

## **Activitat elèctrica del múscul recte major de l'abdomen en exercicis abdominals. Estudi qualitatiu**

## **Actividad eléctrica del músculo recto mayor del abdomen en ejercicios abdominales. Estudio cualitativo**

M. Monfort;\* M.A. Sarti;\*\* C. Sanchis\*\*\*

\* Miembro de la Unidad Investigación de Cinesiología y Aparato Locomotor. Universidad de Valencia.

\*\* Profesora responsable de la Unidad de Investigación de Cinesiología y Aparato Locomotor del Departamento de CC. Morfológicas. Universidad de Valencia.

\*\*\* Miembro de la Unidad Investigación de Cinesiología y Aparato Locomotor del Departamento de CC. Morfológicas. Universidad de Valencia.

### **RESUM**

S'ha estudiat en 25 subjectes sans d'un o altre sexe (15 homes i 10 dones) l'activitat elèctrica dels segments superiors i inferiors del múscul recte major de l'abdomen amb electromiografia integrada de superfície, durant l'execució de quatre exercicis d'enfortiment abdominal (dos plegaments i dues incorporacions). S'identifiquen els segments del múscul amb ecografia, es topografien sobre la pell de l'abdomen i es registra l'activitat elèctrica en configuració bipolar, del primer-segon segment (porció superior) i del tercer-quart (porció inferior), respectivament. Es descriu l'evolució simultània de l'activitat elèctrica entre totes dues porcions durant les fases concèntrica i excèntrica de la contracció en un exercici. Es descriu també la relació del patró de l'activitat elèctrica del múscul amb el patró del moviment evocat (plegament versus incorporació) durant diferents exercicis abdominals, independentment del segment corporal mobilitzador (cap i cintura escapular o pelvis i membres inferiors).

#### **Paraules clau**

Músculs abdominals, preparació física, exercicis d'abdominals, electromiografia

### **RESUMEN**

Se estudia en 25 sujetos sanos de ambos sexos (15 hombres y 10 mujeres), la actividad eléctrica de los segmentos superiores e inferiores del músculo recto mayor del abdomen con electromiografía integrada de superficie; durante la ejecución de cuatro ejercicios de fortalecimiento abdominal (2 enrollamientos y 2 incorporaciones). Se identifican los segmentos del músculo con ecografía, se topografían sobre la piel del abdomen y se registra la actividad eléctrica en configuración bipolar, del primer-segundo segmento (Porción superior) y del tercero-cuarto (Porción inferior), respectivamente. Se describe la evolución simultánea de la actividad eléctrica entre ambas porciones durante las fases concéntrica y excéntrica de la contracción en un ejercicio. Se describe la relación del patrón de la actividad eléctrica del músculo con el patrón del movimiento evocado (enrollamiento Vs incorporación) durante distintos ejercicios de abdominales, independientemente del segmento corporal movilizado (cabeza y cintura escapular o pelvis y miembros inferiores).

#### **Palabras clave**

Músculos abdominales, acondicionamiento físico, ejercicios de abdominales, electromiografia.

Treball desenvolupat a la Unitat d'investigació de Cinesiologia i Aparell Locomotor. Departament de Ciències Morfològiques. Universitat de València. Els autors agraeixen la col·laboració dels estudiants de la Universitat de València. Aquest treball forma part del Projecte GV-1059/93.

Trabajo desarrollado en la Unidad de Investigación de Cinesiología y Aparato Locomotor, Departamento Ciencias Morfológicas. Universidad de Valencia. Los autores agradecen la colaboración de los estudiantes de la Universidad de Valencia. Este trabajo forma parte de Proyecto GV-1059/93

## Introducció

El múscul recte major de l'abdomen (RA) integra les formacions musculars de la regió anterolateral de la paret abdominal humana i se situa simètricament a dreta i esquerra de la línia mitjana de l'abdomen. Es considera un múscul llarg, disposat en sentit longitudinal des de l'estèrnum i les costelles mitjanes fins al pubis. Presenta una segmentació a intervals per interseccions aponeuròtiques (una a l'alçada del melic, la segona per sobre d'aquest i l'altra per sota) i una innervació metamèrica per les branques anteriors dels nervis toràcics des de T6/7 fins a T12, reflecteixen en l'adult la metameria embrionària del cos humà (Testut, 1979; Williams, 1985, Palastanga N., 1989).

Aquesta divisió del múscul en segments ha portat, especialment en l'àmbit de l'activitat física, a elaborar rutines de treball orientades a enfortir la porció superior del RA a través d'exercicis que mobilitzen la part superior del tronc, i també d'altres que mobilitzen els membres inferiors o la pelvis per al desenvolupament selectiu de les porcions inferiors del múscul, practicats generalment en posició de decúbit supí. Són rutines de treball que s'apliquen en programes d'entrenament per a esportistes i que s'han difós pels centres esportius als quals accedeixen tota mena de persones: nens, adolescents, adults i tercera edat, i fins i tot s'usen en l'educació per desenvolupar programes de manteniment físic i com a prova de valoració de la condició física.

Aquestes afirmacions són de vegades arbitràries respecte als principis neuromusculars bàsics de la contracció muscular i del control del moviment, com ara el concepte d'unitat motora (UM) o unitat funcional més petita controlada pel sistema nerviós (Liddell i Sherrington, 1925), que ajuda a entendre que l'activació d'alguna de les motoneurons del pool que inerva aquest múscul produeixi una tensió més o menys uniforme en tota la seva extensió i no pas en una sola porció. Això és degut al fet que les fibres musculars d'una UM en aquest múscul estan disperses i mesclades àmpliament amb les d'altres unitats motores (Kandell i Schwartz, 1985).

Les discrepàncies exposades entre la pràctica i la teoria ens van fer desenvolupar un estudi qualitatiu sobre l'activitat funcional del múscul recte major de l'abdomen amb electromiografia (EMG) en exercicis d'enfortiment abdominal. Com que l'electromiografia és una tècnica que registra els potencials d'acció (MAPs) de les fibres musculars actives al múscul durant la seva contracció, permet identificar els nivells relatius d'activació de diferents músculs o d'algunes parts, cosa que facilita l'estudi de l'aprenentatge, el control motor i el patró de comportament del múscul en moviment (Tortora i Anagnostako, 1990; Kreighbaum i Bartels, 1990).

Els objectius d'aquest estudi van ser:

1. Determinar la coordinació de l'activació de la porció superior i inferior del múscul recte major de l'abdomen durant la seva contracció muscular.

## Introducción

El músculo recto mayor del abdomen (RA), integra las formaciones musculares de la región anterolateral de la pared abdominal humana, se sitúa simétricamente a la derecha y a la izquierda de la línea media del abdomen. Se le considera un músculo largo dispuesto en sentido longitudinal desde el esternón y costillas medias hasta el pubis. Su segmentación de trecho en trecho por intersecciones aponeuróticas —una a nivel del ombligo, la segunda encima de éste y otra por debajo— y su innervación metamérica por las ramas anteriores de los nervios torácicos desde T6/7 hasta T12, reflejan en el adulto la metameria embrionaria del cuerpo humano Testut (1979), Williams (1985), Palastanga, N. (1989).

Esta división del músculo en segmentos ha llevado, especialmente en el ámbito de la actividad física, a elaborar rutinas de trabajo orientadas a fortalecer la porción superior del RA a través de ejercicios que movilizan la parte superior del tronco, y ejercicios que movilizan los miembros inferiores o la pelvis para el desarrollo selectivo de las porciones inferiores del mismo, practicados generalmente en posición de decúbito supino; rutinas de trabajo que se aplican en programas de entrenamiento para deportistas y que circulan por los centros deportivos a los que accede todo tipo de personas desde niños, adolescentes, adultos y tercera edad, e incluso se utilizan en la educación para desarrollar programas de acondicionamiento físico y como test de valoración de la condición física.

Estas afirmaciones en ocasiones son arbitrarias respecto de los principios neuromusculares básicos de la contracción muscular y control del movimiento; tal como el concepto de unidad motora (UM) o unidad funcional más pequeña controlada por el sistema nervioso Liddell y Sherrington (1925); que ayuda a entender que la activación de alguna de las motoneuronas del pool que inerva ese músculo produzca una tensión más o menos uniforme en toda su extensión y no en una porción del mismo. Esto es debido a que las fibras musculares de una UM están dispersas y entremezcladas ampliamente con las de otras UMs en ese músculo Kandell y Schwartz (1985).

Las discrepancias expuestas entre la práctica y la teoría, nos llevó a desarrollar un estudio cualitativo sobre la actividad funcional del músculo recto mayor del abdomen con electromiografía (EMG) en ejercicios de fortalecimiento abdominal. Siendo que la electromiografía es una técnica que registra los potenciales de acción (MAPs) de las fibras musculares activas en el músculo durante su contracción, permite identificar los niveles relativos de activación de diferentes músculos o sus partes, lo que facilita el estudio del aprendizaje, control motor y el patrón de comportamiento del músculo en el movi-

2. Determinar la relació entre el patró de l'activitat elèctrica del múscul recte major de l'abdomen respecte al del moviment sol·licitat durant l'execució de diferents exercicis abdominals.

## Mètode

### Subjectes

S'estudien 25 voluntaris sans, sense antecedents de patologia raquídia ni cirurgia abdominal prèvia, de diferents nivells d'activitat física i sexe (10 dones i 15 homes), de talla i pes mitjans i edats compreses entre els 20 i 25 anys.

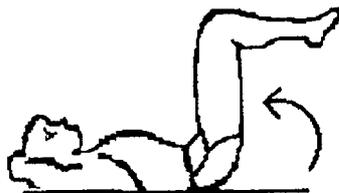
### Descripció dels exercicis

*Plegament de cintura escapular i cap sobre el tronc (Fig. 1a):* Des de la posició d'estirats en decúbit supí amb els genolls flexionats a 90° i les plantes dels peus a terra, pleguem el cap sobre la cintura escapular i aquesta sobre l'estèrnum fins que la vora inferior de l'escàpula no toqui a terra. Les mans subjecten el cap sense empènyer-lo, per evitar qualsevol fuetada durant el moviment.



**Figura 1a:** Exercicis abdominals. Plegament de tronc.  
**Figura 1a:** Ejercicios abdominales. Enrollamiento de tronco.

*Plegament de cintura pelviana sobre el tronc (Fig. 1b):* Des de la posició d'estirats en decúbit supí, es mantenen els genolls i els malucs flexionats a 90° durant tot l'exercici. Es plega la pelvis sobre l'abdomen a través d'un moviment de retroversió, sense l'ajuda dels membres inferiors per fer impuls. Les mans recolzen sobre el vèrtex del cap i aquest es manté tocant a terra.



**Figura 1b:** Exercicis abdominals. Plegament de pelvis.  
**Figura 1b:** Ejercicios abdominales. Enrollamiento de pelvis.

*Incorporació del tronc des de la posició de decúbit supí a sedent (Fig. 1c):* Des de la posició d'estirats en decúbit supí amb els genolls flexionats a

miento. Tortosa y Anagnostako (1990), Kreighbaum y Bartels (1990). Los objetivos de este estudio fueron:

1. Determinar la coordinación de la activación de la porción superior e inferior del músculo recto mayor del abdomen durante su contracción muscular.
2. Determinar la relación entre el patrón de la actividad eléctrica del músculo recto mayor del abdomen con respecto al del movimiento solicitado durante la ejecución de distintos ejercicios abdominales.

## Método

### Sujetos

Se estudian 25 voluntarios sanos, sin antecedentes de patologia raquídea ni cirugía abdominal previa, de diferentes niveles de actividad física y sexos (10 mujeres y 15 hombres), de talla y peso promediados y edades comprendidas entre 20 y 25 años.

### Descripción de los ejercicios

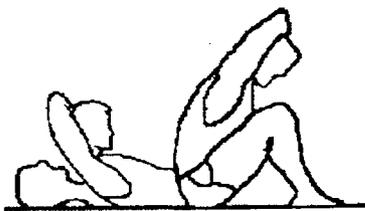
*Enrollamiento de cintura escapular y cabeza sobre el tronco (Fig. 1a):* Desde la posición de tumbados en decúbito supino con rodillas flexionadas a 90° y plantas de los pies en el suelo, enrollamos la cabeza sobre la cintura escapular y ésta sobre el esternón hasta que el borde inferior de la escápula se desprege del suelo, las manos sujetan la cabeza sin empujar sobre ella, para evitar cualquier acción de latigazo durante el movimiento.

*Enrollamiento de cintura pélvica sobre el tronco (Fig. 1b):* Desde la posición de tumbados en decúbito supino se mantienen las rodillas y caderas flexionadas a 90° durante todo el ejercicio. Se enrolla la pelvis sobre el abdomen mediante un movimiento de retroversión, sin ayudarnos de los miembros inferiores para impulsarnos. Las manos se apoyan sobre el vertex de la cabeza y ésta no se desprege del suelo.

*Incorporación del tronco desde la posición decúbito supino a sedente (Fig. 1c):* Desde la posición de tumbados en decúbito supino con rodillas flexionadas a 90° y plantas de los pies en el suelo, elevamos el tronco hasta tocar con el pecho la parte anterior del muslo, las manos sujetan la cabeza sin empujar sobre ella para evitar cualquier acción de latigazo durante el movimiento.

*Incorporación de las rodillas hacia el pecho (Fig. 1d):* Desde la posición de tumbados en decúbito supino con rodillas flexionadas a 90° y plantas de los pies en el suelo, llevamos las rodillas hacia el pecho intentando impulsarnos con el miembro inferior lo menos posible; las manos se apoyan sobre la cabeza y ésta no se desprege del suelo.

90° i les plantes dels peus a terra, pugem el tronc fins a tocar amb el pit la part anterior del múscle. Les mans subjecten el cap sense empènyer-lo, per evitar qualsevol de fuetada durant el moviment.



**Figura 1c:** Exercicis abdominals. Incorporació del tronc.  
**Figura 1c:** Ejercicios abdominales. Incorporación del tronco.

*Incorporació dels genolls cap al pit (Fig. 1d):* Des de la posició d'estirats en decúbit supí amb els genolls flexionats a 90° i les plantes dels peus a terra, portem els genolls cap al pit intentant no impulsar-nos amb el membres inferiors. Les mans recolzen sobre el cap i aquest es manté tocant a terra.



**Figura 1d:** Exercicis abdominals. Incorporació dels membres inferiors al pit.  
**Figura 1d:** Ejercicios abdominales. Incorporación de miembro inferior al pecho.

### Execució dels exercicis

Tots els participants van rebre instruccions sobre els exercicis i el ritme d'execució, i van fer uns exercicis d'escalfament previs a l'enregistrament amb EMG definitiu. Després d'un descans de dos minuts es van executar els exercicis de l'estudi, en ordre aleatori, i es van prendre els registres amb EMG. Cada exercici es va fer deu vegades, amb un descans de dos minuts entre les deu repeticions de cada tipus d'exercici. El ritme d'execució es va marcar amb un metrònom, a la velocitat d'un so per segon. Una execució es va realitzar en tres segons, distribuïts de la manera següent: per a la incorporació del tronc, dos segons per pujar i un segon per baixar; per als altres tres exercicis, el primer segon per pujar, el segon per mantenir la posició i el tercer per baixar.

### Instrumentació i registres

S'identificaren els segments superiors i inferiors del múscul RA amb un ecògraf (modo B dinamic

### Ejecución de los ejercicios

Todos los participantes recibieron instrucciones sobre los ejercicios, ritmo de ejecución y realizaron unos ejercicios de calentamiento previos al registro EMG definitivo. Tras un descanso de dos minutos se ejecutaron los ejercicios del estudio en orden aleatorio y se tomaron los registros EMG. Cada ejercicio se ejecutó diez veces con un descanso de dos minutos entre las diez repeticiones de cada tipo de ejercicio. El ritmo de ejecución se marcó con un metrónomo a velocidad de un sonido por segundo. Una ejecución se realizó en tres segundos que se distribuyeron de la siguiente forma en la incorporación del tronco; los dos primeros para subir y el tercero para bajar; en los otros tres ejercicios el primero para subir, el segundo para mantener la posición y el tercero para bajar.

### Instrumentación y registros

Se identificaron los segmentos superiores e inferiores del Ms RA, con un ecógrafo (modo B dinámico Wave 5 MHz, Is 300A, Tokio Keiki CO., Ltd.). Se marcó con rotulador sobre la piel del abdomen la posición exacta de la sonda en el momento que visualizaba la intersección tendinosa del músculo, quedando topografiados y enumerados los segmentos musculares desde proceso xifoideo hasta la sínfisis del pubis como 1°, 2°, 3°, 4°. La actividad eléctrica del músculo se registró con un electromiógrafo Muscle Tester ME 3000 (Mega Electronics Ltd.) de dos canales. Se utilizaron electrodos de superficie (Ag/AgCl) sobre el RA derecho, colocados a 3 cm de la línea alba y en la parte central de cada segmento muscular Clarys (1993). La distancia entre el centro de los electrodos de dos segmentos siempre fue mayor de 2 cm, el de tierra se colocó sobre la costilla 5ª-7ª de forma que coincidiera aproximadamente entre los 2 electrodos del canal 1. El "canal 1" registró en toma bipolar la actividad eléctrica del 1° y 2° segmento del músculo, actividad que denominamos en este estudio (RASup). Los electrodos del "canal 2" se situaron "sobre el 3° y 4°" segmento del recto abdominal, en toma bipolar, a esta actividad la denominamos (RAInf).

El Muscle Tester ME 3000 es un microordenador portátil que registra, amplifica y almacena digitalmente la señal eléctrica sobre una tarjeta de memoria como señal EMG cruda e integrada. La sensibilidad del preamplificador es de 1 microvoltio con una banda de 20-500 Hz. El microordenador convierte la señal cruda en digital, éstas son transformadas en valores absolutos (full wave rectification). Los valores EMG absolutos se integraron cada 0.1 segundo. Los datos almacenados en el Me 3000 se transfieren a través de un cable óptico a un ordenador compatible equipado con el software ME 3000 v.1.4. Con la ayuda de marcadores

Wave 5 MHz. Is 300A. Tokio Keiki CO, Ltd). Es va marcar sobre la pell de l'abdomen, amb un retolador, la posició exacta de la sonda en el moment que visualitza la intersecció tendinosa del múscul; així, van quedar topografiats i enumerats els segments musculars, des del procés xifoideu fins a la sínfisi del pubis, com a 1r, 2n, 3r, 4t. L'activitat elèctrica del múscul s'enregistrà amb un electrogràf Muscle Tester ME3000 (Mega Electronics Ltd) de dos canals. Es van emprar electrodes de superfície (Ag/AgCl) sobre el RA dret, col·locats a 3 cm de la línia alba i en la part central de cada segment muscular (Clarys, 1993). La distància entre el centre dels electrodes de dos segments sempre va ser superior a 2 cm, i el de terra es va situar sobre la costella 5a-7a, de manera que coincidís aproximadament entre els dos electrodes del canal 1.

L'anomenat canal 1 va enregistrar en presa bipolar l'activitat elèctrica del 1r i 2n segment del múscul, activitat que denominem en aquest estudi RAsup. Els electrodes del canal 2 es van situar sobre el 3r i 4t segment del recte abdominal, en presa bipolar; a aquesta activitat l'anomenem RAinf.

## Dades d'estudi

### 1) Estudi de la coordinació de l'activitat muscular entre les porcions superior i inferior del RA durant la contracció

El procés es va realitzar sobre els registres EMG del canal 1 (RAsup) i del canal 2 (RAinf). Per això, sobre una de les deu deflexions de cada exercici en cada subjecte, es va analitzar un interval de temps d'1,3 segons durant la fase concèntrica i excèntrica de la contracció, que comprenien l'instant de l'augment de l'activitat elèctrica i el seu retorn a la línia basal, respectivament. Tot seguit, es van superposar els valors de les activitats elèctriques del RAsup i del RAinf durant els intervals de temps referits en totes dues fases de la contracció muscular.

### 2) Estudi del patró de l'activitat elèctrica del múscul

Es van analitzar amb un full de càlcul les dades (m.v./0,1s) de les vuit deflexions centrals de les deu repeticions enregistrades a cada exercici, i a través d'una il·lustració gràfica es van superposar els resultats de la porció superior i inferior del RA en cada repetició i exercici de cada subjecte. El patró de l'activitat elèctrica va ser el mateix per als 25 subjectes. Com que es tracta d'un estudi descriptiu, mostrem els registres d'un cas model (Fig. 2).

seleccionamos sobre el registro EMG el intervalo de tiempo segun el objetivo del estudio diseñado.

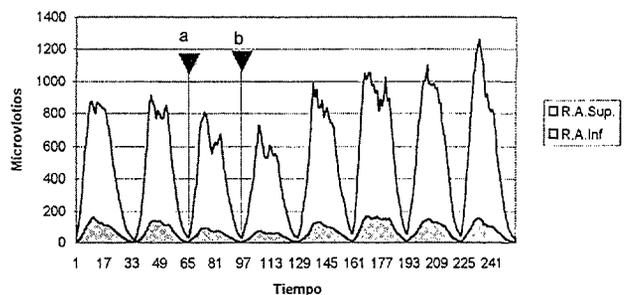
## Datos de estudio

### 1º estudio de la coordinación de la actividad muscular entre las porciones superiores e inferiores del RA durante su contracción

El proceso se realizó sobre los registros EMG del canal 1 (RASup) y del canal 2 (RAInf). Para esto, sobre una de las 10 deflexiones de cada ejercicio de cada sujeto. Se analizó un intervalo de tiempo de 1,3 s durante la fase concéntrica y excéntrica de la contracción que comprendían el instante del aumento de la actividad eléctrica y su retorno a la línea basal, respectivamente. A continuación, se superpusieron los valores de las actividades eléctricas del RASup y del RAInf durante los intervalos de tiempo referidos en ambas fases de la contracción muscular.

### 2º estudio del patrón de la actividad eléctrica del músculo

Se analizan desde una hoja de cálculo los datos (m.v./0,1s) de las 8 deflexiones centrales de las diez repeticiones registradas en cada ejercicio; mediante ilustración gráfica se superponen los resultados de la porción superior e inferior del RA en cada repetición y ejercicio de cada sujeto. El patrón de la actividad eléctrica fue el mismo en cada uno de los 25 sujetos. Siendo un estudio descriptivo, ilustramos los registros de un caso modelo (Fig. 2).



**Figura 2:** Registre de vuit deflexions EMG formades per vuit repeticions de l'exercici. RAsup: porció superior del múscul recte major de l'abdomen; RAinf: porció inferior del múscul recte major de l'abdomen. A-b: selecció d'una deflexió per estudiar la coordinació de l'activitat entre les porcions superiors i inferiors del múscul, en una contracció.

**Figura 2:** Registro de ocho deflexiones EMG integrada de ocho repeticiones del ejercicio. RASup: porción superior del músculo recto mayor del abdomen; RAInf: porción inferior del músculo recto mayor del abdomen. A-b: selección de una deflexión para el estudio de la coordinación de la actividad entre las porciones superiores e inferiores del músculo en una contracción.

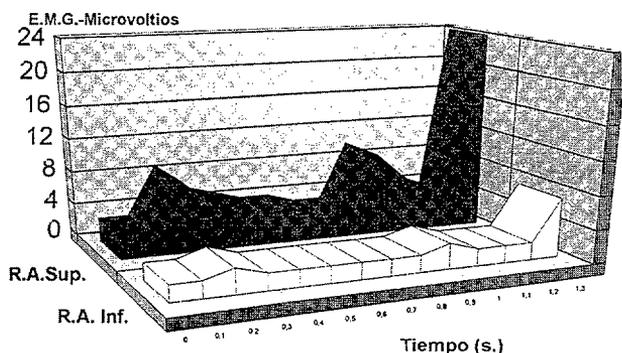
## Resultats

L'activitat elèctrica detectada a la porció inferior del múscul va ser sempre menor que a la porció superior, en tots els exercicis estudiats.

### 1. Coordinació de l'activitat elèctrica entre la porció superior i inferior del múscul recte de l'abdomen.

#### 1a. Fase concèntrica de la contracció (Fig. 3) (Taula I).

Sobre la línia basal del registre de les dues porcions musculars s'aprecien fluctuacions simultànies de l'activitat, tal com mostren els pics dels instants 0,2 s i 0,9 s. L'inici de la contracció concèntrica de les dues porcions musculars es produeix a l'instant 1,2 s, la qual cosa es reflecteix amb una elevació brusca de l'activitat, que en l'exercici correspon a l'inici de l'aixecament del segment corporal de terra. Per tant, la porció superior i inferior del múscul RA tenen un desenvolupament de l'activitat sincrònic en aquesta fase de la contracció.



**Figura 3:** Activitat elèctrica de la porció superior i inferior del múscul recte major de l'abdomen. Línia basal (interval 0 a 1,1 s), posició de repòs. Fase concèntrica de la contracció muscular (1,2 s).

**Figura 3:** Actividad eléctrica de la porción superior e inferior del músculo recto mayor del abdomen. Línea basal (intervalo 0 a 1,1 s), posición de reposo. Fase concèntrica de la contracción muscular (1,2 s).

#### 1b. Fase excèntrica de la contracció (Fig. 4) (Taula II).

S'observa el descens simultani de l'activitat elèctrica en les dues porcions musculars al final de la fase excèntrica de la contracció, que en l'execució de l'exercici correspon al moment de descens del segment corporal al final del moviment i retorn a la posició inicial. Altre cop constatem el desenvolupament sincrònic de l'activitat en totes dues porcions musculars durant aquesta fase de la contracció.

Podem concloure, doncs, que el desenvolupament de l'activitat elèctrica de les porcions supe-

## Resultados

La actividad eléctrica detectada en la porción inferior del músculo siempre fue menor que en la porción superior en todos los ejercicios estudiados.

### 1. Coordinación de la actividad eléctrica entre la porción superior e inferior del músculo recto del abdomen

#### 1a. Fase concèntrica de la contracción (Fig. 3) (Tabla I).

Sobre la línea basal del registro de ambas porciones musculars se aprecian fluctuaciones simultáneas de la actividad, tal como reflejan los picos de los instantes 0,2 s y 0,9 s. El inicio de la contracción concèntrica de ambas porciones musculars se produce en el instante 1,2 s reflejándose con una elevación brusca de la actividad, que corresponde en el ejercicio al inicio del levantamiento del segmento corporal del suelo. Por tanto, la porción superior e inferior del músculo RA tienen un desarrollo de la actividad sincrónico en esta fase de la contracción.

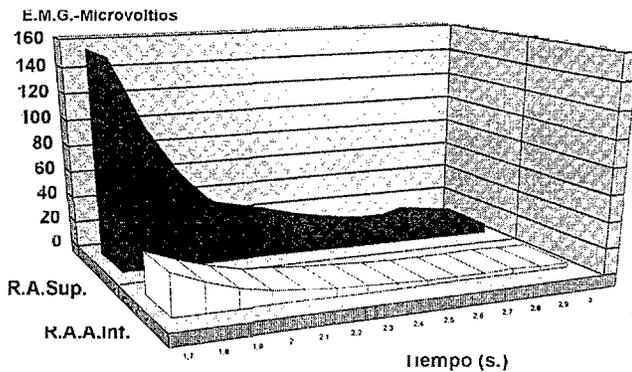
Tiempo (s)	R.A. Sup. (mv.)	R.A. Inf. (mv)
0	3	2
0,1	3	2
0,2	9	3
0,3	6	2
0,4	5	2
0,5	4	2
0,6	4	2
0,7	3	2
0,8	3	2
0,9	10	3
1	7	2
1,1	5	2
1,2	4	2
1,3	24	7

**Taula I.** Intensitats de la contracció, expressada en microvolts (mv) cada 0,1 s en un interval d'1,3 s de l'inici de la fase concèntrica, a la porció superior (R.A. Sup) i inferior (R.A. Inf) del múscul recte major de l'abdomen.

**Tabla I.** Intensidades de la contracción, expresado en microvoltios (mv) cada 0,1 s en un intervalo de 1,3 s del inicio de la fase concèntrica, en la porción superior (R.A. Sup) e inferior (R.A. Inf) del músculo recto mayor del abdomen.

#### 1b. Fase excèntrica de la contracció (Fig. 4) (Tabla II).

Se aprecia el descenso simultáneo de la actividad eléctrica en ambas proporciones musculars al final de la fase excèntrica de la contracción, que



**Figura 4:** Activitat elèctrica de la porció superior i inferior del múscul recte major de l'abdomen. Final de la fase excèntrica de la contracció muscular (interval 1,7 a 2 s.). Activitat basal en el retorn a la posició inicial (interval 2 a 3 s.).

**Figura 4:** Actividad eléctrica de la porción superior (R.A. Sup) e inferior del músculo recto mayor del abdomen. Final de la fase excéntrica de la contracción muscular (intervalo 1,7 a 2 s.). Actividad basal en la vuelta a la posición inicial (intervalo 2 a 3 s.).

riors i inferiors del RA durant la contracció és simultani.

## 2. Patró de l'activitat elèctrica del múscul

### 2a. Perfil de l'EMG 1 de les porcions superior i inferior del RA durant un mateix exercici.

El patró d'activitat muscular és idèntic pel que fa a la forma de la corba en les porcions superior i inferior del múscul durant l'execució d'un mateix exercici, tal com s'observa en els registres electromiogràfics de la Fig. 5, que correspon a l'exercici de plegament del tronc descrit a la Fig. 1a; els de la Fig. 6, que correspon a l'exercici de plegament de la cintura pelviana representat a la Fig. 1b; els de la Fig. 7, que correspon a l'exercici d'incorporació de la pelvis que reflecteix la Fig. 1d. La semblança en la forma de la corba es fa palesa fins i tot als pics d'activitat durant la fase isomètrica de la contracció, que correspon a la zona central del registre EMG (Figs. 5 i 6), moment en què es manté la postura aconseguida a l'exercici (plegament del tronc o de la pelvis, respectivament).

### 2b. Perfil de l'EMG 1 de la porció superior i inferior del múscul RA, durant diferents exercicis.

Als anomenats «exercicis de plegament» (Figs. 5 i 6) -de tronc i de pelvis-, el patró de l'activitat muscular presenta un augment d'activitat durant l'ascens del cap i de la cintura escapular o de la pelvis (fase concèntrica de la contracció muscular); es manté l'activitat elevada amb alguns pics quan

corresponde en la ejecución del ejercicio al momento de descenso del segmento corporal al final del movimiento y retorno a la posición de partida. De nuevo constatamos el desarrollo sincrónico de la actividad en ambas porciones musculares durante esta fase de la contracción.

Podemos concluir que el desarrollo de la actividad eléctrica en las porciones superiores e inferiores del RA durante su contracción es simultánea.

Tiempo (s)	R.A. Sup. (mv.)	R.A. Inf. (mv)
1,7	156	31
1,8	107	22
1,9	72	15
2	48	10
2,1	33	8
2,2	28	6
2,3	22	5
2,4	16	4
2,5	12	3
2,6	9	3
2,7	7	3
2,8	13	4
2,9	10	3
3	7	3

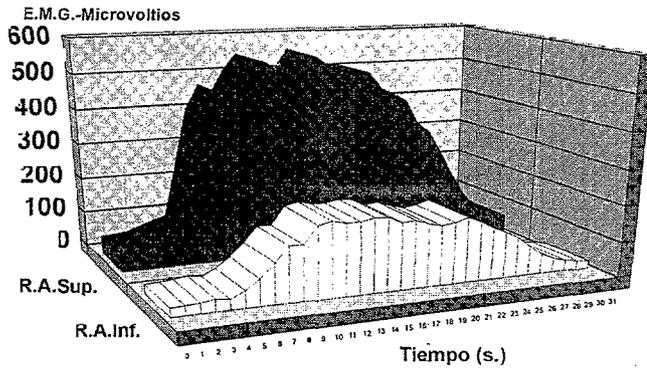
**Taula II.** Intensitats de la contracció, expressada en microvolts (mv) cada 0,1 s en un interval d'1, 3 s del final de la fase excèntrica, a la porció superior (R.A. Sup) i inferior (R.A. Inf) del múscul recte major de l'abdomen.

**Tabla II.** Intensidades de la contracción, expresada en microvolts (mv) cada 0,1 s en un intervalo de 1, 3 s del final de la fase excéntrica, en la porción superior (R.A. Sup) e inferior (R.A. Inf) del músculo recto mayor del abdomen.

## 2. Patrón de la actividad eléctrica del músculo

### 2a. Perfil de la EMG1 de las porciones superior e inferior del RA durante un mismo ejercicio

El patró de activitat muscular es idèntic en cuanto a la forma de la curva en las porciones superior e inferior del músculo durante la ejecución de un mismo ejercicio, tal como muestran los registros electromiográficos de la Fig. 5 que corresponden al ejercicio de enrollamiento de tronc descrito en la Fig. 1a; los de la Fig. 6 que corresponde al ejercicio de enrollamiento de la cintura pelviana representado en la Fig 1b; los de la Fig 7 que corresponde al ejercicio de incorporación de tronc esquematizado en la Fig. 1c y los de la Fig. 8 que corresponde al ejercicio de incorporación de pelvis reflejado en la Fig. 1d. La similitud de la forma de la curva se hace patente incluso en los picos

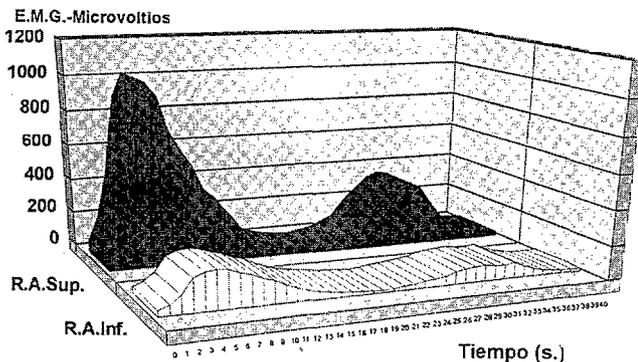


**Figura 5:** Activitat elèctrica de la porció superior i inferior del múscul recte major de l'abdomen durant l'exercici de plegament del tronc.

**Figura 5:** Actividad eléctrica de la porción superior (R.A. Sup) e inferior del músculo recto mayor del abdomen durante el ejercicio de enrollamiento de tronc.

es manté la postura de plegament (fase isomètrica de la contracció muscular); i s'observa un descens de l'activitat corresponent al descens de la part del cos mobilitzada durant l'exercici (fase excèntrica de la contracció muscular). Als «exercicis d'incorporació» (Figs. 7 i 8) -de cap i tronc o de membres inferiors i pelvis-, el patró d'activitat descriu les fases següents: augment a l'inici del moviment (fase concèntrica); descens abrupte (meitat del rang del moviment); augment menys intens (final del rang del moviment d'incorporació); i descens fins a la línia basal (fase excèntrica de la contracció muscular), que correspon a la recuperació de la posició de partida.

Quan el moviment realitzat en diferents exercicis d'abdominals va ser el plegament del cos sobre si mateix, encara que les porcions corporals mobilit-



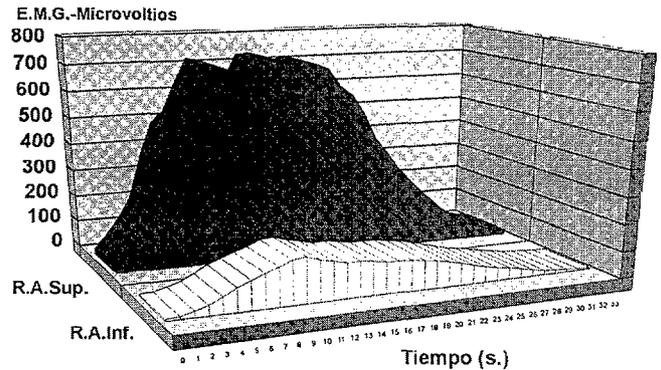
**Figura 7:** Activitat elèctrica de la porció superior i inferior del múscul recte major de l'abdomen durant l'exercici d'incorporació del tronc.

**Figura 7:** Actividad eléctrica de la porción superior (R.A. Sup) e inferior del músculo recto mayor del abdomen durante el ejercicio de incorporación del tronc.

de actividad durante la fase isométrica de la contracción, correspondiendo a la zona central del registro EMG (Figs. 5 y 6), actividad que corresponde al momento de mantenimiento de la postura alcanzada (enrollamiento del tronco o de la pelvis, respectivamente) durante el ejercicio.

*2b. Perfil de la EMG de la porción superior e inferior del músculo RA durante distintos ejercicios*

En los «ejercicios de enrollamiento» (Figs. 5 y 6) -de tronco y de pelvis- el patrón de la actividad muscular presenta un aumento de actividad durante el ascenso de cabeza y cintura escapular o de la pelvis en el ejercicio -fase concéntrica de la contracción muscular- se mantiene la actividad más o menos en meseta con ligeros picos -fase isométrica de la contracción muscular- corresponde al mantenimiento de la postura de enrollamiento



**Figura 6:** Activitat elèctrica de la porció superior i inferior del múscul recte major de l'abdomen durant l'exercici de plegament de la pelvis.

**Figura 6:** Actividad eléctrica de la porción superior (R.A. Sup) e inferior del músculo recto mayor del abdomen durante el ejercicio de enrollamiento de la pelvis.

durante el ejercicio; descenso de la actividad -fase excèntrica de la contracció muscular- corresponde al descenso de la parte del cuerpo movilitzado en el ejercicio. En los «ejercicios de incorporación» (Figs. 7 y 8) -de cabeza y tronco o de miembros inferiores y pelvis-. El patrón de la actividad eléctrica describe las siguientes fases: aumento al inicio del movimiento -fase concèntrica de la contracció muscular-; descenso abrupte -mitad del rango del movimiento-; seguido de otro aumento menos intenso -final del rango de movimiento de incorporación-; y descenso hasta la línia basal que corresponde -fase excèntrica de la contracció muscular-, con recuperació de la posició de partida.

Quando el movimiento evocado durante distintos ejercicios de abdominales es el enrollamiento del

zades fossin les superiors (cap, cintura escapular) o les inferiors (pelvis, membres inferiors), l'activitat funcional del múscul RA va mostrar un perfil característic d'aquest moviment. En canvi, quan el moviment realitzat en diferents exercicis d'abdominals va ser una incorporació, independentment que el segment mobilitzat fos el tronc, la pelvis o els membres inferiors, l'activitat funcional del múscul RA va mostrar un perfil característic d'aquest moviment i diferent del que s'observa als moviments de plegament.

Aquests perfils de l'EMG es van repetir al llarg de totes les execucions i en cada subjecte, de manera que es pot concloure que el patró de l'activitat elèctrica desenvolupada al múscul RA durant l'exercici és parell amb el patró del moviment evocat, independentment de la part corporal mobilitzada (cap-tronc, pelvis-membres inferiors).

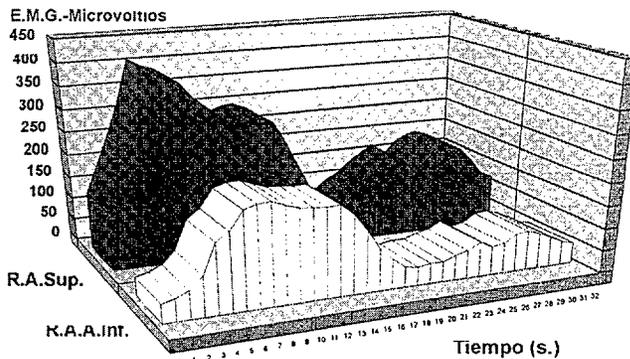
## Discussió

Es va constatar que qualsevol exercici físic en què s'havia demanat l'acció mecànica del múscul RA el va activar totalment i no pas per parts. L'activitat registrada a les porcions superiors va ser sempre superior que a les porcions inferiors del múscul, en tots els exercicis i subjectes estudiats. Aquests fets van confirmar els referits per Lipetz (1970) i Gutin (1971).

També es va confirmar que l'activació de les porcions superior i inferior del múscul es contrauen sincrònicament. Aquesta dada contradiu els resultats de Crowe (1961), que va trobar un desfase temporal de 0,2 a 0,3 s en l'activitat dels segments inferiors respecte als inferiors del múscul recte de l'abdomen, durant exercicis d'abdominals en posició supina. La raó que fa pensar en una activació asincrònica de les parts del múscul seria la seva inervació metamèrica; però, d'acord amb els nostres resultats, considerem que el desfase temporal és inferior a 0,1 s (freqüència de mostratge en aquest estudi), o bé va quedar encobert per les neurones cordonals, que dilueixen l'ordre per diversos mielòmers medulars (Nolte, 1994).

Els resultats d'aquest estudi desmitifiquen algunes pràctiques esportives, en demostrar que el patró de l'activitat muscular és idèntic al patró del moviment evocat, sigui de plegament o d'incorporació o no, respecte als segments corporals que s'hi mobilitzen.

També demostren que el moviment dels exercicis de plegament -de fàcil execució i poc rang de moviment, especialment el del tronc- fan que el múscul tingui una activitat de distribució normal i contínua durant tot el rang de moviment; i contràriament, els exercicis d'incorporació -més difícils



**Figura 8:** Activitat elèctrica de la porció superior i inferior del múscul recte major de l'abdomen durant l'exercici d'incorporació d'un membre inferior al pit.

**Figura 8:** Actividad eléctrica de la porción superior (R.A. Sup) e inferior del músculo recto mayor del abdomen durante el ejercicio de incorporación de miembro inferior al pecho.

cuerpo sobre sí mismo, independientemente de que las porciones corporales movilizadas fueron las superiores (cabeza, cintura escapular) o las inferiores (pelvis, miembros inferiores); la actividad funcional del músculo RA mostró un perfil característico de ese movimiento. Cuando el movimiento realizado en distintos ejercicios de abdominales fue una incorporación, independientemente de que el segmento movilizado fuera el tronc, la pelvis o los miembros inferiores. La actividad funcional del músculo RA mostró un perfil característico de este movimiento y diferente del observado en los movimientos de enrollamiento. Perfiles EMG que se repitieron a lo largo de cada ejecución y en cada sujeto. Por lo tanto podemos concluir: *El patró de la actividad eléctrica desarrollada en el músculo RA durante el ejercicio es parejo con el patró del movimiento evocado, independientemente de la parte corporal movilizada (cabeza-tronc, pelvis-miembros inferiores).*

## Discussió

Se constató que cualquier ejercicio físico en el que se solicitó la acción mecánica del músculo RA lo activó en su totalidad y no por partes. La actividad registrada en las porciones superiores, siempre fue mayor que sobre las porciones inferiores del músculo en todos los ejercicios y sujetos estudiados, estos hallazgos soportaron los referidos por Lipetz (1970) y Gutin (1971).

También se constató que la activación de las porciones superiores e inferiores del músculo son sincrónicas durante su contracción, este dato contradice los resultados de Crowe (1961) quien encontró un desfase temporal de 0,2-0,3 segundos en la activación de los segmentos inferiores con

d'executar i amb més amplitud de moviment desencadenen una activitat discontinua a través del rang de moviment.

Aquesta constatació es contradiu amb la creença esportiva segons la qual com més difícil és l'execució d'un exercici, més intens i efectiu resulta per desenvolupar la força i la resistència d'un grup muscular. Els resultats d'aquest estudi refermen els obtinguts per Halpern i Bleck (1979), Ricci i Marchetti (1981), Monfort i Sarti (1995) en comparar l'activitat del recte de l'abdomen en el plegament enfront a la incorporació de tronc. Les diferències de patró d'activitat entre els exercicis d'incorporació i de plegament tenen la seva justificació mecànica en l'existència de flexió de malucs durant la incorporació, que no es produeix en el plegament, tal com van constatar indirectament les recents aportacions de Monfort *et al.* (1995) o els treballs clàssics de LaBan (1965), Nachemson (1970) i Flint (1965).

Atès que l'increment de força es produeix principalment per l'adaptació neural o aprenentatge durant els primers mesos d'entrenament (relegant la hipertrofia a un període més tardà; Sale, 1988 i Rutherford, 1986), i pel fet que aquesta adaptació està en relació directa amb el patró del moviment demanat durant l'entrenament, en desenvolupar selectivament les unitats motores agonistes (Moritani, 1979).

Els nostres resultats refermen els d'aquests autors, en mostrar com l'activació de les unitats motores, expressada en potencials d'acció del múscul, és selectiva amb el patró de moviment.

Atenent els resultats d'aquest estudi, es fa notar la importància del condicionament neuromuscular en l'entrenament de força del múscul RA, que serà més o menys efectiu en relació directa amb l'adequació de l'execució al patró de moviment propi del múscul i no en relació a la complexitat del seu disseny, ni a les parts corporals que s'hi mobilitzen.

És una dada a tenir en compte, ja que els exercicis utilitzats en la preparació física són moviments artificials sistematitzats i no moviments naturals. En aquest sentit coincidim plenament amb Voss i Ionta (1987), que expressen que el nostre cervell entén de moviments i no pas de músculs aïlladament, de músculs activats per a l'execució a través de l'evocació de la idea que tenim d'un moviment (Kandel, 1985).

## Conclusions

1. El múscul recte major de l'abdomen s'activa totalment amb qualsevol moviment del tronc, la pelvis o els membres inferiors executat en contra de la gravetat, i no per porcions aïllades.
2. L'activació de les porcions superior i inferior del RA durant la seva contracció és simultània.

respecto a las superiores del recto del abdomen durante ejercicios de abdominales en posición supina. La razón para pensar en una activación asincrónica de las partes del músculo, sería su innervación metamérica, pero dado nuestros resultados consideramos que el desfase en el tiempo o es inferior a 0,1 segundo (frecuencia de muestreo en este estudio) o fue solapado por las neuronas cordinales que diluyen la orden por varios mielómeros medulares Nolte (1994).

Los resultados de este estudio desmitifican ciertas prácticas deportivas al demostrar que el patrón de la actividad muscular es parejo al patrón del movimiento evocado bien de enrollamiento o de incorporación y no, respecto a los segmentos corporales movilizados en esos ejercicios; también demuestran que el movimiento de los ejercicios de enrollamiento, de fácil ejecución y escaso rango de movimiento (especialmente el del tronco), despiertan en el músculo una actividad de distribución normal y continua durante todo el rango de movimiento. Por el contrario, los ejercicios de incorporación de ejecución más costosa y mayor amplitud de movimiento, desencadenan una actividad discontinua a través del rango de movimiento. Constatación contradictoria con la creencia deportiva de que cuanto más dificultad entraña la ejecución de un ejercicio más intenso y efectivo es para el desarrollo de la fuerza y endurance de un grupo muscular. Los resultados de este estudio refuerzan los obtenidos por Halpern y Bleck (1979), Ricci y Marchetti (1981), Monfort y Sarti (1995) al comparar la actividad del recto del abdomen en el enrollamiento frente a la incorporación de tronco. Las diferencias de patrón de actividad entre los ejercicios –incorporaciones Vs enrollamientos–, tiene su justificación mecánica en la existencia de flexión de cadera durante la incorporación y su ausencia en el enrollamiento, tal como constataron indirectamente las recientes aportaciones de Monfort y al. (1995), o los clásicos trabajos de LaBan (1965), Nachemson (1970), Flint (1965).

Dado que el incremento de fuerza se produce principalmente por adaptación neural o aprendizaje durante los primeros meses del entrenamiento, relegando la hipertrofia a un período más tardío Sale (1988) y Rutherford (1986) y siendo que esta adaptación está en relación directa con el patrón del movimiento solicitado durante el entrenamiento, al desarrollar selectivamente las unidades motoras agonistas Moritani (1979). Nuestros resultados refuerzan los de estos autores al mostrar como la activación de las unidades motoras expresado en potenciales de acción del músculo es selectivo con el patrón de movimiento.

Atendiendo a los resultados de este estudio, se reseña la importancia del acondicionamiento neuromuscular en el entrenamiento de fuerza del músculo RA, cuya efectividad estará en relación directa con la adecuación de la ejecución del ejercicio al

3. El patró de l'activitat del múscul RA és anàleg al del tipus de moviment evocat (plegament o incorporació) durant diferents exercicis abdominals, i no al de les parts corporals que s'hi han mobilitzat per produir-lo.
- 

patró del moviment propi del músculo y no en relación a la complejidad de su diseño, ni a las partes corporales movilizadas en el mismo. Dato a tener en cuenta, ya que los ejercicios utilizados en la preparación física son movimientos artificiales sistematizados y no movimientos naturales. En este sentido, coincidimos plenamente con Voss e Ionta (1987) al expresar que nuestro cerebro entiende de movimientos y no de músculos aislados; músculos activados para la ejecución a través de la evocación de la idea que tenemos de un movimiento Kandel (1985).

### Conclusiones

1. El músculo Recto Mayor del Abdomen se activa en su totalidad en cualquier movimiento del tronco, pelvis y miembros inferiores, ejecutado en contra de la gravedad y no por porciones aisladas.
2. La activación de las porciones superiores e inferiores del RA durante su contracción es simultánea.
3. El patró de la actividad del músculo RA, es parejo al del tipo de movimiento evocado (enrollamiento o incorporación) durante distintos ejercicios abdominales y no al de las partes corporales movilizadas para producirlo.

---

## Bibliografia

---

CLARYS, J.P.; CABRI, J.: Electromyography and the study of sports movements: A review. *Journal of Sports Sciences*, 1993, 11, 379-448

O'CONNELL, P.; GARDNER, A.E.: *An electromyographic study of the abdominal muscles and certain hip flexors during selected sit-ups*. Part I. Abstract of paper presented to Research Section of the 78th Annual Convention of the Am. Assoc. of Helth, Physical Education and Recreation, 1961

FLINT, M.M.: An electromyographic comparison of the function of the iliacus and the rectus abdominis muscles. *Journal of the American Physical Therapy Association*, 1965, 45:248-253

GUTIN, B.; LIPETZ, S.: An electromyographic investigation of the rectus abdominis in exercises. *Research Quarterly American Association health Physical*. 1971, 42, 256-263

HALPERN, A.; BLECK, E.: Sit-up exercises: an electromyographic study. *Clinical Orthopaedic* 1979, 172, 172-178

KANDEL, E.R.; SCHWARTZ, L.H.: Principles of neural science. Oxford: 2ª Ed. Elsevier. (p. 444.496-499), 1985

KREIGHBAUM, E.; BARTHEL, K.M.: *Biomechanics a qualitative approach for studying human movements*. Canada: 3ª Ed. Ed. Macmillan (p 691), 1990

LABAN, M.; RAPTOU, A.: Electromyographic study of function of iliopsoas muscle. *Arch Phys Med Rehabil*, 1965, 676-679

LINDELL, E.G.T. y SHERRINGTON, Ch.: Citados Kandel *Principles of neural science*. Oxford, 2ª Ed. Elsevier, 1985

LIPETZ, S. and GUTIN, B.: An electromyographic study of four abdominal exercises. *Medicine and Science in Sports*. 1970, 2, 1, 35-38

MONFORT, M.; SARTI, M.A.: Aportaciones al conocimiento del patró de actividad del músculo recto del abdomen durante el movimiento. Aplicaciones en la actividad física y salud. *Libro Actas del II Congreso Nacional de Educación Física de Facultades de Educación y XIII de Escuelas de Magisterio*, 1995

- MORITANI, T.; De VRIES, H.A.: Neural factors Versus hypertrophy in time course of muscle strength. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* 1979, 58, 115-130
- NACHEMSON, A.: Electromyographic studies on the vertebral portion of the psoas muscle. *Acta Orthop Scandina* 1966, 37, 177-190
- NOLTE, J.: *El cerebro humano. Introducción a la Anatomía Funcional.* Madrid: Doyma (p.133), 1994
- PALASTANGA, N.; FIELD, D.; SOAMES, R.: *Anatomy and human Movement.* London. Heinemann Medical Books. (p. 354-356), 1989
- RICCI, B.; MARCHETTI, M.; FIGURA, F.: Biomechanics of sit-up exercises. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 1981, 13, 1, 54-59
- RUTHERFORD, O.M.; JONES, D.A.: The role of learning and coordination in strength training. *Eur. J. Appl. Physiol.* 1986, 55, 100-105
- SALE, D.J.: Neural adaptation to resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 1988, 20, 5, S135-145
- TESTUT, L.; LATARJET, A.: *Tratado de anatomía humana.* Barcelona: Salvat Editores (tomo I pp. 921-923). 1979
- TORTORA; GERARD, J; ANAGNOSTAKO, N.P.: *Principles of anatomy and physiology.* New York: Harper Collins (p. 241), 1990
- WILLIAMS, P.L.; WARWICK, R.: *Gray Anatomía.* Barcelona: Salvat Editores, S.A. Tomo I (p. 614-616), 1985
- VOSS, D.E.; IONTA, K.M.; MYERS, J.: *Facilitación Neuromuscular Propioceptiva.* Buenos Aires. Panamericana. (p. 21), 1987