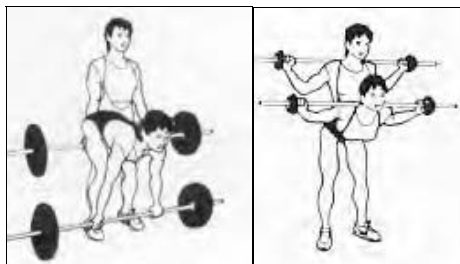
Elevaciones de tronco desde 45°. Consiste en hacer extensiones de tronco desde una posición en la que el tronco está flexionado 45° al nivel de la articulación de la cadera. Con ésta variante es mucho más fácil realizar la extensión del tronco con cargas añadidas.



Extensiones (patadas) traseras de piernas. Un ejercicio muy utilizado como ejercicio compensatorio, en rehabilitación o como forma de fortalecer los extensores de la espalda entre sujetos poco entrenados, es el de extensión alterna y cruzada de piernas y brazos desde la posición de **cuadrupedia**.

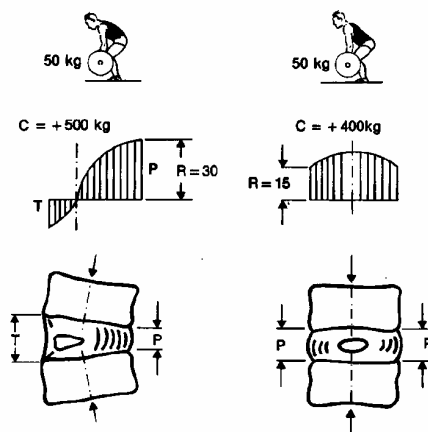
Peso muerto. Entre deportistas de mayor nivel el movimiento más fuerte que se suele utilizar para fortalecer la región lumbar es el denominado “peso muerto”. El **peso muerto** consiste, en levantar una barra desde el suelo con los brazos en extensión y ligera hiperextensión del tronco, lo que le convierte en un ejercicio de orientación múltiple que afectará a muchos grupos musculares de piernas, tronco y brazos. El agarre más utilizado es el mixto, es decir, una mano agarra en forma palmar y otra en forma dorsal, aunque se pueden utilizar otros agarres que afectan a la posición del tronco en el momento del tirón. Hay dos variantes principales, la primera es aquella en la que el peso muerto se hace con las *rodillas flexionadas* (estilo convencional) y, por lo tanto, centrando el movimiento en la musculatura extensora de las piernas, de la cadera y, en ocasiones (estilo sumo con brazos por dentro), los abductores, mientras que la segunda variante se realiza con las *rodillas extendidas* y centrando el esfuerzo en isquiotibiales y musculatura de la espalda, además de provocar una importante extensión de la parte posterior de la pierna. La segunda variante sólo deben hacerlo deportistas que posean una potente y desarrollada musculatura estabilizadora de la columna vertebral. Debido a que en éste movimiento se pueden desplazar cargas muy pesadas, una recomendación metodológica muy extendida es la de no usar cargas superiores al 80% del máximo potencial, especialmente en la variante de piernas estiradas.

Peso Muerto y “Buenos Días”



Fuente; Weider y Kennedy.

En ocasiones algunos deportistas utilizan agarres simétricos buscando un mayor fortalecimiento de la musculatura de los antebrazos (lucha canaria, escaladores y gimnastas), especialmente con el agarre en supinación (palma de la mano al frente). Luchadores, lanzadores de martillo, remeros, etc., son algunos de los muchos deportistas que se pueden beneficiar de la utilización de éste ejercicio. Pero pese a su enorme utilidad para fortalecer la parte baja de la espalda, resulta un ejercicio extremadamente peligroso si su ejecución técnica no es la correcta. Frecuentemente es fuente de numerosas y molestas lesiones al nivel de la columna vertebral, discos intervertebrales, ligamentos y músculos que rodean esta estructura. Llama la atención que en este ejercicio los discos intervertebrales de la región lumbar sufren una enorme compresión en la parte anterior de los discos intervertebrales y una gran tracción de los ligamentos posteriores si no se mantiene una postura correcta en su ejecución. Mínimas variaciones en la colocación de la carga respecto al cuerpo, durante la ejecución del tirón, se traducen en significativas modificaciones en los niveles de presión y tracción que sufren las estructuras vertebrales e intervertebrales del ejecutante.

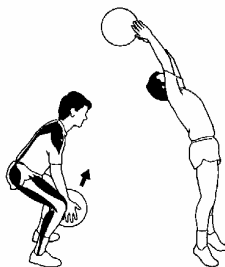


Valores de presión y tracción que sufren los discos intervertebrales, según la posición que tome la espalda, cuando se levante un peso de 50 kg. Donde P: presión, T: tracción; R: presión sobre el borde del disco intervertebral (kg/cm^2); C: carga sobre el disco intervertebral (kg) (Krayembuhl et al.-1967)

Buenos Días. El ejercicio denominado “buenos días” consiste en flexionar el tronco, con la espalda estirada, manteniendo como punto de flexión la cadera. Si se realiza con piernas estiradas y sobrecargas en los hombros, se convierte en un ejercicio extremadamente duro que sólo debe ser realizado por deportistas altamente entrenados una vez que han alcanzado la suficiente fuerza en la musculatura lumbar. En la posición de piernas estiradas estaremos forzando de forma intensa los músculos isquiotibiales, los cuales se ven forzados a realizar una contracción excéntrica que normalmente limita el rango de movimiento.

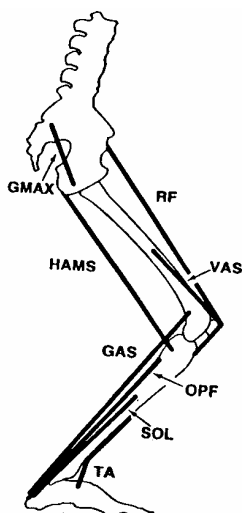
Multilanzamientos hacia atrás por encima de la cabeza. Son ejercicios muy dinámicos que sirven para trabajar la fuerza explosiva de la musculatura extensora del tronco. Forman parte de las rutinas clásicas de fuerza explosiva de

cualquier modalidad atlética de lanzamientos (peso, disco, martillo, etc.). Cuando el movimiento se inicia desde una flexión de rodillas se pone en jugo toda la cadena muscular extensora del cuerpo, incluyendo la musculatura extensora de la rodilla.



6.12. Musculatura de las extremidades inferiores: la extensión y la flexión de la cadera, rodilla y tobillo.

Los ejercicios de musculación orientados al trabajo de la musculatura extensora de la rodilla y la cadera, de la musculatura flexora de la rodilla, de la musculatura encargada de hacer la flexión plantar (extensión de la articulación del tobillo) y la musculatura de la aducción y la abducción de los miembros inferiores constituyen algunas de los objetivos más fundamentales de la mayor parte de las modalidades deportivas. No en vano la carrera y el salto se supeditan a la sincronización y fuerza con que intervengan estos grupos musculares.



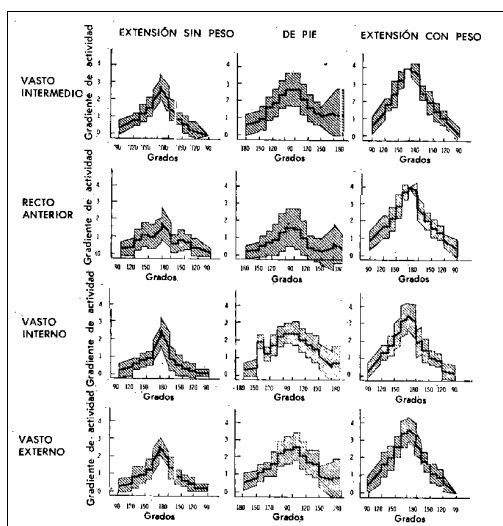
Donde: GMAX: Glúteo mayor; HAMS: Isquiotibiales; GAS: Gemelos; TA: Tibial anterior; SOL: soleo; OPF: Peroneos; VAS: Vasto; RF: Recto anterior

6.13. Musculatura extensora de la rodilla.

El **cuádriceps crural** (*quadriceps femoris*) es el músculo extensor por excelencia de la articulación de la rodilla, estando formado por el crural, el vasto externo, el vasto interno y el recto anterior. El **crural** (*vastus intermedius*) descansa directamente en las caras anterior y externa del fémur, situándose caudalmente entre los vastos interno y externo. Forma un tendón común (tendón rotuliano) con los otros tres músculos al nivel de la rótula, sobrepasa la articulación de la rodilla y se inserta en la tibia.

Los vastos interno y externo, junto al crural, son potentes músculos involucrados en la extensión de la rodilla. El **vasto externo** (*vastus lateralis*) nace en la parte superior del fémur, cerca del trocánter mayor, descendiendo perpendicularmente por la parte externa del muslo hasta encontrar el tendón rotuliano. El **vasto interno** (*vastus medialis*) también nace en la parte superior del fémur, cerca de su cuello, descendiendo por el lado interno del muslo hasta formar el tendón rotuliano. Aunque interviene en todo el recorrido de extensión de la rodilla, su acción fundamental tiene lugar durante los últimos grados ayudando activamente a finalizar la extensión y evitando la luxación de la rótula hacia fuera.

El **recto anterior** (*rectus femoris*) es un músculo biarticular (rodilla y cadera) que nace en la espina ilíaca anteroinferior y zonas adyacentes, bajando por la parte anterior del muslo hasta el tendón común. Al ser el recto anterior un músculo biarticular, además de la función extensora de la rodilla, posee la función de ser flexor de la cadera. Su eficacia en la extensión de la rodilla viene condicionada por la extensión de la cadera, ya que de estar flexionada, el recto anterior se acorta y pierde fuerza. Este comportamiento depende de la pelvis le hace ser un músculo que actúa como antagonista del glúteo mayor en la cadera y sinergista respecto a la articulación de la rodilla.



Comportamiento de la actividad EMG del cuádriceps durante el movimiento de extensión de la rodilla (Basmajian-1976)

Ejercicios específicos de la musculatura extensora de la rodilla:

Son muchos los ejercicios, y sus variantes, que pueden ser utilizados para fortalecer los músculos encargados de la extensión de la rodilla, algunos de ellos utilizados por la mayor parte de los deportistas de cualquier modalidad deportiva.

Nivel-I: Prensa inclinada; Sentadilla Hack; Leg press (*); Máquinas isocinéticas; Salto sin carga o con balones medicinales.

Nivel-II: Step; Paso-Profundo; Sentadillas completas (por delante); Paralela, 1/2 y 1/4 Sentadillas (tras nuca); 1/2 Sentadillas (por delante); Sentadillas entre pierna (Jefferson); Sentadilla con agarre posterior; Sentadillas salto; Sentadillas continuadas; Sentadillas explosivas.

Nivel-III: Máquinas Yo-Yo; Tandem; Tijeras - Salto; Sentadillas completas (tras nuca; alta o baja); Sentadillas inclinadas en soporte (Sissy); Sentadillas abducción; Sentadillas en silla romana (inclinación); Sentadillas amortiguadas; Sentadillas amortiguadas-Salto; Sentadillas explosivas-Salto; Sentadillas continuadas-Salto; Drops (CDJ); Sentadillas a una pierna; Cumpios pliométricos; Planos inclinados;. Cargadas; Peso Muerto con piernas dobladas;

Destacan por encima del resto de ejercicios las sentadillas, pero este movimiento es complejo y afecta y depende de gran número de grupos musculares que nada tienen que ver con la extensión de la rodilla. Para localizar el ejercicio en el cuádriceps es necesario poner la resistencia en el punto distal del miembro inferior, como es el caso del trabajo de extensiones y de piernas desde sentados, o los empujes de piernas contra resistencias elevadas, ya que de lo contrario desplazamos o dispersamos la carga a otras estructuras musculares.

Desde el punto de vista metodológico en una sesión de piernas en la que se busca una elevada hipertrofia muscular el trabajo a realizar debe ser muy grande, por lo que el total de series realizadas tiene que ser importante, tal y como corresponde a un grupo muscular tan desarrollado y solicitado. Algunos entrenadores se inclinan por las sesiones en las que se comienza con uno o dos ejercicios complejos que afecten a la totalidad de músculos extensores de la rodilla (prefatiga) para posteriormente continuar con ejercicios de localización (definición).

Squat o sentadilla (flexión-extensión de piernas desde posición erecta).

Aunque se incluya entre los ejercicios más importantes para mejorar la musculatura extensora de la rodilla, la sentadilla también se debe considerar como un ejercicio fundamental para fortalecer la musculatura extensora de la cadera. Consiste en hacer flexión de rodillas, habitualmente, con cargas añadidas.

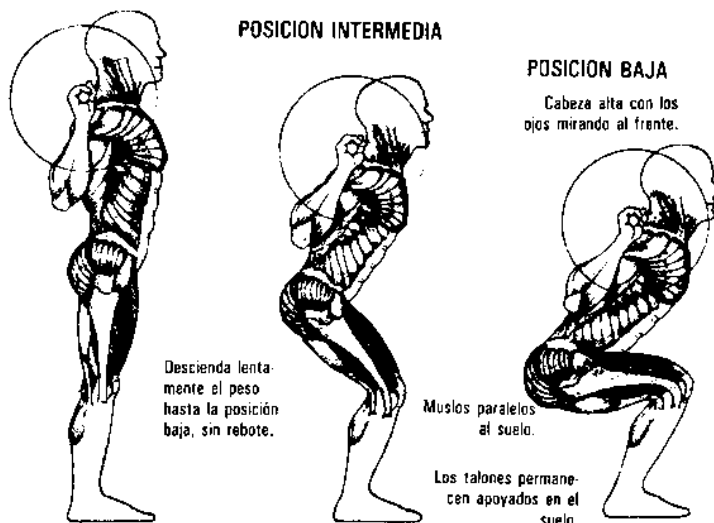
La sentadilla, en cualquiera de sus variantes, es uno de los ejercicios básicos para el fortalecimiento de la musculatura extensora de las piernas en todas las modalidades deportivas. Además, forma parte de los movimientos de competición que constituyen el "power-lifting".

El inicio del movimiento se realiza desde la posición erecta, para lo que previamente se debe tomar la barra desde una posición elevada (soportes), con el fin de evitar posiciones o posturas incorrectas debidas a la inadecuada distribución de las cargas que se utilicen en el ejercicio.

POSICION INICIAL Y FINAL

POSICION INTERMEDIA

POSICION BAJA



Para evitar un posible desplazamiento de la barra, es conveniente que el atleta agarre correctamente y con la máxima seguridad la misma. El agarre más habitual es el que en halterofilia se denomina "*normal*"; es decir, sujetando la barra con la primera falange del dedo pulgar por encima de la primera falange del dedo índice. En algunos casos también se puede utilizar el agarre en el que todos los dedos están por el mismo lado sin que el pulgar rodee completamente la barra (similar al agarre típico del segundo movimiento del ejercicio de Dos Tiempos, también conocido como jerk o envión).

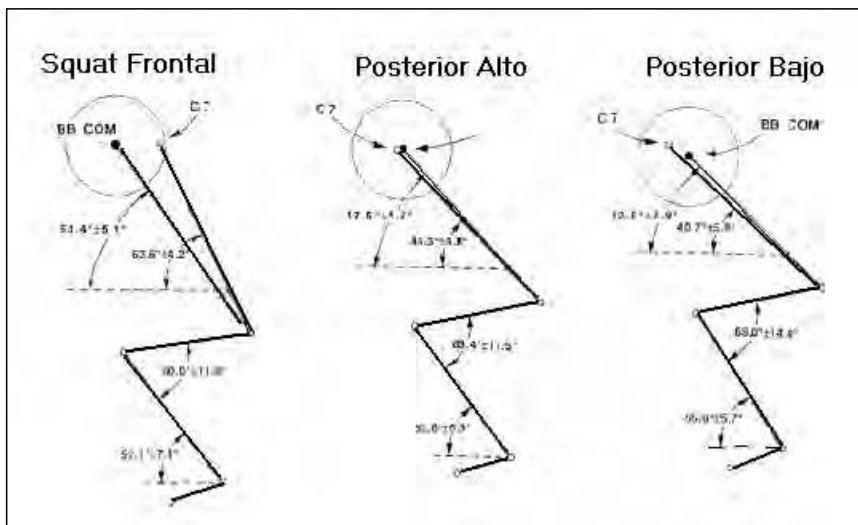
La posición de la barra. La barra puede ocupar distintas posiciones respecto al cuerpo, variando en función de las necesidades del deporte o actividad física que se quiera desarrollar, siendo las más significativas las siguientes:

- a) Posición frontal.
- b) Posición sobre la espalda
 - b.1. Alta.
 - b.2. Baja.

a. *Posición frontal*. En la posición frontal, se descansa la barra sobre la parte anterior del deltoides, evitando el apoyo directo sobre la clavícula. Este agarre obliga al deportista a mantener la espalda muy recta, en ligera extensión, compensando la tracción hacia delante que provocada el peso de la barra. En este ejercicio se utilizan diferentes variantes de agarre, aunque cuando la carga es demasiado elevada, conviene hacer el primero de los agarres antes descritos, con flexión de los brazos.

b.1. *Posición sobre la espalda alta*. Cuando se coloca la barra sobre la parte alta de la espalda, ésta debe descansar sobre la parte ascendente del trapecio, aproximadamente entre la 5ª y la 7ª vértebra cervical. En ocasiones, con debutantes, este apoyo irrita la apófisis espinosa de la 7ª cervical provocando una inflamación en esta zona, razón por la que se recomienda la utilización de cualquier objeto almohadillado entre la barra y el cuerpo. Esta posición es característica de los halterófilos y los culturistas, pero entre sujetos pocos musculosos supone un riesgo si la barra descansa directamente sobre la apófisis vertebral.

b.2. *Posición sobre la espalda baja*. En el apoyo bajo, la barra descansa en la parte transversa del trapecio, justo por encima del deltoides, realizándose una retracción acentuada de la cintura escapular. Este tipo de ejercicio provoca una mayor inclinación del tronco (mayor participación de lumbares, extensores del tronco y flexores plantares). Lo suelen utilizar los practicantes de power-lifting. Fry et al. (1993) realizaron un estudio cinemático de estas tres variantes de la sentadilla, incluyendo variables como ángulo de flexión de la rodilla, cadera y tobillo, cuyos resultados quedan reflejados en el siguiente esquema:



Fuente: Fry et al. (1993)

Wretenberg et al. (1996), estudiaron los dos tipos de sentadilla con barra sobre la espalda en ocho halterófilos (barra alta) y seis powerlifting (barra baja), con

cargas del 65% del 1-RM, comprobando que los primeros tienen una distribución más equilibrada de la carga entre las articulaciones de la cadera y la rodilla, mientras que en la segunda variante la carga incide más sobre la cadera.

La colocación de los pies y la separación de las piernas. Normalmente las piernas se colocan separadas a la anchura de la cadera, o poco más, con ligera rotación externa de los pies (aproximadamente 30°). La separación depende de aspectos individuales (desarrollo muscular) o específicos del deporte a entrenar. No podemos olvidar que cuanto mayor sea la separación, mayor es la participación de los aductores (aductor mayor, aductor menor, aductor mediano, aductor mínimo y recto interno fundamentalmente, y semitendinoso, semimembranoso como músculos sinergistas). En algunas ocasiones, con el fin de mejorar de forma paralela la flexibilidad del tobillo, la sentadilla se hace con talones unidos. Escamilla (1995) señala que una separación acentuada de los pies se traduce en una activación mayor (10-30%) de la musculatura isquiotibial, mientras que por el contrario la actividad de los flexores plantares era entre un 10-15% menor.

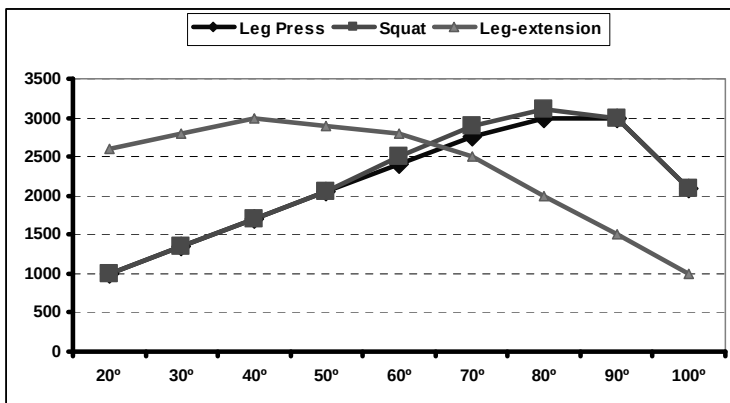
Normalmente se acepta que cuando los pies se colocan en el suelo en la posición anatómica, la acción de los cuatro músculos del cuádriceps es máxima en la extensión de las piernas, mientras que cuando las puntas se abren hacia afuera se reduce la implicación del vasto externo, manteniendo la misma actividad en los tres músculos restantes. Si la posición es inversa, es decir con los pies hacia adentro, se trabaja intensamente el vasto externo y el crural, mientras que el recto anterior y el vasto interno sólo se ven moderadamente afectados.

Tesch y Dudley (1993) estudiaron, mediante RMN, la participación de los diferentes músculos que intervienen en la extensión de la rodilla en relación con las diferentes posiciones de los pies antes indicadas. Según los autores, en la posición de los dedos al frente los cuatro músculos del cuádriceps se activan al máximo. Cuando los dedos se orientan hacia fuera se reduce la implicación del vasto externo, mientras que los otros tres músculos del cuádriceps se activan al máximo. En la posición de dedos hacia dentro se trabaja intensamente el vasto externo, mientras que el recto y el vasto interno se ven moderadamente afectados.

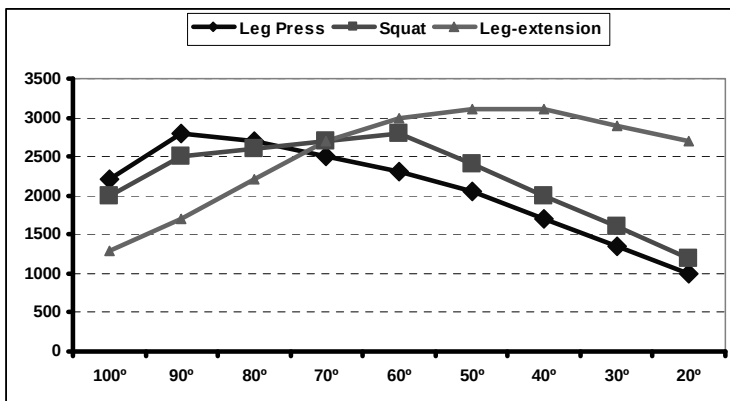
Sin embargo, cuando analizamos la bibliografía especializada vemos que no existen argumentos científicos sólidos para soportar estas afirmaciones. Los trabajos de Signorile et al. (1995) y de Boyden et al. (2000) nos muestran que no existen diferencias en la activación de esos cuatro músculos cuando la posición de los pies variaba durante la realización de una sentadilla. En el primer estudio las rotaciones de la pierna eran muy elevadas (interior: -30°; neutro; exterior: 80°), mientras que en el segundo las rotaciones eran moderadas (interior: -10°; neutro; exterior: +10°; +20°).

Los pies, en todo momento, deben descansar sobre el suelo (incluso durante el movimiento), procurando alzar el talón en apoyo (zapato de talón alto o pequeño alzado), nunca quedando el talón en el aire, con el fin de no alejar excesivamente el centro de masas de la cadera en el momento de la flexión de piernas, y por añadidura, flexión del tronco.

Grados de flexión de la rodilla. El grado de flexión en la articulación de la rodilla determinará la tensión que sufran los ligamentos cruzado y las presiones a que son sometidos los meniscos y la cápsula articular. Nisell y Eklom (1986) estimaron que las fuerzas a las que eran sometidos el tendón rotuliano y la articulación tibiofemoral de powerlifters era similar entre los 130° y los 60° de flexión. Señalaban que la máxima tensión articular ocurría a los 130° de flexión (8000 N para sujetos de 115 kilos de peso y carga de 250 kilos), disminuyendo lentamente hasta los 60° (5.500 N). Evidentemente, estas fuerzas pueden verse incrementadas con aumento en la velocidad de descenso con la que se realice el movimiento.



Media de la fuerza (Newton) de compresión que sufre la articulación tibiofemoral durante la ejecución de tres movimientos de musculación de extensores de la rodilla. Flexión: Gráfica superior; Extensión: Gráfica inferior.



En las gráficas anteriores, podemos observar como durante la ejecución de una sentadilla profunda, la mayor tensión que sufre la articulación de la rodilla se produce cuando el ángulo que forman la pierna y el muslo es de unos 90°. Así

mismo, es de destacar que los ligamentos cruzados son especialmente solicitados durante los máximos grados de flexión de la rodilla, especialmente durante la fase de ascenso, aunque gran parte de la tensión es, en parte, absorbida por los isquiotibiales que tiran hacia atrás de la articulación en oposición a la fuerza natural que se genera durante el movimiento que es de sentido contrario.

Por su parte, de los estudios de Beynnon et al. (1995 y 1997) se desprende que no existen diferencias significativas en el estrés sufrido por el ligamento cruzado anterior cuando se realizan ejercicios de cadena cerrada o de cadena abierta (con segmentos distal fijo o móvil) entre los 30º y los 90º de flexión de la rodilla. Tampoco encontraron diferencias entre la sentadilla y los ejercicios de cadena abierta en los grados de flexión de la rodilla que van de los 30º a los 90º.

Porcentaje máximo de tensión en el ligamento cruzado anterior en ejercicios de cadena cerrada y de cadena abierta	
Ejercicio	Strain
Sentadilla sin resistencia	3.6%
Sentadilla con carga	4%
Máquina de extensión de rodilla sin carga	3.8%
Máquina de extensión de rodilla con 5 kilos	3.8%
Extensión de rodilla isométrica (15º flexión) (30 NM torque)	4.4%
Extensión de rodilla isométrica (30º flexión) (30 NM torque)	2%
Extensión de rodilla isométrica (60º flexión) (30 NM torque)	0%
Extensión de rodilla isométrica (90º flexión) (30 NM torque)	0%

Fuente: Beynnon et al.(1995 y 1997).

Las variantes que se pueden observar en este ejercicio determinan una flexión más o menos profunda de piernas en función de los objetivos que se persigan, los cuales irán variando de acuerdo al deporte que se practique y el nivel de entrenamiento que se posea:

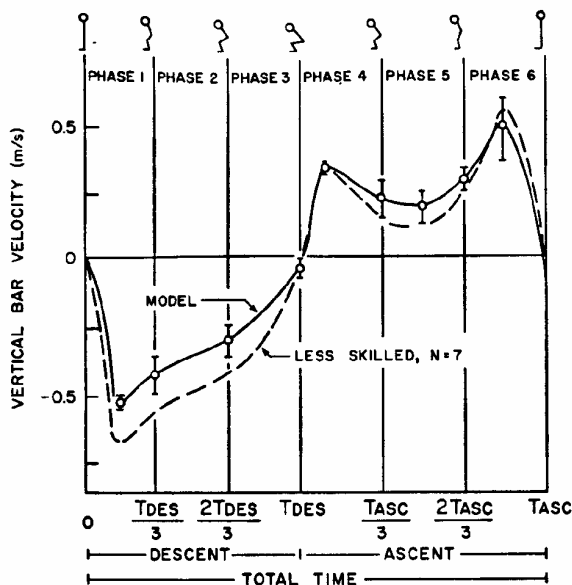
- Cuarto de sentadilla (30º-45º de flexión de la articulación de la rodilla).
- Media sentadilla (70º-90º de flexión de la articulación de la rodilla).
- Sentadilla completa (máxima flexión de la articulación de la rodilla).

Velocidad de ejecución. Ejecutar las diferentes variantes de sentadilla con un buen control de la velocidad de realización (especialmente durante el descenso) es esencial para la integridad anatómica de la rodilla. Recordemos que durante la flexión los meniscos deben desplazarse dorsalmente, mientras que durante la extensión deben recuperar la posición inicial. Estos movimientos de los meniscos se realizan gracias a las conexiones que, directa o indirectamente, tienen con los

músculos flexores y extensores de la rodilla. De esta forma, durante la flexión el políteo se encargará de desplazar dorsalmente el menisco externo mientras que una de las expansiones de la inserción del semimenbrano lo hará con el menisco externo. De forma análoga, durante la extensión de la rodilla los alerones meniscorotulianos, que se tensan cuando el cuádriceps femoral traccionan de la rótula, se encargarán de desplazar a los meniscos hacia delante.

Independientemente de estos elementos que, dependen directamente de la contracción muscular, existen conexiones entre los meniscos y ligamentos de la rodilla (como los ligamentos cruzados y meniscomfemorales) que también contribuyen al adecuado desplazamiento de las superficies articulares en los movimientos de flexión y extensión de la rodilla.

Una ejecución correcta del movimiento obliga a un descenso lento de la barra hasta la posición de máxima flexión de la rodilla y de la cadera. La velocidad promedio de descenso en deportistas de alto nivel es de aproximadamente 0.5 m/seg. Este parámetro es un indicador excelente para evaluar el nivel técnico de la ejecución. Malone (1979) comprobó que los powerlifting menos experimentados mostraban un descenso ligeramente más rápido que otros de mejor nivel de resultados. El punto de máxima velocidad de descenso se obtiene en los primeros instantes de iniciarse el descenso, para ir disminuyendo rápidamente hasta frenar en el punto de máxima flexión. Durante la acción, el sujeto debe mantener la espalda recta flexionando la articulación de la rodilla en el mismo plano del eje del pie.

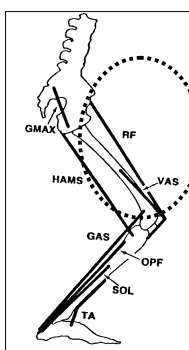


Si nos fijamos en la gráfica anterior vemos la velocidad promedio en cada fase del movimiento, donde se refleja el comportamiento modelo y el que realizaron diecisiete powerlifting de élite (McLaughlin et al.-1977).

Músculos que intervienen en cada fase del movimiento. Los músculos que intervienen más directamente en la realización de una sentadilla serán analizados en cada de las articulaciones para cada una de las fases en que tradicionalmente se organiza el movimiento.

Músculos que intervienen en la Fase-1. En primer lugar hemos de recalcar que en esta fase la participación de la mayor parte de los músculos es mediante una contracción excéntrica. El peso que cargamos es suficiente como para obligarnos a realizar una flexión de cadera y rodilla de forma pasiva. Por ello durante toda la fase del gesto en que estamos realizando flexión, los músculos extensores sufren una contracción excéntrica. La participación muscular es la siguiente:

Cadena Extensora de la Articulación de la Rodilla



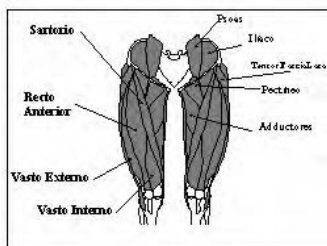
Cuadriiceps:

- Recto anterior.
- Vasto interno.
- Vasto Externo.
- Crural.

Isquiotibiales:

- Semimembranoso.
- Semitendinoso.
- Bíceps Crural.
- Recto Interno.

Gemelos.



Al nivel de la cadera (coxo-femoral): Glúteo Mayor. Es el principal músculo que actúa. No sólo permite la flexión controlada del muslo sino que gracias a su acción retroversora de la pelvis evita que la misma gire en exceso hacia adelante (anteversión). Esto, unido a la necesidad de mantener el tronco erguido a fin de equilibrar el centro de gravedad, impide que se produzca una lordosis lumbar excesiva (aunque parcialmente necesaria). Como músculos agonistas podemos citar a los isquiotibiales (semimembranoso, semitendinoso y bíceps femoral). Sin embargo cuanto mayor sea el grado de flexión de la pierna, menor será la afectividad de los mismos ya que se hacen insuficientes.

Al nivel de la rodilla: Cuádriceps Femoral (Recto anterior, vasto interno, vasto externo y crural). Hay que recordar que en los primeros grados de ejecución del movimiento (primeros grados de flexión de la rodilla, equivalentes a los últimos grados de extensión) la participación del vasto interno es grande mientras que en las grandes flexiones (lo equivalente a los primeros grados de extensión de la

rodilla) es predominante la participación del vasto externo. Para comprender esto no podemos dejar de tener en cuenta que estamos en una fase de trabajo excéntrica. El cuádriceps no tiene ningún músculo que colabore con él en este movimiento. Sin embargo no podemos dejar de recordar la importante conexión que el poplíteo tiene con el menisco externo. Su contracción será, por lo tanto, importantísima cuando se realice la sentadilla profunda.

A nivel del tobillo: Aunque en esta articulación tenemos un mecanismo de limitación de la flexión dorsal que es la impactación del cuerpo del astrágalo en la mortaja tibio-peronea, también los flexores plantares de la pierna se contraen para controlar la intensidad del mismo. De esta manera nos encontramos que participan ambos gemelos, el sóleo, delgado plantar, flexor largo de los dedos, peroneo lateral largo y peroneo lateral corto.

Músculos que interviene en la Fase-2. En esta fase del movimiento se trata de recuperar la verticalidad mediante una extensión de la cadera, de la rodilla, del tronco y una flexión plantar del tobillo. En realidad nos encontraremos con que la participación muscular es la misma que la que se acaba de describir con la particularidad de que todos los músculos deberán realizar una contracción concéntrica. Es decir, glúteo mayor (y sus agonistas, sobre todo al final de la extensión), cuádriceps femoral, y flexores plantares del pie continúan actuando pero, ahora, ejerciendo su verdadera acción. Wretenberg et al (1993), Isear et al. (1997) y Escamilla et al. (1998) indican que los vastos laterales producen un 50% más de actividad que el recto anterior, lo cual es lógico si pensamos que el recto anterior es biarticular.

La musculatura isquiotibial actuará de sinergista del movimiento, especialmente durante la fase de ascenso. Escamilla et al. (1998) muestran que la mayor activación de estos músculos, durante la extensión, se produce cuando la articulación de la rodilla es de 50°-70°, llegando a niveles de tensión de entre el 50-80% de la máxima fuerza isométrica voluntaria en sujetos experimentados y altamente entrenados.

Aunque la actividad de los flexores plantares (gemelos, sóleo y peroneo lateral) es muy ligera, no cabe la menor duda de que cumplen una importante función equilibradora del movimiento, la cual es más importante durante la fase en las que la articulación de la rodilla presenta una flexión de entre 60°-90°.

El poplíteo deberá relajarse progresivamente para permitir al menisco externo que acompañe al cóndilo externo en su recorrido y la musculatura extensora del tronco tendrá que verticalizarlo para que, conforme se logre la extensión total, el centro de gravedad se desplace dorsalmente.

Otras participaciones musculares: Aunque los movimientos centrales de la sentadilla son la flexión de cadera y rodilla, y aunque ya hemos tenido en cuenta la importante participación de los músculos erectores del tronco, otros grupos musculares también participan activamente en la ejecución de la sentadilla. Así podemos distinguir músculos:

Músculos Fijadores.

- **Adductores:** (Aductores mayor, menor, mediano, mínimo, pectíneo, y recto interno). Su acción es tanto más intensa según sea mayor la separación de los pies.
- **Extensores del tronco.** Su acción es especialmente intensa en el apoyo bajo de barra y según aumente la inclinación del tronco. (interespinales, dorsal largo, ileocostal, cuadrado lumbar, serrato posteroinferior).

Recomendaciones básicas para la ejecución de las sentadillas.

1. Utilizar cinturones de protección lumbar (sólo cuando las cargas son muy elevadas).
2. Utilizar rodilleras (sólo cuando las cargas empleadas son muy elevadas).
3. No debe ser utilizado con niños.
4. Fortalecer previamente la región lumbar y abdominal.
5. Fortalecer el tendón rotuliano (trabajo cuasiisométrico con extensión del tendón).
6. Realizar ejercicios de abdominales entre cada serie de sentadilla.

Sentadillas: Precauciones.

Recomendaciones:

- Uso de cinturones con RM altos.
- Uso de rodilleras con RM alto:
- No emplearlo en niños y debutantes.
- Previo:
 - Fortalecer lumbares.
 - Fortalecer tendón rotuliano.
 - Hacer abdominales entre serie.

Riesgos asociados:

- Cizallamiento de meniscos.
- Presión patelo-femoral.
- Distensión ligamentosa (laterales y cruzados rodilla).
- Descompensación lateral (vastos).
- Sobrecarga muscular extensores tronco.
- Compresión interdiscal (Z. Lumbar).
- Problemas circulatorios de retorno (cinturón)



Errores más frecuentes:

- Hiperlordosis lumbar.
- Cifosis dorsal.
- Hiperextensión del cuello.
- Espalda rígida.
- Excesiva inclinación adelante.
- Separación de rodillas.
- Aproximación de rodillas

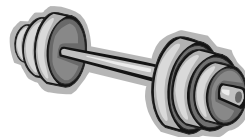
Debemos pensar que el potencial de fuerza que se puede alcanzar con este movimiento viene condicionado por la fuerza que es posible alcanzar por el eslabón más débil de la cadena muscular que realiza el movimiento. El nivel más

flojo en la mayoría de los deportistas suele situarse en la zona lumbar. Cappozzo et al. (1985) comprobaron que al realizar sentadillas con cargas entre 0.6-1.8 del peso corporal las fuerzas de compresión que se sufren al nivel de L3-L4 puede llegar a 6-10 veces el peso corporal del levantador cuando este llega a la máxima flexión. Esta circunstancia hace que el deportista tienda a inclinarse hacia delante y concentrar la carga lejos de los cuádriceps. Mediante el trabajo de “pesos muertos”, “buenos días” e hiperextensiones, podremos amortiguar los déficits de fuerza de esta débil zona corporal y poder aprovechar al máximo las posibilidades que nos ofrecen las sentadillas.

Variantes de sentadillas.

Las más utilizadas son: sentadilla en “split” o paso adelante; sentadilla lateral; media y/o cuarto de sentadilla salto; media y/o cuarto de sentadilla amortiguada; media y/o cuarto de sentadilla continuada; completa, media y/o cuarto de sentadilla en máquina. El primero y el segundo ejercicio se emplea para fortalecer los aductores (velocistas, saltadores, etc...). El primero también se utiliza como ejercicio preparatorio para el “split” en el segundo movimiento del Dos Tiempos. Los tres siguientes tienen como finalidad transformar la fuerza máxima de los miembros inferiores en fuerza velocidad. El tercero tiene una especial aplicación para el desarrollo de la fuerza explosiva. El cuarto y quinto inciden en la fuerza explosiva-elástico-refleja. El sexto ejercicio localiza el movimiento en la acción de extensores de cadera y rodilla, disminuyendo la participación de fijadores. En todas las variantes, especialmente las que añaden el salto, se deben utilizar cargas ligeras o medias por razones de seguridad para la zona de la columna.

Sentadillas: Tipos.



Según la posición de la Barra:

- Sentadilla Frontal.
- Sentadilla Posterior:
 - Alta.
 - Baja.
- Otras:
 - Jefferson.
 - Trasera.

Según el grado de flexión:

- Sentadillas Completas.
- Sentadillas Paralelas.
- 1/2 Sentadilla.
- 1/4 Sentadilla.

Otras:

- Sentadillas Laterales.
- Sentadillas Frontales.
- Sentadillas Abducción.
- Sentadilla C/Cintura.
- Sentadillas a una pierna.
- Sissy (recto anterior).

POSICION INICIAL Y FINAL



POSICION INTERMEDIA



POSICION BAJA

Cabeza alta con los ojos mirando al frente.



Descienda lenta
muoviendo el peso
hacia la posición
baja, en rebote.

Miembros paralelos
al suelo.

Los talones permanecen
en contacto con el suelo.

Según la dinámica del movimiento:

- Controlada.
- Explosiva.
- Continuada.
- Amortiguada.
- Explosiva Salto.
- Amortiguada Salto.
- Continuada Salto.

Otras variantes pueden encontrarse en función de la posición que tengan los pies durante el movimiento de flexión-extensión. Es muy común escuchar que cuando se quiere incidir con mayor intensidad sobre el vasto externo es recomendable girar la punta de los pies hacia el interior, mientras que se incidirá más sobre el vasto interno, cuando la punta de los pies gire en sentido contrario. Sin embargo, Signorile et al. (1995) no encontraron diferencias significativas cuando 10 sujetos efectuaron una sentadilla paralela con el 8-10RM y posiciones de los pies paralelos, abiertos 80° y cerrados unos 30°. Por su parte, Ninos et al. (1997), tampoco encontraron diferencias significativas en 25 sujetos que hicieron una flexión de 60° con el 25% de su peso corporal y dos posiciones diferentes de los pies (posición neutra y 30° de apertura respecto a la anterior posición).

Errores más frecuentes en la ejecución de las sentadillas.

- Excesiva cifosis dorsal.
- Hiperlordosis lumbar.
- Hiperextensión del cuello (normalmente ligado al error anterior).
- Descenso vertical del tronco. Excesiva inclinación del tronco.
- Flexión de rodillas fuera del eje longitudinal del pie.
- Aproximación de rodillas en la flexión.

Riesgos asociados a la ejecución de las sentadillas.

Los riesgos que se presentan asociados a este movimiento han sido ampliamente estudiados y numerados en gran cantidad de publicaciones. La sentadilla o squat completo es la más peligrosa de las variantes, pues provoca un desplazamiento forzado de los meniscos con riesgo de rotura por pellizcamiento. Además debemos recordar que en la flexión profunda se produce un estiramiento forzado de los ligamentos de la rodilla, lo que a la larga puede desembocar en inestabilidad articular, aunque no existen evidencias científicas lo suficientemente concluyentes como para asegurar que sea un movimiento especialmente peligroso para la articulación de la rodilla. En cualquier caso, en contra de la opinión generalizada, la sentadilla completa es un ejercicio fundamental para garantizar el adecuado fortalecimiento de la rodilla, incluidos los ligamentos cruzados y los laterales. Cualquier entrenador de saltos sabe que cuando incluye la sentadilla completa entre sus rutinas de entrenamiento, las lesiones de rodilla, especialmente tendinitis, descienden de forma significativa. Este planteamiento fue demostrado en los estudios de Chandler et al. (1989) y Meyers (1971).

La compresión patelofemoral es otro de los problemas que presenta el desplazar elevadas cargas durante el movimiento de flexo-extensión de la rodilla como es el caso de la sentadilla, especialmente cuando se realizan elevados ángulos de flexión de la rodilla. Fruto de estas presiones se pueden desencadenar patologías como la condromalacia o la osteoartritis.

Otros de los riesgos que van asociados al uso de las sentadilla son las lesiones en la espalda, tanto a nivel muscular (contracturas de la musculatura extensora del tronco), como a nivel óseo (apófisis espinosas de la región cervical). Respecto a los primeros debemos partir de la idea de que el punto más débil de la cadena extensora en estos movimientos se encuentra en la fuerza que el

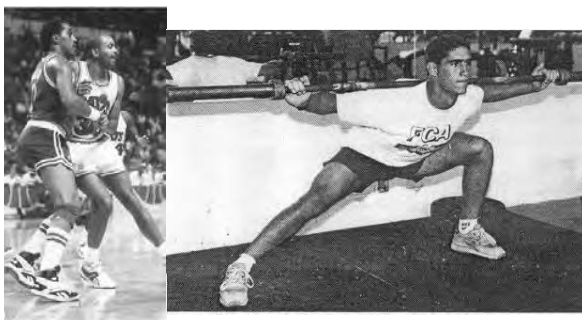
deportista pueda tener en la musculatura de la espalda. Para contrarrestar este posible déficit se pueden utilizar cinturones, aunque su uso es fuente de controversia entre los practicantes de este movimiento. Tradicionalmente los cinturones de halterofilia se han venido utilizando para reducir el estrés que sufre la columna, especialmente la región lumbar, en diferentes ejercicios en los que se efectúa una extensión de la columna y/o se coloca la carga en la parte superior del tronco. Así mismo, al incrementar la presión intra-abdominal y limitar la flexión de la columna, los cinturones disminuyen la presión que sufren los discos intervertebrales de la zona baja de la espalda.

Un riesgo asociado a la utilización de cinturones, especialmente cuando se usan muy apretados y/o no se quitan en los descansos, es su incidencia sobre la presión arterial al dificultar la circulación de retorno. Otro de los riesgos es la de debilitar músculos fijadores, como los abdominales o los extensores de la espalda, a los que sule con su utilización.

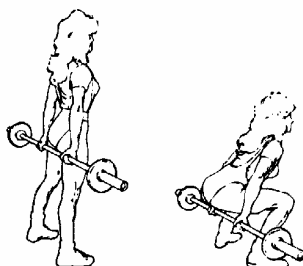
No debemos abandonar este apartado sin mencionar el riesgo que, en los deportistas poco musculados en el trapecio y los deltoides, pueden sufrir las apófisis vertebrales de la zona cervical y primeras dorsales, al apoyar la barra directamente sobre la estructura ósea sin ninguna protección.

Descripción de algunas variantes de la sentadilla. La necesidad de crear ejercicios específicos o generales orientados obliga al diseño de tareas cada vez más aplicadas a las acciones técnicas. En tal sentido, la adaptación del ejercicio de sentadilla a las necesidades técnicas de las modalidades deportivas ha propiciado que cada vez sean más usados variantes en las que las dependencias musculares varíen de forma significativa. Entre los ejercicios más utilizados podemos destacar los siguientes: sentadilla lateral; sentadilla frontal (lunge); subida a escalones (step); sentadilla con carga en la cintura; la sentadilla entre piernas y la sentadilla Jefferson.

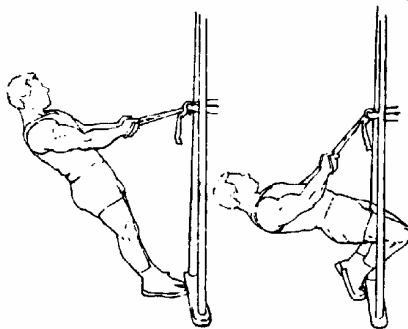
- **Sentadilla lateral.** No podemos olvidar que uno de los músculos más importantes a la hora de fijar las extremidades inferiores en la mayor parte de las técnicas deportivas son los aductores. Pongamos por caso el efecto de bloqueo que realizan los aductores cuando se sufre un deslizamiento lateral de los apoyos con separación de las extremidades inferiores o cuando en fútbol se para un balón con la parte interna del pie. En las sentadillas laterales se distribuye con mayor eficacia el esfuerzo entre dicha musculatura y la extensora de las articulaciones de la rodilla y la cadera. Otra de las características del ejercicio es la de focalizar el esfuerzo sobre una de las piernas en lugar de distribuirlo entre las dos durante la fase de extensión.



- **Sentadilla frontal (lunge).** Al igual que ocurría en el ejercicio anterior es un ejercicio que distribuye el esfuerzo entre los diferentes grupos musculares de forma más parecida a la que tiene lugar en muchas disciplinas deportivas. Se puede efectuar con dos variantes: caminando con extensión o comenzar con flexión de pierna y luego caminando.
- **Subida a escalones (step).** Es un ejercicio especialmente interesante para las acciones técnicas en las que se tienen que realizar impulsos con una pierna (carrera y/o salto). Normalmente se suelen emplear escalones o cajones de diferente altura (20-50 centímetros). Dos variantes son las flexo-extensiones de piernas desde un apoyo elevado y las sentadillas a una pierna.
- **Sentadilla con carga en la cintura.** Es una alternativa interesante para aquellos deportistas que tienen problemas en la columna vertebral, ya que el peso se centra a partir de la cintura.
- **Sentadilla Jefferson.** Consiste en hacer flexo-extensiones de piernas con la barra entre las piernas y agarrando la misma con una mano por delante y la otra por detrás.
- **Sentadilla trasera.** Es una sentadilla en la que la barra se coloca por detrás del cuerpo algo más baja que las nalgas y agarre en pronación.

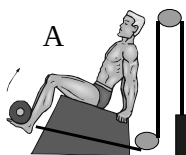


- **Sentadilla Sissy.** Es un ejercicio en el que la musculatura extensora de la rodilla trabaja a gran intensidad y en excéntrico, lo que implica una importante activación del recto anterior. Para su ejecución el deportista parte de una posición recta y manos en la cintura, para posteriormente realizar una flexión de rodillas al tiempo que extiende la cadera e inclina el tronco hacia atrás.
- **Variante de sentadilla Sissy.** Una variante de la sentadilla Sissy se realiza colocándose el deportista frente a una pared, barra o, en su defecto, espaldera en la que poder colocar una correa en la que agarrarse con ambas manos. Se inicia el movimiento con el cuerpo recto e inclinado hacia atrás, para continuarlo con una flexión de rodillas al tiempo que se trasladan las rodillas al frente. Se continúa el gesto con la extensión de las rodillas al tiempo que se tira de ellas hacia atrás y se vuelve a la posición de partida.



Las máquinas para fortalecer los extensores de la rodilla.

Hoy en día, tal y como podemos observar en el siguiente cuadro, todas las salas de musculación disponen de una importante gama de máquinas que permiten optimizar al máximo el trabajo de la musculatura extensora de la rodilla. Básicamente, todas ellas se pueden organizar en dos tipos: las de **cadena cerrada** (prensa, Hack, resistencia inercial, multipowers, etc.) y las de **cadena abierta** (extensiones de piernas; péndulos, isocinéticas, etc.).



Máquinas de Piernas (generalidades)

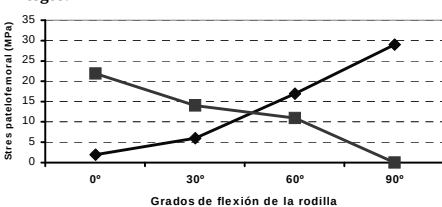
Ejercicios de Aislamiento del Cuádriceps
(Leg-Press; Máquina Hack o Jaca; Prensa V e I)



Otras máquinas:

- Planos inclinados.
- Prensa de sentadilla.
- Multipowers.
- Isocinéticas.
- Columpios (Péndulos).
- Resistencia Inercial. (Yo-Yo.)

Riesgos:



Presión Intra-patelar:

Leg Press (D)
vs
Leg Extension (A)



Aspectos más relevantes:

- Separación de los apoyos (C y D).
- Colocación del apoyo (C y D).
- Orientación de los pies (todos).
- Colocación del tronco.
- Velocidad de trabajo.



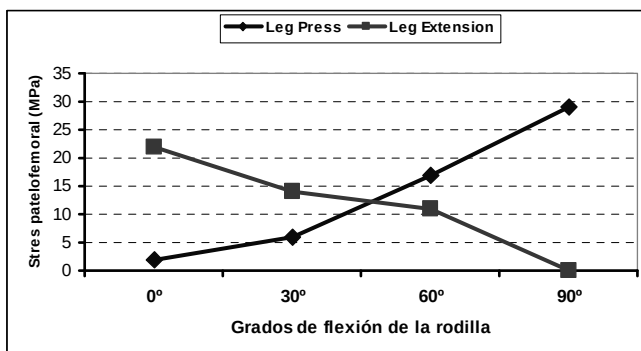
Extensiones de piernas ó leg extensión en máquina de cuádriceps (desde sentado, extensión de piernas hasta 180 grados). Es un ejercicio que estimula intensamente y permite aislar por completo la musculatura extensora de la rodilla, razón por la que siempre suele aparecer en casi todas las rutinas de

fortalecimiento del cuádriceps. Lutz et al. (1992) dicen que mientras en la sentadilla la activación electromiográfica del cuádriceps era del 59% de la máxima voluntaria, en el ejercicio de extensión de piernas en máquina los valores subían al 68%, aunque estos datos no son los que muestran otros estudios de similares características.

Se efectúan con los pies colocados bajo el soporte acolchado de la máquina de cuádriceps, se realizan extensiones de piernas hasta bloquearlas y conseguir de esta manera contraer el cuádriceps al máximo. Cuando utilicemos cargas altas, debemos evitar que las caderas se separen del asiento, comportamiento que viene motivado por la tracción que realiza el recto anterior sobre su punto de inserción sobre la cadera. Para facilitar la acción, el ejecutante debe sujetarse con las manos en los soportes que al efecto tienen estas máquinas y colocar el respaldo en la posición adecuada. Los ejecutantes deben colocar el respaldo de manera que las rodillas queden bien al borde y la espalda completamente apoyada en el respaldo y con una inclinación entre 30°-40°.

Cuando colocamos los pies orientados hacia fuera se localiza el trabajo sobre el vasto interno, mientras que cuando los pies son orientados hacia dentro se pone énfasis en el vasto externo. Este comportamiento ya fue descrito por Wheatley y Jahnke (1951), quienes encontraron mayor actividad en el vasto interno al mantener la rodilla en extensión, con la cadera flexionada o la tibia en rotación externa y viceversa.

Un aspecto pocas veces tenido en cuenta por muchos entrenadores que suelen abusar de este ejercicio con sus deportistas, especialmente los debutantes, es la enorme tensión que sufren las rodillas a nivel patelar. Si bien la tensión es bastante elevada en los primeros grados de empuje, ésta disminuye considerablemente hasta llegar a la extensión completa de la pierna. Este comportamiento es opuesto al que se puede observar en el movimiento de leg press, tal y como comprobaron Steinkamp et al. (1993). Según los autores, en los movimientos de cadena cerrada, es decir, aquellos en los que el segmento distal está fijado (sentadilla o movimientos similares con máquinas) la tensión que sufre la región patelar es significativamente más elevada a los 60° y 90° de flexión de la rodilla, que en los movimientos de cadena abierta como el de extensión de piernas en máquina, donde el segmento distal es móvil. Mientras que en la flexión de 0° a 30° la mayor tensión a nivel patelofemoral se alcanzaba en los movimientos de cadena abierta. Por tal motivo, los autores recomiendan que en los dos movimientos analizados el rango de flexión óptimo para no forzar demasiado la región patelofemoral se encuentra entre los 30° y los 60° (45°).



Frecuentemente es utilizado al inicio de las sesiones de entrenamiento orientados hacia el trabajo de piernas, bien como ejercicio de calentamiento o bien como ejercicio con el objetivo de preagotar la musculatura extensora de la rodilla antes de centrarse en el trabajo de sentadillas. Esta última estrategia es especialmente útil cuando nos encontramos con deportistas que presentan problemas en la musculatura de la espalda, pero necesitan sentir el trabajo de extensores de las rodillas sin necesitar cargas límites. En estos casos, una alternativa está en la utilización de series múltiples en las que podamos emplear ambos movimientos (ejemplo 12-15 RM de leg extension más 8-10 RM de sentadilla).

Prensa de piernas. A nuestra opinión, los ejercicios en prensa de piernas son, junto a las sentadillas, los movimientos que mejor permiten desarrollar los músculos extensores de la rodilla. Permiten realizar extensiones de piernas desde sentados en plano inclinado (*prensa inclinada*) o tumbados con empuje vertical (*prensa vertical*). Con este ejercicio se puede desarrollar fundamentalmente cuádriceps y glúteos en menor proporción (especialmente en la fase descendente).

En su ejecución el deportista debe colocarse con los pies ligeramente separados (unos 15-25 cm) y piernas en extensión no forzada para no dañar la parte posterior de la rodilla. Cuando los pies se colocan en el centro de la plataforma de empuje el deportista está en condiciones de realizar la máxima potencia, pero si desplazamos la posición de empuje, variará el potencial del deportista. Cuanto más abajo se coloquen los pies, más intervendrán los cuádriceps, mientras que por el contrario, cuanto más se suban mayor será la acción de glúteos e isquiotibiales.

A partir de esta posición, se puede iniciar el movimiento de flexión-extensión de piernas, el cual deberá ser más o menos profundo en función de las necesidades del deportista. Uno de los principales condicionantes de la profundidad del movimiento deriva de la posición del tronco (grado de flexión de la cadera), por lo cual se debe jugar con la inclinación del respaldo. En cualquier caso, es recomendable que el grado de flexión no permita a los muslos pasar de los 90° respecto al tronco, ya que de lo contrario, la eficiencia del ejercicio disminuye, aumentando el trabajo de glúteos, aumentando la presión intrabdominal y corriendo el riesgo de dañar la región lumbo-sacra..

Ejercicios de prensa de piernas (izquierda) y de sentadilla Hack (derecha)



También debemos recordar que cuanto mayor sea la flexión en la articulación de la rodilla mayor participación de vasto externo, mientras que a menor rango de movimiento será el vasto interno el que más participe en la acción. La bajada, con independencia del rango de movimiento efectuado, debe ser lenta y controlada, mientras que la extensión variará en función de los objetivos del ejercicio.

Algunas variantes dependen de la colocación de los pies (separación, punto de empuje o colocación de las puntas). Si ampliamos la separación de los pies y los orientamos hacia fuera se incidirá sobre la musculatura de la parte interna del muslo (aductores), y al colocar los pies más adelantados de lo normal, se puede incidir sobre los flexores de la rodilla (isquiotibiales) y los glúteos. Para evitar complicaciones en la parte baja de la espalda es recomendable no acercar excesivamente el muslo al pecho en la fase excéntrica del movimiento, ya que en esta posición se arquea la espalda y se aumenta la presión sobre los discos intervertebrales.

Sentadilla “Hack”. Debe su nombre al luchador Hackenschmidt, que popularizó las sentadillas con barra por detrás del cuerpo y colgando de las manos. Consiste en realizar extensiones de piernas, en plano inclinado, con la carga en los hombros. Es un ejercicio que desde el punto de vista cinemático responde a patrones muy similares a los de la sentadilla, pero con dos diferencias básicas. Por un lado elimina la mayor parte de la activación de los músculos fijadores y por otro permite concentrar el trabajo de los vastos (según la posición de los pies) y disminuyendo la participación del recto femoral.

Sentadilla “Hack” inversa. Consiste en realizar el ejercicio anterior per colocando al deportista de frente al respaldo. Esta posición permite trabajar la musculatura extensora de las rodillas en una posición muy similar a como lo hacen muchos deportistas de la misma forma a como lo hacen en las técnicas específicas (velocistas en la salida de los tacos; practicantes de bobsleigh en el empuje; defensas en fútbol americano; etc.).

Este ejercicio también estimula de manera muy intensa la musculatura extensora de la cadera (glúteos), especialmente cuando se mueven las elevadas cargas que permite este movimiento. Para evitar riesgos de lesión, es necesario que el deportista cree una buena base sustentación separando los pies, bloqueando la espalda en posición erecta y, ocasionalmente, utilizando cinturones.

- Paso profundo.
- Step (paso o subida a banco).
- Tandem.
- Tijeras.
- Saltos.
- Drops.
- Cargada.
- Peso Muerto.

EJERCICIO	Adductor Brevis	Adductor Longus	Adductor Magnus	Biceps Femoris	Gracilis	Rectus Femoris	Sartorius	Semi-tendinosus	Vastus Medialis	Vastus Lateralis	Vastus Intermedius
Tijera	XX		XX						X	X	XX
Extensión de piernas						XX			XX	XX	XX
Extensión de piernas (dedos hacia dentro)						X			X	XX	XX
Extensión de piernas (dedos hacia fuera)						XX			XX	X	XX
Sentadilla piernas juntas	X	X	X			X			XX	XX	XX
Sentadilla normal	X	X	X			X			XX	XX	XX
Sentadilla frontal	X	X	X			X			XX	XX	XX
Sentadilla frontal (multipower)	X			X		X	X	X	XX	XX	XX
Sentadilla Hack con apoyo adelantado	XX		XX		X		X		X	XX	XX
Sentadilla Hack con apoyo retrasado	XX	X	XX		XX	X	X		X	XX	XX
Sentadilla Hack estilo antiguo			X			XX			XX	XX	XX
Sentadilla Sissy			X			XX			XX	XX	XX
Prensa (con pies altos)	XX	X	XX						XX	XX	XX
Prensa (con pies bajos)	XX		XX	X					XX	XX	XX
Peso muerto piernas semiestiradas	X		X	X				X			
Peso muerto piernas semiestiradas con elevación	X		X	X							
Curf femoral sentado					XX		XX	XX			
Curf femoral acostado				X	X		XX	XX			
Aducción en máquina			XX		X						

Fuente: Tesch (1999). Donde XX supone una elevada activación; X implica moderada activación y ninguna poca o nula activación.

6.14. Musculatura flexora de la rodilla.

En la parte posterior del miembro inferior se encuentran situados algunos de los principales grupos musculares involucrados en la actividad deportiva. Estos grupos musculares afectan fundamentalmente a tres acciones concretas: extensión de la cadera, aducción y abducción de la pierna, flexión de la rodilla y flexión plantar:

- Hacen, por lo tanto, una acción contrario al cuádriceps, por lo que es necesario poseer un equilibrio adecuado de la fuerza en ambos grupos musculares. Un test de campo sencillo para determinar este balance es determinar la relación entre la sentadilla frontal y posterior, la cual debe ser de un 85%.
- También participan en la extensión del tronco ayudando al glúteo mayor cuando las piernas están fijas y sin posibilidad de desplazamiento.
- Cuando la rodilla está flexionada realizan, de forma unilateral, la rotación interna de la tibia.

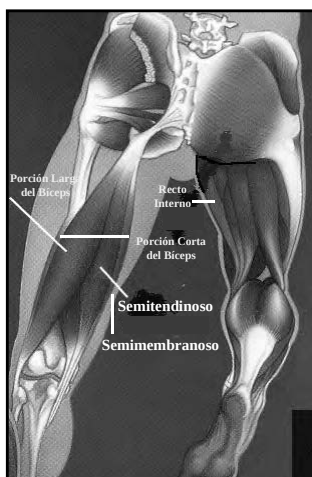
Solo mediante una concepción integrada con otros músculos de la cadera y el miembro inferior podremos comprender la complejidad de las acciones de estos importantes músculos y podremos elaborar un correcto protocolo de entrenamiento, clave para el rendimiento deportivo en muchas modalidades deportivas y conseguiremos la disminución del riesgo de lesiones en la parte posterior del muslo. Con frecuencia se observan entrenadores que no entienden

correctamente esta musculatura y cometen errores metodológicos en su fortalecimiento.

Músculo	Flexión	Extensión	Rotación Interna	Rotación Externa
Semitendinoso	***		***	
Semimembranoso	***		***	
Bíceps crural	***			***
Recto anterior				***
Vasto externo		***		
Crural		***		
Vasto interno		***		
Sartorio		***		
Recto interno	**		**	
Popliteo	**		***	
Gemelos	**			
Delgado plantar	**			

Recordatorio anatómico.

Los músculos directamente responsabilizados de la flexión de la rodilla se encuentran situados en la parte posterior del muslo, encuadrados en el grupo muscular denominado isquiotibiales, el cual está formado por los músculos: bíceps crural, semitendinoso y semimembranoso. En ésta acción también participan los músculos de la pata de ganso, compuesta por el recto interno, el sartorio y el semitendinoso. También debemos recordar que en la acción participan como colaboradores el poplíteo y los gemelos.



Flexores de la Rodilla

Isquiotibiales:

- Bíceps Crural:
 - . Porción Larga.
 - . Porción Corta.
- Semimembranoso.
- Semitendinoso (*).

Músculos de la Pata de Ganso:

- Recto Interno.
- Sartorio.
- Semitendinoso (*).

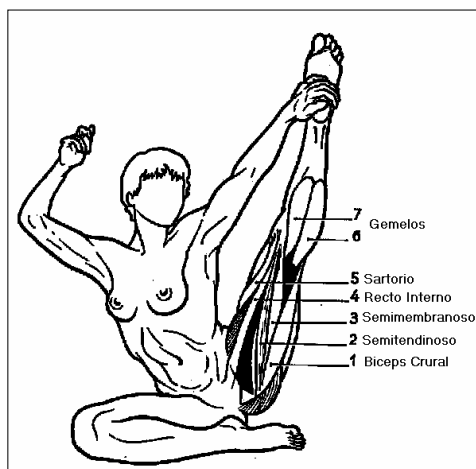
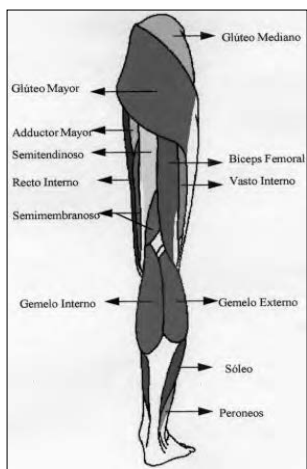
Otros:

- Poplíteo.
- Gemelos.

Otras acciones.

- Extensión de la cadera.
- Extensión de la rodilla.
- Rotadores de la rodilla.

- El músculo **semitendinoso** (*semitendinosus*) tiene su origen en la **tuberosidad isquiática** y se inserta a través de un largo tendón, que ocupa casi toda la longitud de su porción distal, por detrás del recto interno (*gracilis*) en la **tuberosidad interna de la tibia** y en la **fascia crural**.
- El músculo **semimembranoso** (*semimembranosus*) se encuentra situado debajo del semitendinoso, teniendo también su origen en la **tuberosidad isquiática** y termina en la **pata de ganso superficial interna**.
- Los **bíceps crurales** (*bíceps femoris*) forman un músculo largo que va del isquion a la tibia, estando formado por dos porciones (larga y corta). La **porción larga** (*caput longum*) nace en la **tuberosidad isquiática** a través de un tendón que es común con el semimembranoso. La **porción corta** (*caput breve*) se origina en el tabique intermuscular. Ambas porciones terminan en un tendón común que se inserta en la **tuberosidad posterior externa de la tibia**.
- El músculo **sartorio** (*sartorius*) se inicia en la **espinas anterosuperior** y baja hacia la rodilla en una larga cinta de fibras que transcurren cruzando la parte anterior del muslo para insertarse en la parte interna de la pierna al nivel de la **tuberosidad de la tibia**. Su función es la de **flexión de la rodilla** y, cuando se tiene tal posición, efectúa la **rotación interna de la pierna hacia dentro**.
- El **recto interno** (*gracilis*) es una cinta larga y estrecha que se extiende superficialmente por el **borde medial de la masa común de los músculos aductores**.



Musculatura superficial de la parte posterior de la pierna
(Dibujos de Ortega y Kapanji)

Ejercicios específicos de la musculatura flexora de la rodilla.

Nivel-I: Ejercicios de estiramientos; Talones (carrera); Tracciones traseras; Flexiones alternas sin carga (tumbados); Ejercicios sobre balón medicinal; Flexiones - Extensiones de rodilla con ayudas; Patadas traseras de polea baja con pierna estirada, Máquina horizontal de femorales.

Nivel-II: Hiperextensiones en silla romana; Máquina vertical de femorales; Máquina vertical de femorales; Caídas excéntricas desde rodillas.

Nivel-III: Buenos días; Peso muerto mantenido con flexo-extensión de rodilla; Sentadillas; Tirones de polea alta con hiperextensión de cadera.

Entre los deportistas, normalmente, son músculos con un elevado porcentaje de fibras rápidas, aunque no ocurre lo mismo entre sujetos sedentarios. Por ésta razón su entrenamiento se debe realizar con porcentajes elevados de carga, pocas repeticiones y elevado número de series. Sin embargo, la mayor parte de las ocasiones vemos que el tratamiento que se le da a ésta musculatura es la de cargas ligeras repetidas un elevado número de veces. Un detalle importante en la ejecución es evitar que las acciones excéntricas se hagan de forma violenta y/o con impactos.

Curl Femoral. El ejercicio estrella y más popular para fortalecer la parte posterior del muslo es el **curl femoral** en máquina. En este ejercicio el deportista se debe colocar tumbado prono (boca abajo) sobre el aparato y realizar una flexión de la articulación de la rodilla llevando los talones al glúteo. También es un ejercicio que, con ligeras modificaciones en su ejecución, sirve para trabajar la parte proximal de los gemelos y, principalmente, sus tendones de inserción en el femur.

Máquinas de Musculación para Curl Femoral



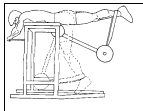
Variantes:

- Horizontal: Una o dos piernas.
- Vertical: Una o dos piernas.
- Sentados: Una a dos piernas.

Posición de la punta de los pies
Flexión del tobillo

Otras:

- Poleas:
 - . Tracción de polea alta.
 - . Patadas traseras en polea baja.
- Máquina de glúteos.



Ejercicio / Activación Muscular	Biceps Femoral	Recto Interno	Semi-tendinoso	Sartorio	Gemelos Popliteo
Curl Femoral Sentados	*	***	***	***	*
Curl Femoral Tendidos Supino	**	**	**	**	*
Curl Femal de Pie	Porción Corta	*	*	*	**

Las primeras variantes que debemos considerar hacen referencia a la colocación del sujeto durante la ejecución cuidando aspectos como la orientación de los pies y la posición en la que se sitúan las articulaciones del tobillo (grado de flexión) de ambas piernas:

- Realizando una flexión (dorsal) forzada de articulación del tobillo se acentúa el trabajo de los gemelos.
- Realizando una extensión (flexión plantar) de la articulación del tobillo se acentúa el trabajo de los isquiotibiales.
- Si colocas los pies con una flexión de 90° de la articulación del tobillo y se hace una rotación externa del pie se concentra el trabajo en el bíceps femoral.
- Si colocas los pies en una flexión de 90° de la articulación del tobillo y se hace una rotación interna del pie se concentra el trabajo en el semimembranoso y el semitendinoso.

Variantes de curl de piernas. Ligeras modificaciones en la ejecución del curl de piernas nos permiten ir variando el acento sobre diferentes estructuras anatómicas que provocan la flexión de la articulación de la rodilla. Así, se puede localizar la acción sobre el semitendinoso y semimembranoso efectuando el curl de pierna con una ligera rotación externa de la pierna separando la punta de los pies. También podemos actuar sobre la articulación del tobillo, fundamentalmente sobre los gemelos, de forma que cuando los pies están en extensión predomina el trabajo de isquiotibiales, y cuando los pies están en flexión dorsal se concentra más trabajo sobre los gemelos (sobre todo cuando la resistencia se apoya sobre la pantorrilla).

- **Curl a una pierna.**
- **Curl vertical en máquina.** Recientemente se han popularizado, en casi todos los gimnasios, las máquinas para curl de piernas vertical. Con este ejercicio se puede localizar el ejercicio a una pierna de manera bastante natural, permitiendo durante todo el recorrido, que el músculo trabaje contra la gravedad. Esta variante solicita el conjunto de músculos isquiotibiales y menos los gemelos.
- **Curl femoral sentados.** En la variante del curl femoral en la que el sujeto se sitúa sentado (**curl femoral sentado**), la ejecución consiste en tirar con los talones y/o las pantorrillas hacia atrás en un movimiento de flexión de rodillas, el bíceps femoral (especialmente su porción corta) no son tan activadas, localizándose el trabajo en el semimembranoso, el semitendinoso y el sartorio.

Ejercicios Libres para Femorales



Ejercicios con Balón Gigante:

- Flexión - Extensión cadera (1).
- Flexión - Extensión rodilla (2).
- Flexión Unilateral cadera (3).

Ejercicios con Ayudas:

- Dejar caer el tronco.
- Empujar talones:
 - Concéntrico.
 - Excéntrico.
- Oponerse a extensión de rodilla.

Ejercicios sin Ayudas:

- Flexo-Extensiones tumbados.

Ejercicios en Apoyos:

- Hiperextensiones en silla romana.

Ejercicios de Hiperextensión:

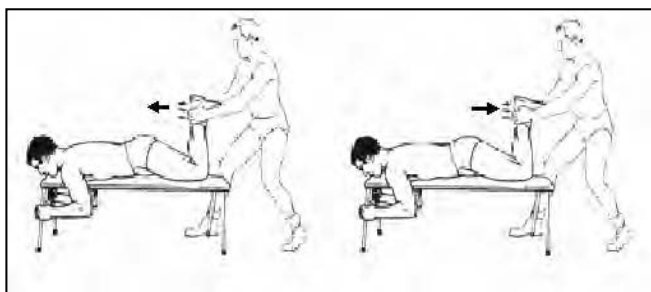
- Estiramientos en contracción:
 - Con o sin Rebotes.



- **Curl con ayuda.** El movimiento se puede modificar y simplificar al hacer que el deportista se tumbé sobre un banco (máquina) para isquiotibiales, o sobre el suelo con un compañero que tire los talones buscando la extensión de la rodilla.

En el primer caso, la máquina debe estar diseñada de manera que permita al ejecutante colocar sus rodillas en el borde distal del banco o ligeramente más retrasadas así como los puntos de tracción por encima de los talones. En la actualidad, la mayor parte de las máquinas de curl femoral se fabrican de forma que cuando se tracciona de la carga, las características del banco (inclinado en el apoyo de los muslos y flexionando la cadera) colocan automáticamente la articulación de la cadera en una posición ligeramente flexionada que proporciona una posición más eficaz para incrementar la fuerza durante la flexión de la rodilla. Debemos recordar que los isquiotibiales son, además de flexores de la rodilla, extensores de la cadera, de manera que cuando se flexiona la cadera los isquiotibiales se tensan, especialmente si se mantienen las piernas estiradas. En cualquier caso, el ejercicio debe ser ejecutado de forma muy controlada, tirando de las caderas hacia abajo, por contracción de glúteos, simultáneamente a la acción en la que se tira de talones. Todo el movimiento de bajada (recuperación) debe ser realizado lentamente, no dejando que las piernas caigan de golpe, ni que se aproveche la caída para realizar un tirón posterior.

Trabajo de isquiotibiales con ayuda de un compañero: Concéntrico (izquierda), Excéntrico (derecho)



- **Curl excéntrico.** Otro ejercicio específico de la musculatura isquiotibial es el denominado **curl invertido** de piernas, el cual tiene la peculiaridad de hacer trabajar los músculos flexores de la rodilla en excéntrico. Debemos considerar que es un músculo que responde bien al trabajo excéntrico siempre que sea utilizado correctamente y eliminando riesgos en su ejecución. Básicamente, el ejercicio consiste en colocarse de rodillas sobre un punto blando del suelo con las caderas en extensión, mientras un compañero le agarra de los talones. Desde la posición indicada, el deportista se deja caer al frente, con el tronco recto, a una velocidad controlada según los niveles de fuerza. Al ser una acción excéntrica de gran intensidad sobre un músculo no excesivamente fuerte, se debe esmerar la prudencia en su utilización, razón por la que no debe ser empleado entre deportistas no demasiado entrenados.

Ejercicios con sobrecarga:

Dicha acción es especialmente intensa en los movimientos de **peso muerto con piernas estiradas**, los **buenos días** y aquel en el que el deportista, desde tumbado supino, realiza una **tracción de polea alta con piernas estiradas** pasando de la flexión de caderas a la hiperextensión, donde los isquiotibiales ayudan a los glúteos a realizar la extensión de la cadera.

Ejercicios con Barras para Femorales



Principales:

- **Peso Muerto** (Pref. 75%SQ).
- **Buenos días** (Pref. 50%SQ).
- **Sentadillas** (1/2 ó 1/4).
- **Sentadilla Hack** (Ap. Adel.).
- **Extensión desde Paso profundo.**

(*) Como sobrecarga también podemos utilizar mancuernas

Características:

- Son específicos de otros grupos musculares.
- Dependen de aspectos de ejecución.



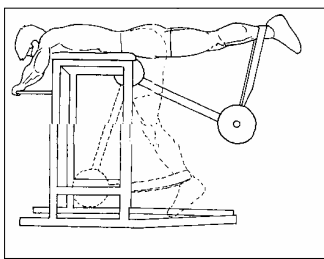
Peso Muerto. En el peso muerto con piernas estiradas los isquiotibiales inician la acción desde la máxima extensión de la musculatura, logrando que los músculos sean sometidos a una elevadísima tensión, tanto del componente contráctil muscular como de sus puntos de inserción (tendones) cuando el deportista se estira o desciende inclinando el tronco mediante una flexión de la cadera. Wright et al. (1999) compararon la activación de los isquiotibiales cuando

hacían tres ejercicios diferentes de los que se utilizan para el fortalecimiento de esta musculatura (sentadilla trasera, curl de piernas y peso muerto con piernas estiradas). La respuesta EMG encontrada muestra que la activación durante la sentadilla fue la mitad que en los otros dos movimientos, lo que sugiere que estos son más eficaces a la hora de activar el mayor número de unidades motoras.

Buenos días. Los "buenos días" con piernas estiradas son una buena alternativa al peso muerto, para trabajar la musculatura posterior del muslo, en el que también participan de forma muy intensa toda la musculatura de la parte baja del tronco. Por esta razón es conveniente utilizar cargas no excesivamente elevadas. Muchos entrenadores recomiendan cargas máximas del 50% de la utilizada en las sentadillas.

Tirones de polea alta con pierna estirada (patadas traseras). Con este ejercicio se localiza mucho mejor la acción de los isquiotibiales sobre la extensión de la cadera, pero partiendo el movimiento desde la posición de flexión de cadera. Este comportamiento de los isquiotibiales es especialmente importante en las modalidades deportivas que exigen impulsiones y batidas explosivas⁵.

Hiperextensiones desde tendido prono. Aún siendo básicamente un ejercicio que tiene como objetivo la extensión de la cadera, si se realiza con la pierna en extensión también trabaja otros músculos como bíceps femoral, semimembranoso y semitendinoso. En la extensión activa de la cadera, una vez que se supera la horizontal, la extensión del tronco queda limitada por la tensión del ligamento iliofemoral. Este movimiento es más amplio cuando la pierna está en extensión (20° desde el plano vertical) que cuando se encuentra flexionada por la rodilla (10° desde el plano vertical).



Subidas a banco. Los ejercicios de subida a un banco imitando la subida a una escalera son ejercicios de extensión de piernas y cadera, pero también actúan de forma eficaz sobre los isquiotibiales. Para incrementar la intensidad del

⁵ Durante la carrera se ha comprobado (Hannon et al.-1985; Nilsson et al.-1985; Wood-1986; Wiemann y Tidow-1995) que los isquiotibiales se mantienen activos durante toda la fase de apoyo del pie en el suelo, continuando su actividad durante la fase de recogida del pie durante la fase de vuelo, teniendo en este caso la función de flexores de la rodilla. Existe una relación de antagonismo-sinergia entre los isquiotibiales y el cuádriceps (en especial con el recto interno) que actúa de forma muy directa sobre la fase de impulso en la carrera. El glúteo es antagonista en la cadera y sinergista en la rodilla. Esta función es fundamental para la carrera de velocidad, debiendo ser tenida en cuenta con mayor atención por estos deportistas. Ejercicios de flexión de la pierna con polea baja, gomas, tobilleras o cualquier otro tipo de carga, desde posición supino, tendido prono o posición vertical son los más adecuados para localizar el trabajo muscular durante esta acción.

ejercicio la subida se debe realizar con una carga añadida (barra o chaleco lastrado).

Sentadillas traseras. Durante la ejecución de una media sentadilla y la sentadilla completa con barra sobre los hombros, los músculos isquiotibiales hacen la función de músculos sinergistas durante el inicio del movimiento. En este momento actúan realizando la función de estabilización de la rodilla al ejercer una fuerza de oposición a los extensores de la rodilla al nivel de la tibia. Jensen y Ebben (2000) señalan que la mayor activación se consigue a unos 120° de flexión de la articulación de la rodilla, coincidiendo con lo que propone Ninos et al. (1997) quienes sitúan los valores de flexión de la rodilla entre los 120°-130°. Para evaluar correctamente el movimiento lo ideal sería atender a las variaciones que tienen lugar en las dos articulaciones principales que se ven afectadas por el ejercicio: las de la rodilla y la de la cadera. Aunque en las ejecuciones correctas ambas articulaciones intervienen sincronizadamente, también es cierto que pueden existir diversas anomalías. Ohkoshi et al. (1991) evaluaron la tensión que se desarrolla en los músculos agonistas y sinergistas de este movimiento en el miembro inferior, observando que en los isquiotibiales aumenta cuando mayor es la inclinación del tronco.

Flexión Rodilla (°)	Flexión Tronco (°)	Cuádriceps (N)	Isquiotibiales (N)
30°	0°	0.53 +/-0.30	0.04 +/-0.03
	15°	0.44 +/-0.22	0.25 +/-0.30
	30°	0.38 +/-0.25	0.33 +/-0.30
	60°	0.29 +/-0.20	0.60 +/-0.44
	90°	0.39 +/- 0.35	0.62 +/- 0.45
60°	0°	1.91 +/-0.90	0.15 +/-0.32
	15°	1.91 +/-0.68	0.15 +/-0.24
	30°	1.37 +/-0.81	0.29 +/-0.51
	60°	1.17 +/-0.68	0.35 +/-0.59
	90°	1.02 +/-0.65	0.32 +/-0.37

Fuente: Ohkoshi et al. (1991).

Sin embargo, según algunos autores, la activación de los isquiotibiales no es igual en las dos fases del movimiento (excéntrica y concéntrica), ya que según ellos sólo en la fase excéntrica del movimiento la activación varía con el grado de flexión, pero durante la fase concéntrica es la carga la que determina el grado de activación. Sin embargo, este tema es bastante controvertido y no plenamente aceptado por todos los estudiosos y entrenadores que han analizado el problema.

Por otro lado, Isear et al. (1997) demostraron que la activación de los isquiotibiales en la sentadilla era más intensa cuanto más grande fuese la carga sostenida sobre la espalda. La importancia de este movimiento sobre la musculatura isquiotibial también fue demostrada por Escamilla et al. (1998), los cuales compararon la importancia del trabajo de los isquiotibiales en los movimientos de sentadilla, leg press y leg extension. Los autores comprobaron que la respuesta EMG de esta musculatura era el doble en la sentadilla que la que se podía observar en otros ejercicios de piernas como son el leg press y el leg extension.

Ejercicios específicos de carrera.

Ejercicios Específicos de Carrera



Elevaciones de talones:

- Con flexión de cadera.
- . Con o sin tobillera.
- Sin flexión de cadera.
- . Con o sin tobillera.



Tracciones traseras:

- . Con o sin tobillera.



6.15. Músculos extensores de la cadera.

Los músculos que realizan la extensión de la cadera se encuentran situados en la parte posterior de la pelvis, por detrás del plano frontal que pasa por el centro de la articulación, o bien se insertan en ellas. Los primeros constituyen una voluminosa musculatura que en muchas ocasiones trabajamos en ejercicios que son más conocidos por su incidencia en la musculatura extensora de la rodilla.

Los dos grandes grupos musculares que se encargan de la extensión de la cadera son: los **glúteos** (mayor y mediano) y los **isquiotibiales** (bíceps largo, semimembranoso y semitendinoso). El segundo grupo (isquiotibiales), sólo resultará eficaz si la extensión de cadera se realiza cuando la pierna se encuentra en extensión.

La extensión de la cadera permite desplazar el miembro inferior hacia la parte posterior, a la vez que permite estabilizar la cadera y extender el tronco al nivel de la cadera. Durante la marcha la extensión de la cadera es realizada por los isquiotibiales sin que intervenga con demasiada intensidad el glúteo mayor. ~~Se~~ El último músculo actuará más intensamente cuando existe una flexión de la cadera (ejemplo: un ciclista durante un demarrage), o bien cuando se realiza una extensión máxima y de gran intensidad (ejemplo: salida de tacos en la velocidad).



Francisco Moser

Por regla general, se puede señalar que el glúteo mayor no interviene en la extensión de la cadera si ésta no está flexionada más de 45°, a menos que se trabaje contra una fuerte resistencia. Un comportamiento de estas características explica la tendencia de los ciclistas a inclinarse hacia delante en el momento de realizar fuertes golpes de pedal ayudándose de dicha musculatura, o la posición de salida de cuatro apoyos de los velocistas (Rasch y Burke-1985).

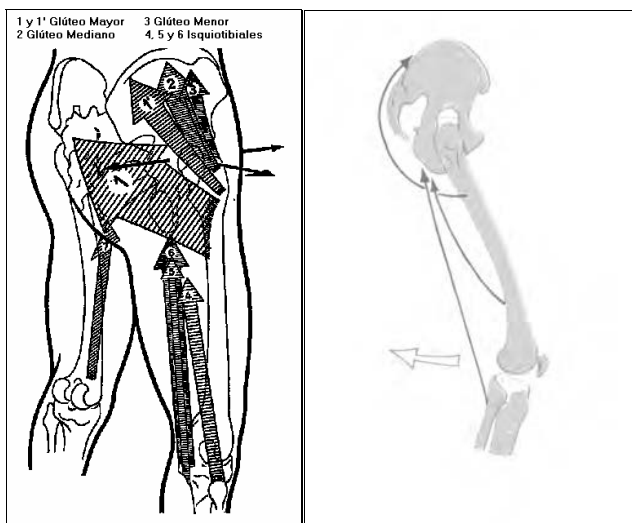
Recuerdo anatómico.

Limitaremos el repaso anatómico a los glúteos, ya que el resto de músculos importantes que intervienen en la extensión de la cadera son explicados en el apartado dedicado a la flexión de la rodilla.

El **glúteo mayor** (*gluteus maximus*) es el más superficial y voluminoso de los músculos de la parte posterior de la pelvis. Nace en forma de fascículos en una vasta zona en la región más posterior de la cresta ilíaca, del coxal, del ligamento sacroilíaco posterior, de la aponeurosis lumbar, de la cresta del sacro y del cóccix, de la aponeurosis del glúteo medio, de los tubérculos sacros posterior y externo y de la cara posterior del ligamento sacrociático mayor, para terminar insertándose en el fémur en la denominada tuberosidad glútea del fémur. El punto de inserción queda separada del trocánter mayor del fémur por una bolsa sinovial denominada bolsa trocanterea del glúteo mayor. Siendo antagonista del psoasiliaco, su función principal es la de extensión de la cadera manteniendo el equilibrio de la pelvis sobre el tronco y evitando el movimiento opuesto (inclinación del tronco hacia delante).

El **glúteo mediano** (*gluteus medius*) se encuentra debajo del anterior del que sobresale por arriba y por delante, insertándose en la cresta ilíaca, en la espina ilíaca ánterosuperior, en la fosa ilíaca y en la aponeurosis glútea, de donde nacen fascículos que convergen hacia el trocánter mayor del fémur. Esta estructura hace que cumpla la función de abductor del muslo si se fija la cadera, y de extensor de la cadera cuando la extremidad está bloqueada.

El **glúteo menor** (*gluteus minimus*) es un músculo aún más profundo que el anterior. Nace en el hueso coxal (cara externa del ilion) para insertarse en el borde anterior del trocánter mayor del fémur, lo que le confiere las mismas funciones que al glúteo mediano. Debajo de su tendón de inserción se encuentra una bolsa sinovial denominada bolsa trocantérica del glúteo mínimo.

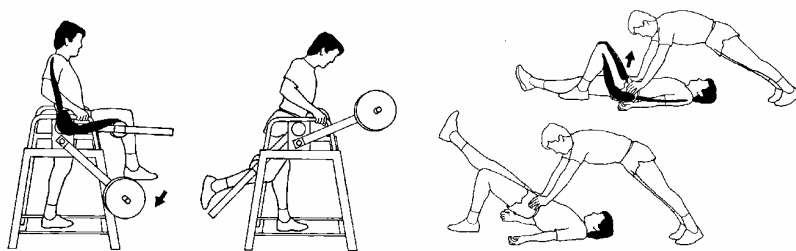


Musculatura extensora de la cadera y su función (Kapanji y Fucci-Benigni)

Ejercicios específicos de la musculatura extensora de la cadera.

Algunos de los ejercicios explicados en el apartado de la extensión y la flexión de la rodilla son determinantes en el entrenamiento de la extensión de la cadera, por lo que no vamos a describirlos nuevamente. Los ejercicios más eficaces para fortalecer la musculatura extensora de la cadera son:

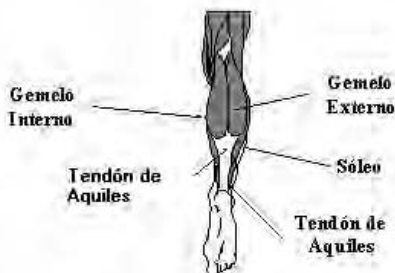
- Sentadillas y sus variantes (principalmente paralelas o completas).
- Extensiones de piernas en prensa Jaca.
- Extensión de cadera tumbados en posición prono (partiendo desde máxima flexión de la articulación).
- Elevación posterior de pierna en el suelo en posición de cuadrupedia.
- Patadas traseras.
- Máquinas de glúteos.
- Subir escaleras (gradas, escaleras o máquinas).
- Tánden de piernas en banco.
- Extensiones de caderas desde tendido supino y piernas dobladas.



Máquina de glúteos y Extensiones de caderas desde tendido supino y piernas dobladas

6.16. La flexo-extensión en la articulación del tobillo.

La flexión del tobillo es el movimiento por el que el dorso del pie se aproxima a la cara anterior de la pierna, mientras que durante la extensión el dorso del pie se aleja de la pierna. Sin embargo, es muy común denominar a ambos movimientos como flexión dorsal y flexión plantar del pie respectivamente. En nuestro caso, nos interesa adentrarnos en la flexión plantar o extensión del tobillo, ya que es una acción fundamental para la carrera o los saltos.



Recuerdo anatómico.

La responsabilidad principal de este movimiento la tiene el **tríceps sural** (*triceps surae*), el cual está constituido por tres cuerpos musculares que poseen un tendón de inserción común (tendón de Aquiles), aunque es necesario recordar que la extensión pura (flexión plantar) es fruto de la contracción sinérgica-antagonista del tríceps y del peroneo largo (sinérgica en la extensión y antagonista en la prono-supinación). Los músculos a que hacemos referencia con el nombre de tríceps sural son los gemelos (interno y externo) y el sóleo.

- Los **gemelos** (*gastrocnemius*) son músculos compuestos por dos cabezas, la **lateral** (*caput laterale*) y la **medial** (*caput laterale*), las cuales se originan en los cóndilos femorales y terminan en un tendón común (tendón de Aquiles) que atraviesa la articulación de la rodilla, lo que le convierten en músculo biarticular (rodilla y tobillo)

-
- Diagrama anatómico de la vista posterior de la pierna derecha, mostrando la musculatura y sus inserciones. Las etiquetas incluyen:
- Gluteo:** Gluteo mayor, Gluteo menor, Gluteo medio.
 - Femur:** Femur.
 - Tibia y Fibula:** Tibia, Fibula.
 - Músculos de la pierna:** M. biceps femoris, M. semitendinoso, M. semimembranoso, M. gastrocnemio, M. sóleo.
 - Músculos del pie:** M. flexor digitorum profundus, M. flexor digitorum superficialis, M. flexor hallucis, M. flexor pollicis, M. flexor digiti minimi, M. abductor digiti minimi, M. adductor digiti minimi, M. adductor hallucis, M. adductor pollicis, M. adductor digiti medii, M. adductor digiti anular, M. adductor digiti minimi, M. adductor digiti medii, M. adductor digiti anular, M. adductor digiti minimi.

- Flexor Común Dedos.
- Flexor Dedo Gordo.



216

posición erguida, con rodillas estiradas y carga sobre la espalda. Cuando un sujeto hace un gesto de flexión plantar con las piernas en extensión al nivel de la rodilla, como hace la deportista de la foto siguiente, actúan los tres grandes músculos de la pantorrilla, así como los sinergistas, aunque con especial incidencia en los gemelos. En su ejecución se debe evitar en desplazamientos ántero-posteriores de la rodilla de forma que siempre la proyección del empuje se dirija directamente hacia la rodilla y la cadera.



Trabajo de gemelos con rango máximo de movimiento

Algunos deportistas hacen el movimiento en **dos fases** (impulsos) o simplemente con **acciones parciales** (sólo la última fase de la extensión), con lo que se enfatiza más sobre la acción de los gemelos.

Gemelos en burra. Una técnica muy difundida entre los culturistas es hacer el mismo ejercicio con una flexión del tronco hacia delante, movimiento que se conoce como **gemelos en burra**, donde la carga en vez de colocarse sobre los hombros se coloca sobre la cadera.

Muelles a una pierna. Para conseguir una incidencia aún mayor sobre los gemelos, el ejercicio se debe hacer **sobre una sola pierna**, ya que de lo contrario el efecto no será tan localizado. Aspectos cinestésicos determinan este curioso comportamiento, y explica el hecho de que el sóleo tenga tan alto porcentaje de ST, ya que habitualmente el ser humano permanece en posición bípeda durante gran parte de su vida.

Músculo	Sóleo	Gemelo Interno	Gemelo Externo	Peroneo Lateral
Gemelos en posición vertical con pies paralelos	*	*	*	*
Gemelos en posición vertical con puntas de los pies abiertas	*	*	*	*
Gemelos en posición vertical con puntas de los pies cerradas	*	*	*	*
Gemelos en posición vertical a una pierna	*	*	*	*

Fuente: Tesch (1999).

Muelles con modificación del apoyo. Cuando se quiere enfatizar sobre la parte lateral externa de la pantorrilla, la punta de los dedos debe mirar hacia dentro, con lo que también se trabajará músculos tibial anterior, peroneos largo y corto y el extensor largo de los dedos. Si miran hacia fuera se activarán el tibial posterior y los flexores de los dedos. Sin embargo, si analizamos la tabla anterior vemos que Tesch (1999) no llega a estas conclusiones tras un estudio de dicha musculatura en la que se utilizó la técnica de la RMN. El autor señala que cuando el gesto se ejecuta con la punta de los dedos hacia el interior, se pierde eficacia en el movimiento no incrementándose la participación del gemelo externo. ¡jo ampliar!

Muelles con rodillas flexionadas. Sí el ejercicio se hace con las rodillas flexionadas, como ya se señaló, los gemelos se acortan y el trabajo se localiza en el sóleo. La ejecución de este ejercicio se hace colocando la parte anterior de la planta del pie sobre un alza, con los talones en el aire y la carga sobre la parte inmediatamente posterior a la rodilla. El sóleo es un músculo de alto contenido de fibras tipo ST, por lo que no es de gran importancia para el velocista. Además, al ser la fuerza reactiva un factor determinante de la velocidad, un sóleo largo no suele venir acompañado de un tendón largo. Esto hace que el ejercicio no se suele emplear tanto como el anterior en los deportes de fuerza explosiva.



Trabajo de flexión plantar con piernas dobladas.
(Fuente: Kinesiología; Yessis-1994)

Músculo	Sóleo	Gemelo Interno	Gemelo Externo	Peroneo Lateral
Gemelos con piernas dobladas y los pies paralelos	*			*
Gemelos con piernas dobladas y las puntas de los pies abiertas	*			*
Gemelos con piernas dobladas y las puntas de los pies cerradas	*			*

Fuente: Tesch (1999).

Variantes de los muelles. Otras variantes especialmente interesantes son los **muelles dinámicos** y muy especialmente los **muelles en salto**, los cuáles son muy utilizados en el trabajo reactivo de esta musculatura, marcando especialmente su incidencia sobre las adaptaciones estructurales que tienen lugar en el tendón de Aquiles y los mecanismos reflejos de la misma.

6.17. Multisaltos.

Los multisaltos son algunos de los ejercicios fundamentales para las modalidades deportivas en las que la musculatura extensora del tobillo trabaja de forma reactiva, como es el caso de los saltadores o los corredores. En estas ocasiones, los deportistas deben variar de forma significativa la forma en la que se trabajan los mismos. Los multisaltos suelen estructurarse en dos grandes bloques: los verticales y los horizontales.

Multisaltos verticales.

Diferentes investigaciones demuestran una estrecha relación entre la máxima velocidad de carrera y la fuerza reactiva (Komi-1984, Bisas et al.-1995) y con el tiempo de acoplamiento en ejercicios de cortos ciclos de estiramiento - acortamiento (Mero et al.-1981).

Valores de Intensidad	Tipos de Ejercicio	Intensidad de Ejercicio	Nº repeticiones/serie	Nº repeticiones / sesión	Descanso/serie
1	Salto alta reactividad (>60 cm)	Máxima	8-5 x 10-20	120-150 (200)	8'10'
2	Drops (80-120 cm)	Muy Alta	5-15 x 5-15	75-150	5'7'
3	Boundings 2 piernas 1 pierna	Submáxima	3-25 x 5-15	50-250	3'5'
4	Salto baja reactividad (20-50 cm)	Moderada	10-25 x 10-25	150-250	3'5'
5	Salto bajo impacto / Lanzamientos	Bajo	10-35 x 10-15	50-300	2'3'

Fuente: Bompa (1993).

Para el entrenamiento de velocidad se utilizan pequeños saltos sobre obstáculos, buscando que la rodilla se flexione lo menos posible sin llegar a bloquearse. La altura del obstáculo puede ser variable (40-100 cm) y la separación de aproximadamente un metro. El número de obstáculos 6-8 y el número de series de 4-6. Este tipo de entrenamiento se puede realizar de 4 a 6 veces por semana, fundamentalmente durante el período de preparación especial. El volumen anual es alrededor de 1.500 saltos. En este tipo de entrenamiento se recomienda la utilización de un cinturón similar a los de halterofilia, con el fin de proteger la columna vertebral y los músculos de la región lumbar.

Algunos ejemplos de tipos de saltos empleados para mejorar la fuerza reactiva de piernas pueden ser los siguientes:

- Saltar vallas separadas a 4-6 pies, mediante impulsos a dos piernas. La altura puede ser variada, aunque el empleo de alturas elevadas incluye el trabajo de flexores de la cadera al tener que elevar las rodillas.
- Igual que el anterior, pero intercalando un bote intermedio.
- Pasar las vallas en forma de paso con impulso de una pierna.
- Igual al anterior pero incorporando dos pasos entre valla y, por lo tanto, alternando pierna de batida.
- Pasar vallas a la pata coja.
- Pasar vallas a la pata coja pero alternando piernas de apoyo (DD-II).
- Impulsos a un cajón o plinto y caer a la posición inicial. Hacer hincapié en el rebote rápido sobre el suelo.
- Saltos en gradas.

En los períodos de orientación hacia el desarrollo de fuerza máxima relativa, incluso en el de fuerza explosiva, estos ejercicios se pueden ejecutar con pequeñas sobrecargas (cinturones o tobilleras).

Multisaltos horizontales.

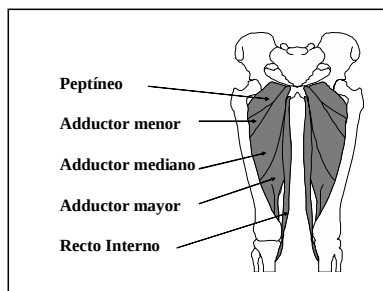
Podemos diferenciar entre cortos y largos. Los primeros serán saltos horizontales a pies juntos, saltos alternos (segundos de triple) donde emplearemos desde triples a decasaltos; y también se utilizan los saltos a la pata coja. El número de saltos a realizar en cada unidad de entrenamiento está en torno a los 50. Los segundos o largos son recorridos de hasta 100 metros empleando segundos de triple. Los multisaltos horizontales también están altamente correlacionados con la fase de aceleración de las carreras de velocidad.

En sujetos jóvenes, los niveles de las cargas de entrenamiento de multisaltos horizontales son claramente inferiores a los señalados. Para velocistas en formación, Tabasnik (1991) propone los siguientes ejercicios:

	Carga	Observaciones
Salto en el sitio	10-25 saltos x 3-4 repeticiones con recuperación de 1.5-2 minutos	Atención a la acción elástica del movimiento
Carrera saltada	20-15 x 6-8 Recuperaciones 1.5-2 minutos	Atención a los apoyos y la posición del cuerpo
Salto sobre balones medicinales	10-12 balones x 6-8 series. Recuperaciones 1.5-2 minutos	Atención al ritmo de las acciones
Salto en tándem	10-14 saltos	
Escaleras cada 2 peldaños	4-6 repeticiones (20 gradas)	No parar en cada acción

6.18. Músculos aductores del miembro inferior.

Para completar el apartado de músculos de la pierna o miembro inferior, conviene mencionar a los músculos encargados de aducción del muslo. Este gesto es efectuado por la musculatura que se inserta en la cara interna del fémur y en la pelvis, de forma que la mayor parte de los mismos pasa por debajo de la articulación coxofemoral, menos el psoas ilíaco, lo que le facilita la acción de traccionar la pierna. La función de aproximación de la pierna es efectuada por el aductor largo (*adductor longus*), el aductor corto (*adductor brevis*) y el aductor mayor (*adductor magnus*), el recto lateral (*gracilis*), el psoas ilíaco, el glúteo mayor, el peptíneo (*peptineus*) y el obturador. Los más potentes y específicos son los tres primeros, que nacen en el pubis y van hacia la parte interna del fémur en casi toda su longitud. Además de la aducción, también son sinergistas de la rotación lateral y, según como, la flexión de la cadera (peptíneo, aductor largo y corto) y la flexión de la rodilla (gracilis).



Ejercicios específicos para la aducción del miembro inferior.

- **Nivel-I:** Aducciones isométricas; Aplastamiento de balones.

- **Nivel-II:** Tirones de polea baja; Máquina de aductores; Caminar con rodilla a talón contrario.
- **Nivel-III:** Marcha Brazanowski; Sentadilla completa piernas abiertas (cierta separación de piernas).

6.19. Músculos abductores del miembro inferior.

La abducción del miembro inferior la realizan los músculos que, colocados en la parte externa de la pierna afectan a la articulación de la cadera. El glúteo menor (*gluteus medius*), el glúteo mediano (*gluteus medius*), el tensor de la fascia lata (*tensor fasciae latae*) y los fascículos superiores del glúteo mayor (*gluteus maximus*), son las principales estructuras musculares que cumplen la función de abducción (separación) de la extremidad inferior.

Elevaciones laterales de pierna. Elevaciones laterales de la pierna desde la posición de tumbado lateral es el ejercicio básico de la abducción del miembro inferior. Para una ejecución correcta la elevación no debe sobrepasar los 70°. La intensidad se puede incrementar por la oposición de un compañero o por la utilización de tobilleras.

Separaciones simultáneas de piernas en máquina. En este tipo de ejercicio la incidencia sobre los glúteos varía en función de la inclinación que tenga el respaldo de la máquina. Cuando el respaldo está muy inclinado se activan los glúteos medianos, mientras que cuando está vertical se trabaja la parte superior de los glúteos mayores.

Máquinas de abducción vertical. En este aparato el deportista está de pie se trabajan los glúteos medianos y los glúteos menores.

Abducciones en polea baja. Para su ejecución el deportista engancha la polea en el tobillo. Incide, como en la máquina anterior, sobre los glúteos medianos y los glúteos menores.

Capítulo 7

Los movimientos complejos

7.1. Movimientos complejos: mixtos.

Nos referiremos en este apartado a los ejercicios más utilizados en el entrenamiento de la halterofilia, los cuales emplean cadenas de movimiento complejas y con participación de un gran número de grupos musculares. La arrancada, la cargada y el jerk son tres ejercicios muy difundidos entre todos los deportistas que necesitan trabajar la fuerza, pero a diferencia de la mayoría de los ejercicios descritos hasta este momento, su ejecución es muy compleja, por lo que se necesita realizar un cuidadoso aprendizaje que limite al máximo los riesgos de lesión.

7.2. Arrancada y sus variantes.

Consiste en levantar la barra, de un solo movimiento, desde el suelo o punto de partida hasta la completa extensión de los brazos por encima de la cabeza. El movimiento comienza con los pies separados a la anchura de la cadera y las piernas flexionadas; el tronco se flexiona manteniendo la espalda hiperextendida y la cabeza ligeramente levantada.

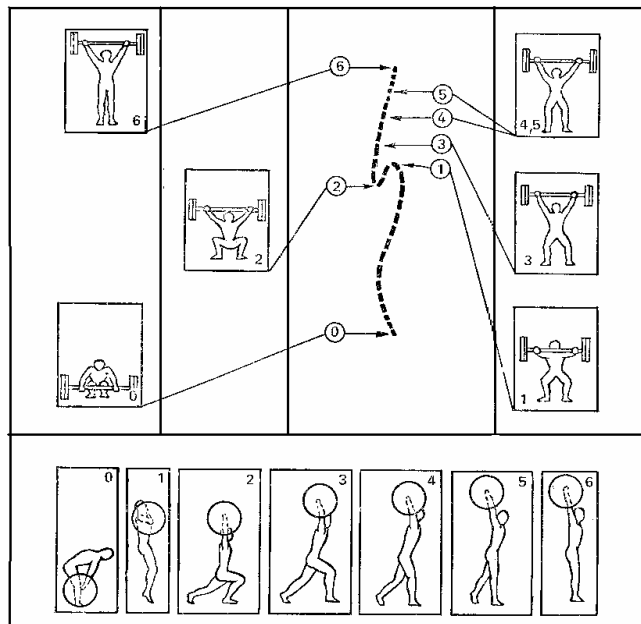


Figura 7.1. Secuencia, frontal y lateral, del movimiento de arrancada en squat y en tijera

Lukasov (1972) divide el movimiento en tres períodos y seis fases. En la **posición de partida**, el deportista pone sus pies separados a la anchura de la cadera o algo menos, de forma que el metatarso se encuentre justo debajo de la barra. Cuando se inicia el movimiento los brazos están estirados, los hombros algo adelantados y pies completamente apoyados en el suelo. Después de un **desplazamiento inicial** (figura-1 del gráfico anterior) vertical, se produce un **tirón o halón** (figura-0 del gráfico anterior) fruto de la extensión de piernas y tronco que lleva la barra hasta la altura necesaria para poder completar el movimiento. Se inicia con el despegue de la barra del suelo y termina con el primer máximo de extensión de las rodillas, donde prácticamente por extensión de rodillas manteniendo la posición de la cadera. Este tirón se divide en dos fases: la primera va desde el suelo hasta los muslos y la segunda hasta la plena extensión del cuerpo. Este gesto se realiza habitualmente de forma dinámica, es decir, hacer un movimiento corto y rápido de elevación y descenso de la cadera, aunque también se puede efectuar con un inicio desde posición estática. A continuación sigue el **desliz-recuperación**, (figuras-2 a 6 de la figura 7.1) que complementa la acción del tirón anterior, ya que la altura del mismo es insuficiente para completar la extensión de los brazos por encima de la cabeza, haciendo que el deportista tenga que deslizarse bajo la barra hasta completar el movimiento de carga de la barra. Durante el desliz (amortiguación) el deportista dobla las rodillas intentando bajar lo máximo posible antes de que la barra pierda la velocidad alcanzada en el tirón de la fase anterior. Este desliz puede ser realizado en tijeras o en sentadilla. El gesto se termina con la **recuperación** de la posición de la posición elevada.

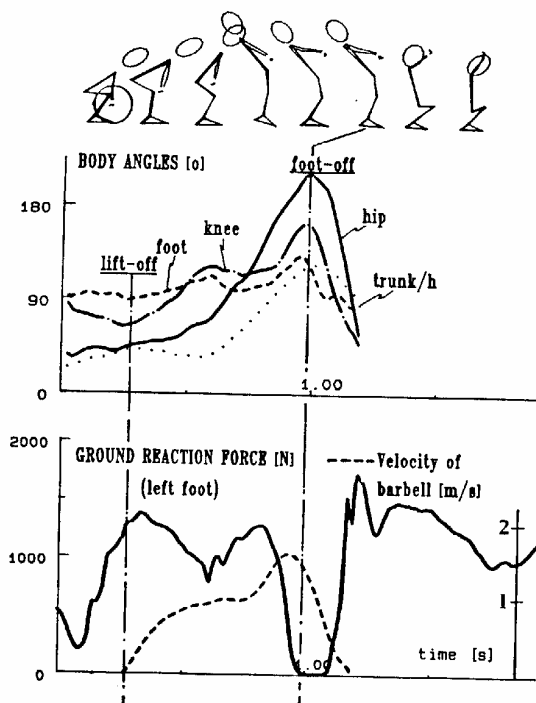


Figura 7.2. Análisis mecánico del movimiento de arrancada en levantadores de élite (Baumann et al.-1988)

Defectos más relevantes de la arrancada.

Los defectos más importantes de este movimiento son los siguientes (Román-1992):

- En el inicio: Espalda floja; cadera alta; hombros por detrás de la barra; hombros demasiado adelantados; pies muy separados; pies muy juntos; cabeza baja; rodillas cerradas; proyección de la barra por delante del dedo gordo del pie; proyección de la barra por detrás del dedo gordo del pie.
- En la primera fase del tirón: Salida brusca; extensión anticipada del tronco; elevación excesiva de la cadera; espalda floja; la barra no se aproxima; flexión de brazos; flexión de muñecas.
- En la segunda fase del tirón: Flexión anticipada de brazos; extensión anticipada del tronco; extensión anticipada de las piernas; poco trabajo del tronco al final; poco trabajo final de piernas; poco trabajo final de brazos; pasar la cadera al frente; golpear la cadera contra los muslos; detener el movimiento; no levantar los codos por los lados; llevar la cabeza atrás al final; no entrada de las rodillas bajo la barra.
- Desliz: Espalda floja; no continuar el trabajo de brazos; no desplazar los pies; cabeza baja; aflojarse abajo; salto hacia atrás; salto hacia delante; pies no paralelos; rodillas cerradas.
- Recuperación: Espalda floja; elevación anticipada de la cadera; cabeza atrás; cabeza baja; llevar hombros hacia delante; recuperación anticipada.

Variantes de la arrancada.

Al ser un movimiento complejo, aunque de estructura cerrada, las variantes que se pueden realizar a partir de la estructura básica son elevadas. En halterofilia las más utilizadas son las siguientes:

- *Arrancada colgante.* Consiste en hacer el movimiento completo pero iniciándolo con la barra colgando de las manos a la altura de las rodillas.
- *Arrancada desde soportes.* Igual que el anterior pero con la barra sobre unos soportes.
- *Arrancada colgante con inicio vertical.* Consiste en iniciar el movimiento en posición vertical para dejarse caer a la posición de arrancada colgante y continuar el movimiento.
- *Hiperarrancada.* Consiste en hacer el movimiento completo pero iniciándolo con la barra colgando y a la altura de los pies, lo que obliga a que el levantador tenga una mayor flexión y a realizar un movimiento más amplio.
- *Arrancada con semidesliz.* Se basa en hacer una arrancada completa pero haciendo la primera parte lentamente, es decir, hasta que la barra llega a la mitad del muslo, y continuar con una acción explosiva.
- *Arrancada colgante con semidesliz.* Igual que el anterior pero con la barra colgando de las manos a la altura de la rodilla o algo menos.

- *Arrancada con semidesliz desde soportes.* Consiste en hacer el movimiento completo pero iniciándolo con la barra colocada sobre soportes.
- *Hiperarrancada con semidesliz.* Consiste en hacer un pequeño desliz de piernas partiendo de una posición especialmente baja.
- *Tirón de arrancada sin flexión.* Consiste en tirar de la barra hasta que llega a la altura del pecho sin hacer la flexión de brazos.
- *Tirón de arrancada con flexión.* Igual que el anterior pero haciendo la flexión de brazos.
- *Tirón de arrancada colgante.* Consiste en tirar de la barra hasta que llega a la altura del pecho pero partiendo de la barra colgando de las manos.
- *Tirón de arrancada desde soportes.* Igual que el anterior pero con la barra apoyada en soportes elevados.
- *Hipertirón de arrancada.* Tirón de arrancada iniciado desde una posición extremadamente baja.

7.3. Dos tiempos y sus variantes.

Consiste en levantar la barra en dos movimientos: el primero desde el suelo hasta el pecho (clin) y el segundo desde el pecho hasta la completa extensión de los brazos sobre la cabeza (envión). También se suele dividir en las mismas fases que el movimiento anterior.

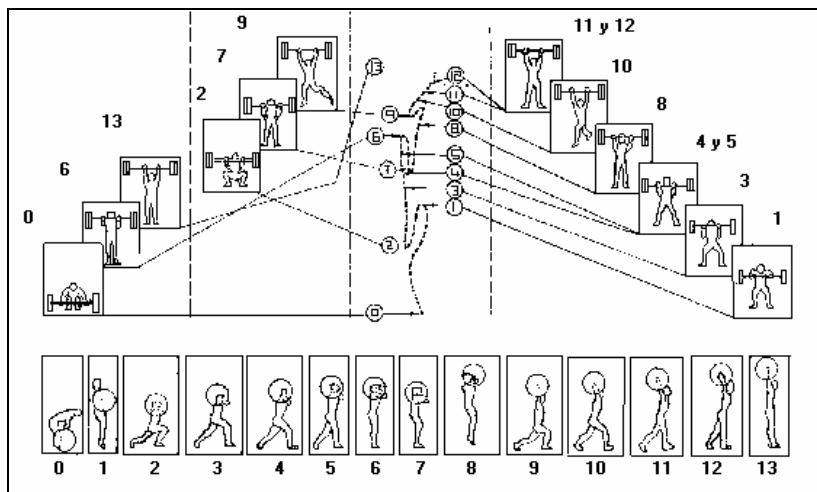


Figura 7.3. Secuencia, frontal y lateral, del movimiento de cargada en squat y en tijera

Los movimientos de la primera fase son similares a los descritos para la arrancada, aunque con la diferencia de que se parte con un agarre más cerrado y no es necesario que el tirón sea tan alto. También, en la fase de deslizamiento-

recuperación se acompaña con un giro rápido de los codos coordinado a la acción de deslizamiento bajo la barra. Al final de la fase, el deportista se encuentra de pie, con la barra apoyada en pecho y hombros y preparado para ejecutar la segunda parte del movimiento. En esta posición, los codos están dirigidos al frente y ligeramente a los lados.

No obstante, Medvedeev (1988) nos recuerda que la arrancada y la cargada muestran diferencias considerables. En la posición de partida, la anchura del agarre es mayor en la arrancada, lo que hace que el pecho se encuentre 10-15 centímetros más bajos, a la vez que obliga a tener flexiones de rodillas diferentes (89° en la cargada y 74° en la arrancada). Así mismo, durante la cargada el impulso previo se hace más lentamente, lo que queda justificado por las mayores cargas que se utilizan en este movimiento. La altura máxima que alcanza la barra es similar (algo mayor en la cargada) en los dos ejercicios, aunque la extensión máxima de las piernas es diferente (mayor en la cargada).

Una buena técnica en la cargada se puede aprovechar la elasticidad de la barra, la cuál será mayor cuando más activamente actúe el atleta sobre la barra en el tirón y la colocación.

7.4. Jerk o envión.

Al movimiento se le suelen adjudicar 5 fases incluidas en tres períodos. El movimiento se inicia, partiendo de la posición final de cargada, con una semiflexión de piernas que termina en una acción de frenada y rápida extensión que se coordina con la extensión de los brazos. Al final de esta acción, se inicia el desliz-recuperación (en tijera o en sentadilla) que lleva al cuerpo a situarse bajo la barra que se encuentra con los brazos extendidos. En el movimiento actúan activamente el deltoides, especialmente en su parte anterior, la parte alta del pectoral, los serratos, el trapecio, el elevador de la escápula, el romboides y el tríceps.

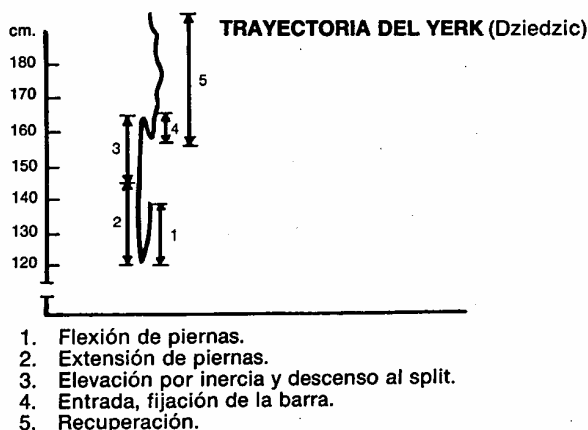


Figura 7.4. Trayectoria del Jerk según Dziedzic.

Los defectos más importantes de este movimiento son los siguientes (Román-1992):

- Posición inicial: pies paralelos; pies muy separados; pies muy unidos; codos debajo de la barra; cabeza hacia delante; la barra se apoya en los brazos; no hacer recaer el apoyo en los talones.
- Semiflexión: No tener el tronco recto; flexión demasiado profunda; flexión muy corta; descenso muy brusco; bajar los codos; apoyo en la punta de los pies; cadera hacia delante; trabajo anticipado de brazos; no llevar los codos a los lados; saque lento; cerrar rodillas y pies.
- Desliz: Muy profundo; desplazamiento saltando al frente; saltando atrás; mirar al peso; no contraerse al final del movimiento.

7.5. Variantes de ejercicios para los dos movimientos de halterofilia.

Deportes como la halterofilia o el power-lifting incluyen en su propio desarrollo ejercicios de uso común en el entrenamiento de fuerza de la mayoría de las modalidades deportivas. Para su entrenamiento se emplean tres tipos de ejercicios: los especiales, los auxiliares y los movimientos propios de competición.

Ejercicios especiales. En este apartado, señalaremos las variantes más comunes de los ejercicios específicos de halterofilia englobados en el apartado de especiales.

ARRANCADA	Variantes de arrancada clásica	<i>Arrancada colgante</i>
		<i>Arrancada desde soportes</i>
		<i>Hiper arrancada</i>
		<i>Final de arrancada</i>
		<i>Tijera de arrancada</i>
		<i>Cuclilla de arrancada</i>
	Variantes de arrancada con semidesliz	<i>Arrancada con semidesliz</i>
		<i>Arrancada colgante con semidesliz</i>
		<i>Hiper arrancada con semidesliz</i>
		<i>Hiper arrancada sin desliz</i>
		<i>Final de arrancada con semidesliz</i>
	Variantes de tirón de arrancada	<i>Tirón de arrancada sin flexión</i>
		<i>Tirón de arrancada con flexión</i>
		<i>Tirón de arrancada colgante</i>
		<i>Tirón de arrancada desde soportes</i>

DOS TIEMPOS	Variantes de clin o cargada	<i>Cargada</i>
		<i>Cargada colgante</i>
		<i>Cargada desde soportes</i>
		<i>Hiper cargada</i>
	Variante de cargada sin semidesliz	<i>Cargada con semidesliz</i>
		<i>Cargada con semidesliz colgante</i>
		<i>Cargada con semidesliz desde soportes</i>
		<i>Hipercargada con semidesliz</i>
		<i>Hipercargada sin desliz</i>
	Variantes de jerk o envión	<i>Jerk desde soportes</i>
		<i>Empuje de jerk</i>
		<i>Semienvión</i>
	Variantes de tirón de cargada	<i>Tirón de cargada sin flexión</i>
		<i>Tirón de cargada con flexión</i>
		<i>Tirón de cargada colgante</i>
		<i>Tirón de cargada desde soportes</i>
		<i>Hipertirón de cargada</i>

Tablas 7.1 y 7.2. Variantes de los ejercicios de halterofilia de arrancada y dos tiempos para el entrenamiento de fuerza.

Ejercicios especiales combinados.

ARRANCADA	<i>Arrancada con semidesliz y cuclillas</i>
	<i>Arrancada colgante con semidesliz y cuclillas</i>
	<i>Arrancada desde soportes con semidesliz y cuclillas</i>
	<i>Tirón de arrancada y arrancada</i>
	<i>Tirón de arrancada y arrancada con semidesliz</i>

DOS TIEMPOS	<i>Cargada con semidesliz y envión desde el pecho</i>
	<i>Cargada con semidesliz y cuclilla</i>
	<i>Cargada con semidesliz, empuje de envión y fuerza</i>
	<i>Cargada y empuje de envión</i>
	<i>Cargada colgada y empuje de envión</i>
	<i>Cargada colgante y envión desde el pecho</i>
	<i>Cargada desde soportes y envión desde el pecho</i>
	<i>Cargada desde soportes con semidesliz y empuje de envión</i>
	<i>Cargada desde soportes y envión desde el pecho</i>
	<i>Cargada desde soportes con semidesliz y empuje de envión</i>
	<i>Cargada desde soportes y empuje de envión</i>
	<i>Tirón de cargada y cargada</i>
	<i>Cuclilla por delante y envión desde el pecho</i>
	<i>Cuclilla y envión por detrás</i>
	<i>Hipercargada y empuje de envión</i>

Tablas 7.3 y 7.4. Variantes de los ejercicios de halterofilia de arrancada y dos tiempos combinados para el entrenamiento de fuerza.

BIBLIOGRAFÍA.

- Baumann, W, Gross, V., Qade, K., Galbierz, P., Schwirtz, A. *The snatch technique of World Class Weightlifters at the 1985 World Championships*. International Journal Sport Biomechanics. 4:68-89. (1988).
- Beynnon, BD., Johnson, RJ., Flemming, BC., Nichols, CE., Remstrom, PA., Pope, MH. *Anterior cruciate ligament strain behavior during rehabilitation exercise in vivo*. American Journal Sports Medicine. 23:24-34.(1995).
- Beynnon, BD., Johnson, RJ., Flemming, BC., Nichols, CE., Remstrom, PA., Stankewich, CJ. *The strain behavior of the anterior cruciate ligament during squatting and active flexion-extension*. American Journal Sports Medicine. 25:823-829.(1997).
- Bissas, Al., Cooke, CB., Paradisis, GP., Liefeth, AK. *The stretch-shortening cycle and sprinting performance*. 4-5. (1995).
- Bompa, T. *Periodization of strength: The new wave in strength training*. Edit. Orietta Calcina. (1993).
- Boyden, G., Kingman, J., Dyson, R. *A comparison of quadriceps electromyographic activity with the position of the foot during the parallel squat*. Journal Strength and Conditioning Research. 14(4):379-382. (2000).
- Brink, WD. *Potenciar el entorno anabólico*. Muscle Mag. (1996).
- Capozzo, A. y col. *"Analisi biomeccanico della Partenza dai clocchi"*. Atleticastudi, 5: 347-375. (1989).
- Chandler, T., Wilson, G., Stone, M. *The effect of the squat exercise on knee stability*. Medicine Science Sport and Exercise. 2:299-303.(1989).
- Delavier, F. *Guía de los movimientos de musculació: Descripción anatómica*. Barcelona. Paidotribo. (1998).
- Dillman, CJ., Fleisig, GS., Andrews, JR. *Biomechanics of pitching with emphasis upon shoulder kinematics*. Journal Orthop. Sports Phys. Ther. 18(2): 402-408.(1993).
- Escamilla, RF., Fleisig, GS., Zheng, N., Barrentine, SW., Wilk, KE., Andrews, JR. *Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises*. Med. Science Sports Exercise. 30:556-569. (1998).
- Flint, MM., Gudge, J. *Electromyographic study of abdominal muscular activity during exercise*. Research Quarterly. 36:29-37.(1965).
- Fry, AC., Aro, TA., Bauer, JA., Kraemer, WJ. *"A comparison of methods for determining kinematic properties of three barbell squat exercises"*. Teviot Scientific Publications. 83-95. (1993).
- Grillner, S., Nilsson, J., Thorstensson, A. *Intra-abdominal pressure changes during natural movements in man*. Acta Physiologica Scandinavica. 103:275-283.(1978).
- Guilleard, WL., Brown, JM., *An electromyographic validation of an abdominal muscle test*. Arch. Physiology Medic. Rehab. 75:1002-1007. (1994).

- Guimaraes, ACS., Vaz, MA., de Campos, MIA., Marantes, R. "The contribution of the rectus femoris in twelve selected abdominal exercises: An electromyographic study". *Journal Sports Medicine and Physical Fitness*. 31(2):222-230. (1991).
- Hall, SJ., Lee, J., Wood, TM. *Evaluation of selected sit-up variations for the individual with low back pain*. *Journal Applied Sport Science Research*. 4:42-46. (1990).
- Halpern, AA., Bleck, EE. *Sit-Up exercises: an electromyographic study*. *Clinical Orthop*. 145:172-178. (1979).
- Hannon, PR., Rasmussen, SA., Derosa, CP. "Electromyographic patterns during level and inclined treadmill running and their relationship to step cycle measures". *Research Quarterly*. 56(4): 334-338. (1985).
- Harman, EA., Rosenstein, RM., Frykman, PN., Nigro, GA. *Effect of a belt on intra-abdominal pressure during weight lifting*. *Medicine Science Sport and Exercise*. 21:186-190.(1989).
- Hatfield, F. <http://www.dr squat.com/articles/abs.htm>. (2000).
- Hernández-Rodríguez, R., García-Manso, JM., Tous J., Ortega F., Vega F., Gallud I. *Actividad electromiográfica del musculo pectoral mayor en los movimientos de press de banca inclinado y declinado respecto al press de banca horizontal*. Pendiente de publicación (2001).
- Isear, JA., Erickson, JC., Worrell, TW. *EMG analysis of lower extremity muscle recruitment patterns during and unloaded squat*. 29:532-539.(1997).
- Jaskólski, A., Kisiel, K., Adach, Z., Jaskólska, A. *The influence of elbow joint angle on different phases pf force development during maximal voluntary contraction*. *Can. J. Appl. Physiol*. 25 (6): 453-465. (2000).
- Jensen, RL., Ebben, WP. *Hamstring electromyographic response of the back squat at different knee angles during eccentric and concentric phases*. *Proceedings of XVII International Symposium on Biomechanics in Sports*. Hong Kong. 1:158-161.(2000).
- Johnson, C., Reid, JG. *Lumbar compressive and shear forces during various trunk cul-up exercises*. *Clinical Biomechanics*. 6:97-104. (1991).
- Kapandji, IA. *Cuadernos de fisiología articular*. Vol.-1. (2ª Edición). Barcelona. Toray-Masson. (1974).
- Komi, P.V. "Physiological and biomechanical correlates of muscle function: effect of muscle structure and strech-shortening cycle on force and speed". *Exercise and sport science reviews*. 12:81-121. (1984).
- Kunz, HR., Schneider, W., Spring, H., Tritschler, T., Unold, E. *L'entraînement de force: Théorie et pratique*. Paris. Masson. (1991).
- Lapierre, A. *La reeducación motriz*. Tomo-I. (4ª Edición). Barcelona. Editorial Científico médica. (1978).
- Lukashov, AA. "Análisis de las técnicas de realización de la arrancada por los atletas de alto nivel". *Resumen de Tesis Doctoral*. Moscú. (1972).
- Lutz, GE., Palmitier, RA., An, KN., Chao, ES. *Comparison of tibiofemoral joint forces during open kinematic chain exercises*. *Journal Bone Joint Surg*. 75ª732-739.(1993).

- Malone, PE. *Aplicability of the McLaughlin Model of the parallel squat to class II powerlifters*. (1979).
- Mangano, M. *Ejercicios abdominales*. Barcelona. Hispano Europea. (1995).
- McLaughlin, TM., Dillman, CJ., Lardner, TJ. *A kinematic model of performance in the parallel squat by champion powerlifters*. Med. Science Sports. 9:128. (1977).
- Medvedeev, AC. *Premisas para elaborar un programa de halterofilia a largo plazo*. Moscú. Traducción mecanografiada por S. Tjonov. (1988).
- Mero, A; Luhtanen, P; Viitasalo, J.T; Komi, P.V. "Relationship between the maximal running velocity, muscle fiber characteristics, force production and force relaxation of sprinters"Scandinavian journal of sports sciences. 3(1):16-22. (1981).
- Meyers, EJ. *The effect of selected exercise variables on ligament stability and flexibility of the knee*. Research Quarterly. 42:411-422.(1971).
- Nilsson, J., Thorstensson, A., Halbertsma, J. "Changes in leg movements and muscle activity with speed of locomotion and mode of progression in humans". Acta Physiologica Scandinavica. 123(4): 457-475. (1985).
- Ninos, J., Irrgang, J., Burdett, R., Weiss, J. *Electromyographic analysis of the squat performed in self-selected lower extremity neutral rotation and 30 degrees of lower extremity turn-out from the self-selected neutral position*. Journal Orthop. Sports Physiol. Ther. 25:307-321:5.(1997).
- Norris, CM. "Abdominal muscle training in sport". British Journal Sport Medicine. 27(1):19-27. (1993).
- Ohkoshi, Y, Aoshuda, K., Kaneda, K., Wada, T., Amano, M. *Biomechanical analysis of rehabilitation in the standing position*. American Journal Sports Medicine. 19:605-611.(1991).
- Pappas, AM., Zawacki, RM., Sullivan, TJ. *Biomechanics of baseball pitching*. American Journal Sports Medicine. 13(4): 216-222.(1985).
- Poliquin, C. "The Poliquin principles: Successful methods for strength and mass development". Dayton Writers Groups.(1997).
- Rasch, PJ., Burke, RK. *Kinesiología y anatomía aplicada*. Buenos Aires. El Ateneo. (1985).
- Richardson, CW., Jull, G., Hodgess, P., Hides, J. *Therapeutic exercise for spinal segmental stabilization in low back pain*. London: Churchill Livingstone. (1999).
- Robinson, J., Miller, R. *Legendary abs. Gold Edition. A synergistic workout for the abdominal muscles*. Los Angeles (California). Health for Life. (1997).
- Román, I. Levantamiento de pesas: Fuerza para todos los deportes. La Habana. IRS. (1992).
- Sarti, MA., Monfort, M., Fuster, MA. *Intensidad de la contracción del músculo recto mayor del abdomen. Estudio electromiográfico*. Archivos de Medicina del Deporte. Vol. XIII.56:441-446. (1996).
- Signorile, JF., Kwiatkowski, K., Caruso, JF., Robertson, B. *Effect of foot position on the electromyographical activity of the superficial quadriceps*

- muscles during the parallel squat and knee extension.* Journal Strength and Conditioning Research. 9:182-187. (1995).
- Stamford, B. *The right way to do sit-ups. The physician and sports medicine.* 25:111-112.(1997)
 - Tesch, P.A; Dudley, G.A *MRI examines quad development.* Muscle and fitness (Woodland Hills, Calif.) 54(10):152-154. (1993).
 - Tous, J. *Entrenamiento de la musculatura abdominal.* Tesis Doctoral. Barcelona. (2001).
 - Tous, J., Balagué, N. *El entrenamiento de la musculatura abdominal: últimas tendencias.* Tomo-XIII. (2):17-21. (1998).
 - Weis, DB., Kennedy, R. *Los secretos del estímulo anabólico sin el empleo de esteroides.* Muscle Mass. (1995).
 - Wiemann, K; Tidow, G. "*Activite relative des extenseurs de la hanche et du genou dans le sprint - consequences pour l'entrainement.*" New-studies-in-athletics-(Monaco); 10(1):29-49. (1995).
 - Wood, GA. "*Optimal performance criteria and limiting factors in sprint running.*" New-studies-in-athletics-(London); 1(2):55-63. (1986).
 - Wretenberg, P., MFeng, Arborelius, UP. "*High and low-bar squatting techniques during weight-training.*" Medicine Science Sport and Exercise. 28(2):218-224. (1996).
 - Wright, GA., DeLong, TH., Gehlsen, G. *Electromyographic activity of the hamstrings during performance of the leg curl, stiff leg dead lift and back squat movements.* Journal Strength Conditioning Research. 13:168-174.(1999).
 - Zaziortski, VM. "*Science and practice of strength training.*" Champaign (IL). Human Kinetics. (1995).