



ARTIGO ORIGINAL

ANÁLISE DE EXERCÍCIOS ABDOMINAIS: UM ESTUDO BIOMECÂNICO E ELETROMIOGRÁFICO

Marco Aurélio Vaz (*)
Antônio Carlos S. Guimarães
Maria Inês A. de Campos

Universidade Federal de Pelotas - RS (*)
Laboratório de Pesquisa do Exercício
Escola Superior de Educação Física
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

RESUMO

VAZ, M.A.; GUIMARÃES, A.C.S. e DE CAMPOS, M.I.A. Análise de exercícios abdominais: um estudo biomecânico e eletromiográfico. Revista Brasileira de Ciência e Movimento, vol. 05, nº 04, pp 18-40, 1991.

Na primeira parte deste trabalho foram determinados os potenciais de ação muscular (PAM) do reto femoral (N = 10) e das regiões supra-umbilical (N = 16) e infra-umbilical (N = 13) do reto abdominal de estudantes de educação física, durante a execução de doze exercícios selecionados. Foram utilizados eletrodos de superfície conectados a um fisiógrafo. Análises de variância com seus respectivos testes de significância levaram às seguintes conclusões: (1) que flexionar ou estender os joelhos, bem como fixar ou não os pés não alterou significativamente os PAM obtidos para as regiões supra e infra-abdominal; (2) que a dificuldade verificada nos exercícios realizados em prancha inclinada era devida, em grande parte, à intensa atividade dos flexores do quadril e não propriamente dos abdominais; (3) oito exercícios obtiveram PAM equivalentes àqueles obtidos pelos exercícios na prancha inclinada para as regiões supra e infra-abdominal; (4) que os exercícios "canivete" e elevação dos membros inferiores (com o executante suspenso em um espaldar sueco) exigiram simultaneamente grande intensidade das duas porções do reto abdominal e do reto femoral. Na segunda parte, o trabalho discute, inicialmente, fundamentos da biomecânica de alguns exercícios abdominais para, a seguir, ilustrar, através de traçados eletromiográficos, aspectos como: (a) a contribuição das regiões supra e infra-umbilical durante a execução de determinados

exercícios; (b) a repercussão do encaixe de quadril no PAM do reto abdominal; (c) a realização de movimentos do tronco partindo da posição em pé e (d) os PAM registrados nas fases concêntrica e excêntrica lenta de um exercício.

UNITERMOS - Exercícios abdominais, análise de movimentos, biomecânica, eletromiografia.

Segundo RASCH & BURKE (1977), "os antropologistas consideram o homem um produto de três características: um grande cérebro, mãos manipulativas e uma postura ereta", sendo que esta última o distingue dos outros animais.

Ao adquirir a posição bípede, o homem sofreu transformações gradativas que vão desde alterações fisiológicas ou funcionais de sistemas como o respiratório e o circulatório até o desenvolvimento muscular e a coordenação de movimentos.

Essas transformações deram origem à especialização de determinados grupos musculares e também à perda ou diminuição da função de outros. Segundo ZARRABETA (1967), os músculos flexores do tronco teriam perdido a sua potência, não tendo mais ação sobre o arco raquideo, enquanto os quadrúpedes necessitam da atividade dessa musculatura para manter esse arco e para sustentar e proteger os órgãos abdominais. Em consequência dessa transformação, passaram



a existir problemas como: (1) a ptose (RASCH & BURKE, 1977; WELLS, 1971); (2) a dificuldade de elevar a cabeça a partir da posição em decúbito dorsal devido, principalmente, à debilidade do reto anterior do abdômen (KENDALL & MCCREARY, 1986); (3) a dificuldade expiratória devido à fraqueza dos músculos oblíquos do abdômen (BASMALIAN, 1974); (4) a dificuldade na realização de determinados movimentos tais como a tosse, o vômito, o espirro e movimentos de parto na mulher (CROUCH, 1978; SNELL, 1984); (5) a acentuação da hiperlordose lombar, devido ao fortalecimento desproporcional do psoas maior em relação aos músculos abdominais (KAPANDJI, 1985). Nesse sentido, KENDALL & MCCREARY (1986) ressaltam sua preocupação com a utilização indiscriminada de exercícios abdominais de elevação do tronco, bem como de elevação simultânea dos membros inferiores, ambos partindo da posição em decúbito dorsal. Os mesmos autores reforçam a necessidade de que sejam levadas em consideração as implicações posturais decorrentes da prática desses exercícios.

Investigações têm sido conduzidas utilizando a eletromiografia, que tem contribuído de forma relevante para melhor compreensão da função dos músculos abdominais e flexores do quadril no movimento humano. Entretanto, apesar das considerações que são feitas a respeito da atividade do iliopsoas durante a prática de exercícios abdominais, esses músculos parecem não ter sido extensivamente estudados nesses exercícios. A localização destes músculos requer a utilização de eletrodos de profundidade. Este fator tem limitado a quantidade de informações referentes ao iliopsoas. Alguns autores como FLINT (1965) e LA BAN et al. (1965) monitoraram o ilíaco e o psoas maior; no entanto, a maioria dos demais autores têm feito inferências a respeito da atividade do iliopsoas a partir de observações do reto femoral (GODFREY et al., 1977; RICCI et al., 1981; WALTERS & PARTRIDGE, 1957).

Outra limitação constatada na literatura e apontada por RICCI et al., (1981) consiste no fato de que, na maioria dos estudos realizados, os autores limitam-se a uma apresentação de resultados, sem tentar justificá-lo do ponto de vista biomecânico.

Este trabalho tem por objetivos: (I) apresentar, de forma reduzida, os resultados de um projeto concluído no LAPEX da ESEF da UFRGS denominado "A contribuição do reto abdominal e do reto femoral em doze exercícios abdominais selecionados: um estudo eletromiográfico" e (II) discutir alguns aspectos da biomecânica dos exercícios abdominais, ilustrando-os, quando possível, com traçados eletromiográficos.

A CONTRIBUIÇÃO DO RETO ABDOMINAL E DO RETO FEMORAL EM DOZE EXERCÍCIOS ABDOMINAIS SELECIONADOS: UM ESTUDO ELETROMIOGRÁFICO

A intenção desse estudo foi verificar a influência de 12 exercícios abdominais selecionados propositadamente, nos potenciais de ação muscular (PAM) dos músculos reto abdominal e reto femoral. Foram utilizados eletromiogramas de estudantes de educação física. A [velocidade angular] de execução dos exercícios foi padronizada para os executantes. A ilustração dos exercícios, bem como os resultados obtidos para as regiões abdominal supra-umbilical, infra-umbilical e para o reto femoral são mostrados respectivamente nas Figuras 1, 2 e 3. Detalhes sobre a metodologia utilizada são mencionados por GUIMARÃES et al. (1988), a qual será aqui descrita em função de o trabalho se encontrar em processo de publicação (em inglês).

MATERIAL E MÉTODOS

Sujeitos

A amostra foi composta de 20 estudantes de educação física (faixa etária: 17 a 15 anos). Todos os indivíduos estavam familiarizados com os exercícios e ritmo de execução antes da coleta de dados. Foi obtido consentimento dos sujeitos.

Protocolo

Doze exercícios foram distribuídos ao acaso aos indivíduos. Quatro movimentos de cada exercício foram executados. Um intervalo mínimo de três minutos foi observado entre a execução de dois exer-



cícios. Toda a coleta de dados foi conduzida sem qualquer modificação na posição dos eletrodos. A identificação e descrição dos exercícios está apresentada na Tabela 1.

TABELA 1 - Identificação dos exercícios e descrição da posição inicial das articulações.

Nº Exercício	Quadril	Joelhos	Pés
01 Sentar-se: decúbito dorsal longo	E	E	S
02 Sentar-se: decúbito dorsal longo	E	E	F*
03 Sentar-se: decúbito dorsal curvo	F	F	S
04 Sentar-se: decúbito dorsal curvo	F	F	F*
05 Flexão do tronco "enrolando"	F	F	S
06 Elevação de membros inferiores: apoio de antebraços	F	E	S
07 Elevação de membros inferiores: decúbito dorsal longo	E	E	S
08 "Canivete"	E	E	S
09 "Rena-rena"	E	E	S
10 Sentar-se num plano inclinado: decúbito dorsal longo	E	E	F*
11 Sentar-se num plano inclinado: decúbito dorsal curvo	F	F	F*
12 Elevação de membros inferiores: em suspensão	E	E	S

F= Flexionados; E= Estendidos; S=Soltos; F*= Fixos

No exercício 7, sujeitos seguraram os tornozelos dos companheiros. Nos exercícios 8 e 9, as mãos ficaram livres acima da cabeça. No exercício 12, os indivíduos foram suspensos pelas mãos com o corpo num plano vertical. Em todos os outros exercícios, as mãos foram seguras atrás do pescoço e os cotovelos mantidos unidos na frente do corpo. O ângulo da articulação do joelho foi de 90 graus em todos os exercícios em decúbito dorsal com joelhos flexionados. No exercício 8, o tronco e os membros inferiores foram considerados segmentos de referência. Neste exercício, o

deslocamento angular dos segmentos de referência foi de aproximadamente 45 graus. Em todos os outros exercícios, o deslocamento angular do segmento de referência - cabeça, tronco ou membros inferiores - foi de 90 graus. A velocidade angular de flexão foi estabelecida, com a ajuda de um metrônomo, em 60 graus/segundo para todos os exercícios com exceção do exercício 8, em que a velocidade angular foi de 120 graus/segundo. Neste último exercício, os indivíduos foram incapazes de manter a velocidade mais baixa estabelecida para os demais exercícios.

Músculos e Instrumentalização

Eletrodos de superfície em forma de disco com 1 cm de diâmetro foram usados em configuração bipolar. A distância entre o centro de dois eletrodos foi de 2 cm. Os eletrodos foram posicionados paralelamente às fibras do músculo.

A atividade elétrica do reto abdominal foi investigada como representativa dos músculos flexores da coluna (WALTERS e PARTRIDGE, 1957; GUTIN e LIPETZ, 1971; GIRARDIN, 1973). A porção superior deste músculo foi monitorada a uma distância média de 6 cm acima do umbigo, e a porção inferior 6 cm abaixo deste ponto de referência. Foi difícil padronizar a distância do reto abdominal supra-umbilical. Em alguns indivíduos os eletrodos caíam exatamente em cima de um dos tendões transversos do reto abdominal. Nestas situações, os eletrodos foram afastados deste ponto. Ambos os pares de eletrodos posicionados na região abdominal estavam 3 cm à direita da linha média dos indivíduos. Este procedimento foi similar àquele adotado previamente por SHEFFIELD e MAJOR (1962).

A atividade elétrica do reto femoral foi tomada como representativa dos flexores do quadril desde que foi demonstrado ser este músculo importante nesta ação (BASMAJIAN, 1974). O reto femoral foi monitorado na intersecção de sua linha média com o ponto médio entre sua origem e inserção. Esta localização foi escolhida numa tentativa de obter potenciais eletromiográficos máximos, como sugerido por ZUNIGA, TRUONG e SIMONS (1970). Eletrodos de aterramento - um para cada canal - foram fixados à tibia direita do indivíduo. Discos

auto-adesivos foram usados para fixar os eletrodos na pele do indivíduo. Além disso, cada par de eletrodos e eletrodos de aterramento foram cobertos com um pedaço de fita adesiva. Cintos elásticos foram usados para cobrir cada par de eletrodos da região abdominal para evitar movimento dos mesmos.

Um fisiógrafo de pena e tinta de quatro canais (Narco Bio Systems Inc.) foi utilizado para se obterem os registros eletromiográficos. O filtro de corte superior foi fixado em 30 Hz para todos os três canais. Cada centímetro de desvio da pena correspondia a 500 microVolts para ambas as porções do reto abdominal (supra-umbilical e infra-umbilical), e 100 microVolts para o canal do reto femoral. A velocidade do papel foi estabelecida em 1 cm/segundo. Um marcador eventual de tempo foi usado para definir o ponto de transição entre as fases ascendente e descendente de cada exercício.

Quantificação Eletromiográfica e Tratamento Estatístico

Os dois maiores desvios da fase ascendente da pena - fase concêntrica - de cada um dos quatro movimentos, de cada exercício, foram medidos em centímetros. Este procedimento foi similar àquele adotado por GUTIN e LIPETZ (1971). A média dos oito potenciais de ação muscular obtidos por exercício, por indivíduo, foi, então, convertida para microVolts. Finalmente, a média do PAM para todos os indivíduos foi computada em microVolts para cada exercício. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (exercício x PAM), um para cada região muscular estudada (two way analysis of variance). Em virtude disso, o teste "Student-Newman-Keuls" foi aplicado à média do PAM dos doze exercícios para identificar diferenças significantes entre os exercícios. O nível de significância adotado nesta investigação foi $p < 0.05$.

Sujeitos cujos registros eletromiográficos apresentaram artefatos que pudessem interferir no processo de quantificação foram excluídos da análise dos dados. Somente sujeitos que tiveram um bom traço do para todos os exercícios foram considerados. Então, o número de sujeitos (N) é

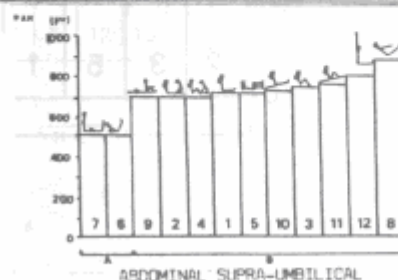
diferente para cada uma das três regiões estudadas, como segue: reto abdominal porção supra-umbilical (N = 16); reto abdominal porção infra-umbilical (N = 13) e reto femoral (N = 10).

Músculo Reto Abdominal: porção supra-umbilical

Os resultados obtidos para esta região muscular e apresentados na Figura 1 estão baseados em traçados obtidos de dezesseis estudantes, tendo os mesmos revelado a existência de dois grupos de exercícios significativamente diferentes ($p < 0.05$). Os exercícios números 6 e 7, de elevação dos membros inferiores (em decúbito dorsal e com apoio de antebraços, respectivamente) e agrupados pelo colchete A, revelaram PAM menores do que os dos demais dez exercícios agrupados pelo colchete B.

Dentre outras considerações que poderiam ser feitas com base nesses resultados, duas talvez sejam mais relevantes, portanto serão destacadas: (1) as tentativas de flexionar ou estender os joelhos, bem como de fixar ou não os pés não refletiram significativamente nos resultados e (2) os exercícios realizados na prancha inclinada não diferiram significativamente dos tradicionais exercícios de elevação do tronco. Desta forma, dentre os doze exercícios estudados, o executante dispunha de dez opções que produziam ativação semelhante para exercitar a região supra-umbilical do reto abdominal com maior intensidade.

FIGURA 1 - Médias dos potenciais de ação muscular (PAM) para os doze exercícios em microVolts. Colchetes A e B identificam os dois grupos de exercícios significativamente diferentes ($p < 0.05$) para a região supra-umbilical do reto-abdominal. Os exercícios estão identificados por números de 1 a 12 (n = 16).



Músculo Reto Abdominal, porção infra-umbilical

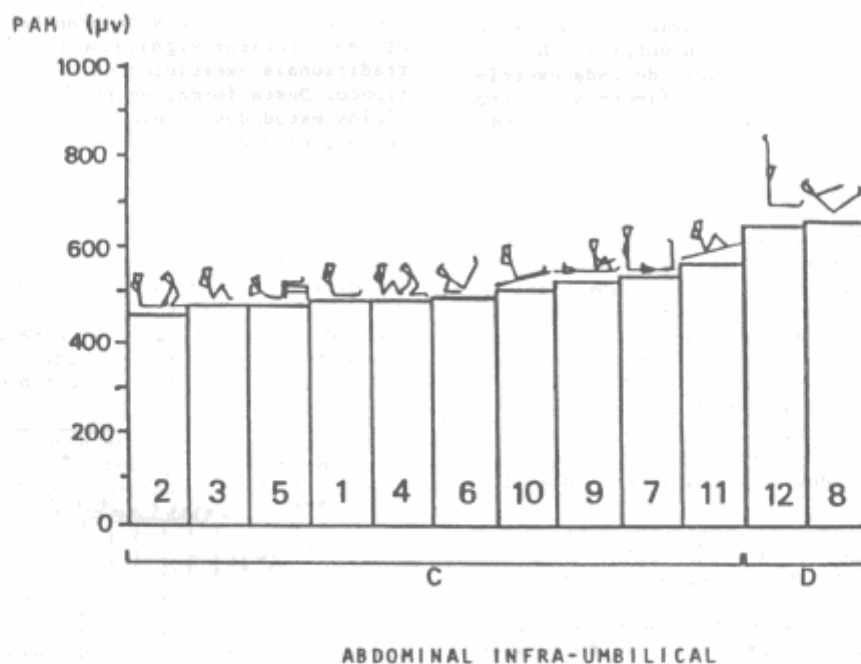
Os resultados obtidos para essa região muscular e apresentados na Figura 2 estão baseados em traçados obtidos de treze estudantes, os quais também revelaram a existência de dois grupos de exercícios significativamente diferentes ($p < 0.05$). Os exercícios número 8 (canivete) e número 12 (de elevação dos membros inferiores com o corpo suspenso em espaldar sueco), agrupados pelo colchete D, revelaram PAM maiores do que os dos demais dez exercícios agrupados pelo colchete C.

Constatou-se, mais uma vez, que as tentativas de flexionar ou estender os joelhos, bem como de fixar ou não os pés não refletiram significativamente nos resulta-

dos. Mais uma vez, os PAM obtidos nos exercícios realizados na prancha inclinada não apresentaram diferenças significativas em relação aos demais exercícios de elevação do tronco. Deve ser observado, para esta região muscular, que os exercícios na prancha inclinada foram classificados no grupo de exercícios que demandou menores PAM.

Portanto, para ativar essa região muscular, o executante dispunha de dez exercícios de intensidade mais baixa (agrupados pelo colchete C) e dois de intensidade mais elevada (agrupados pelo colchete D). Antes de optar por um ou outro exercício para o reto abdominal, no entanto, seria conveniente que o executante considerasse a intensidade de participação desejada dos flexores do quadril nestes exercícios, o que passa a ser discutido no próximo item.

FIGURA 2 - Média dos potenciais de ação muscular (PAM) para os doze exercícios em micro Volts. Colchetes C e D identificam os dois grupos de exercícios significativamente diferentes ($P \leq 0.05$) para a região infra-umbilical do reto abdominal. Os exercícios estão identificados por números de 1 a 12 ($n = 13$).

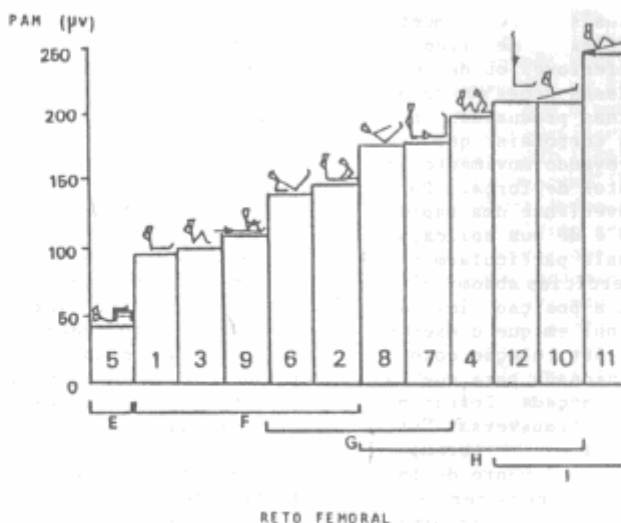


Músculo Reto Femoral

Os resultados obtidos para este músculo e apresentados na Figura 3 estão baseados em traçados obtidos de dez estudantes. A análise estatística indicou a existência de cinco grupos de exercícios significativamente diferentes, os quais estão reunidos respectivamente pelos colchetes E, F, G, H, I. Dentre as várias comparações e resultados que poderiam ser apresentados, cinco serão destacados: (I) apesar das variações tentadas, todos os exercícios evidenciaram, através da média de seus PAM, atividade do reto femoral. Em vários casos, no entanto, os executantes conseguiram realizar o exercício 5 (flexão do tronco enrolando a coluna) praticamente sem atividade desse músculo; (II) este último exercício mencionado foi o que apresentou, na média, menores PAM dentre os que foram estudados; (III) movimentos de flexão de tronco, a partir da posição em decúbito dorsal requereram maior atividade do reto

femoral quando realizados com os pés fixos do que quando realizados com os pés soltos (PAM do exercício 4 maiores do que os PAM do exercício 3 e PAM do exercício 2 maiores do que os PAM do exercício 1); (IV) os movimentos de flexão do tronco, a partir da posição em decúbito dorsal com os pés fixos, exigiram maior atividade quando realizados com os joelhos flexionados do que estendidos. Isso foi registrado tanto quando a execução ocorria em um plano horizontal (PAM do exercício 4 maiores do que PAM do exercício 2) quanto em um plano inclinado a 15 graus (PAM do exercício 11 maiores do que PAM do exercício 10); (V) os exercícios 11 e 10 (flexão do tronco com joelhos estendidos e flexionados, respectivamente) realizados na prancha inclinada a 15 graus, juntamente com o exercício 12 (elevação dos membros inferiores com os executantes suspensos pelas mãos em um espalda sueco) revelaram os maiores PAM registrados.

FIGURA 3 - Média dos potenciais de ação muscular (PAM) para os doze exercícios em micro Volts. Colchetes E, F, G, H e I identificam os cinco grupos de exercícios significativamente diferentes ($p \leq 0.05$) para o reto femoral. Os exercícios estão identificados por números de 1 a 12 ($n = 10$).



No estudo cujos resultados foram apresentados acima, os autores se depararam com duas limitações. Apesar da padronização do ritmo de execução dos exercícios, este não podia ser mantido quando o exercício canivete (número 8) era realizado. Houve necessidade de uma adaptação, sendo adotado, para este exercício, um ritmo acentuadamente mais rápido do que aquele utilizado para os demais exercícios. Houve também limitação do equipamento utilizado, e isso fez com que o filtro de corte de limite superior do sinal eletromiográfico fosse calibrado em 30 Hz. Portanto, sinais pulsando em frequências superiores a esta não foram registrados. Segundo BASMAJIAN (1974), a utilização de uma frequência de corte em torno de 50 Hz seria mais adequada. Apesar de os autores acreditarem que os resultados deveriam ser semelhantes caso uma frequência de corte mais elevada tivesse sido utilizada, não possuem evidências que possibilitem justificar concretamente esse ponto de vista. Portanto, os resultados dessa investigação devem ser considerados como sugestivos até que novas evidências os tornem conclusivos.

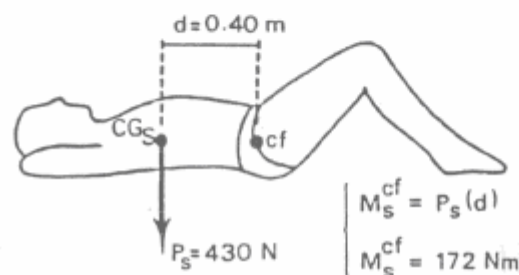
BIOMECÂNICA DE ALGUNS EXERCÍCIOS ABDOMINAIS

Exercícios abdominais são usualmente realizados através de flexões de tronco, elevação de membros inferiores ou de uma combinação de ambos. Essas ações são decorrentes de forças internas produzidas por músculos. Os segmentos corporais que se deslocam o fazem descrevendo movimento angular gerado por momentos de força. Portanto, talvez seja conveniente uma rápida revisão deste conceito e de sua aplicação no movimento humano, mais particularmente durante a prática de exercícios abdominais.

A Figura 4 mostra a posição inicial de um exercício abdominal em que o executante irá sentar-se. A articulação coxo-femoral deverá ser flexionada para que a posição sentada seja alcançada. Portanto, se considerarmos um eixo transversal "cf" passando por essa articulação, teremos, em relação a esse eixo, um momento de força (M_{scf}) criado pelo peso referente à região superior do corpo (P_s), incluindo cabeça, tronco e membros superiores. P_s está representado por um vetor que possui

seu ponto de aplicação no centro de gravidade dessa região (CGs) e um braço de alavanca (d) o qual é medido de forma a estar perpendicular em relação à direção de aplicação da força.

FIGURA 4 - Modelo para a posição inicial de um exercício abdominal de elevação do tronco mantido reto e rígido. O momento de força (M_{scf}) é produzido pelo peso da região superior do corpo (P_s), cujo braço de alavanca (d) é definido pelo centro de gravidade da região superior do corpo (CGs) e pela articulação coxo-femoral (CF).



O momento da força criado por P_s em relação ao eixo de movimento "cf" é dado pela equação 1:

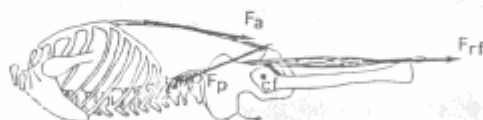
$$M_s = P_s (d) \quad (1)$$

Assumindo os valores apresentados na Figura 4, teremos:

$$M_s = 430 \text{ N} (0.40 \text{ m}) = 172 \text{ Nm}$$

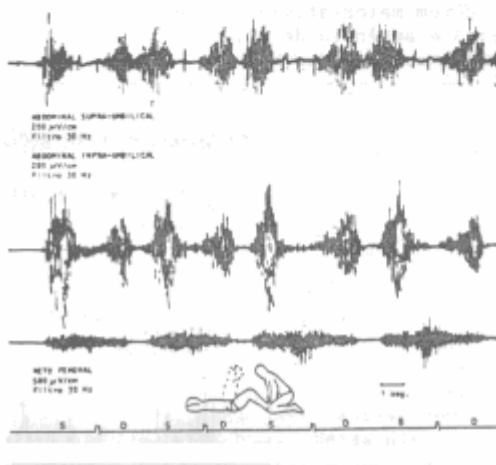
A tendência de M_s , nesse caso, é fazer com que a região superior do corpo gire no sentido anti-horário. Isso não ocorre porque o solo reage com um momento de força de mesmo módulo e sentido contrário, fazendo com que o sistema se mantenha em equilíbrio estático. Para que o movimento seja iniciado, e assumindo-se que o tronco fosse elevado mantendo-se reto e rígido, seria necessário que os músculos flexores da coxo-femoral produzissem um momento de força, no sentido horário, maior do que 172 Nm.

FIGURA 5 - A elevação do tronco até a posição sentado exige atividade dos músculos abdominais, representada por Fa, e dos flexores do quadril, representados pelo reto femoral Frf e psoas maior Fp. Para iniciar o exercício com o tronco reto e rígido, o mesmo indivíduo da Figura 4 deve produzir um momento de força com os flexores da coxa femoral maior do que 172 Nm.



Na Figura 5 este grupo muscular está representado pelo psoas maior e pelo reto femoral. Tendo seu ponto de inserção fixo, a ação do psoas maior deverá produzir uma força Fp que irá tracionar a região lombar da coluna vertebral. A elevação de todo o tronco, por sua vez, exige flexão e estabilização das articulações intervertebrais, ao nível das regiões torácica e lombar. A flexão destas articulações intervertebrais depende da força dos músculos abdominais (Fa). Caso isso não aconteça, a tração do psoas poderá hiperextender a região lombar. A debilidade da musculatura abdominal, associada a hiperextensão da região lombar, caracteriza o paradoxo do psoas conforme descrito por RASCH & BURKE (1977), ou seja, este músculo passa a atuar como um hiperextensor da região lombar da coluna. Outros músculos também devem ser acionados para realizar uma anteversão da pelve, necessária para que a posição sentado seja alcançada. As forças produzidas pelo ilíaco e pectíneo não estão representadas na Figura 5, enquanto a força do reto femoral está representada pelo vetor Frf. Portanto, do ponto de vista biomecânico, o movimento de sentar-se a partir da posição em decúbito dorsal não pode ser realizado sem que os flexores da coxa-femoral entrem em atividade. Independentemente dos joelhos estarem estendidos ou flexionados e os pés fixos ou soltos, havendo deslocamento da coxa-femoral no movimento haverá, conseqüentemente, ação dos flexores dessa articulação.

FIGURA 6A - Traçados eletromiográficos de quatro execuções do exercício de flexão do tronco até a posição sentado. Registros sugerem maior atividade abdominal em A do que em B. O reto femoral apresenta atividade em A e ausência de atividade em B. As fases de subida (S) e descida (D) estão identificadas aproximadamente. AN 1987

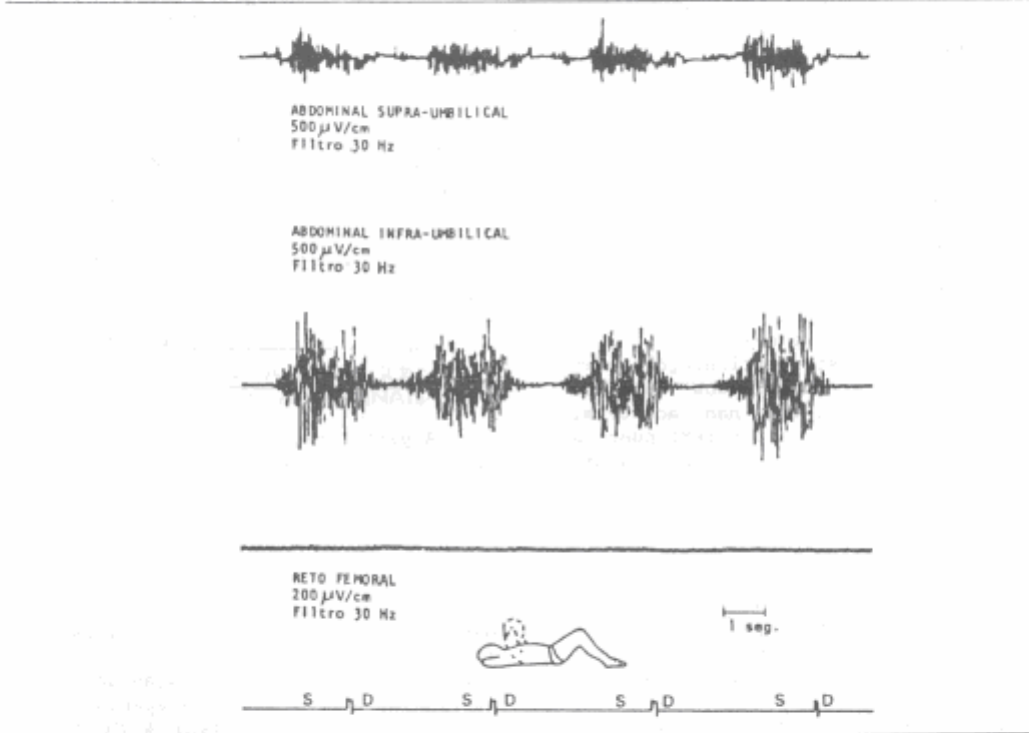


A participação do reto femoral no exercício de elevação do tronco até a posição sentado pode ser observada no traçado mostrado na Figura 6A. Infer-se, portanto, que o psoas também atue com intensidade considerável nesse exercício. Segundo FLINT (1965), existe freqüente - mente um desequilíbrio entre a força da musculatura abdominal e a do iliopsoas a favor do último grupo muscular. O mesmo autor adverte que a utilização de alguns exercícios abdominais pode acentuar este problema. Segundo KENDALL & McCREARY (1986), há tendência de que a musculatura mais forte assuma o papel da musculatura mais fraca e que os flexores do quadril seriam mais fortes do que os músculos abdominais. Portanto, nestes casos, seria interessante que os exercícios se concentrassem na musculatura abdominal, visando evitar que desequilíbrios dessa natureza fossem acentuados. Para que a atividade muscular se concentre nos flexores da coluna, deve-se fazer que o movimento

incida sobre as articulações intervertebrais, sem que haja deslocamento da coxo-femoral. A flexão gradativa da coluna vertebral iniciada pela região cervical (enrolando a coluna) constitui-se em procedimento utilizado para que o exercício se

concentre na musculatura abdominal, eliminando assim a ação dos flexores da coxo-femoral. A ausência de atividade elétrica do reto femoral no exercício realizado dessa maneira pode ser vista no traçado mostrado na Figura 6B.

FIGURA 6B - Traçados eletromiográficos de quatro execuções do exercício de flexão do tronco "enrolando" a coluna sem que a região lombar perca contato com o solo. Registros sugerem maior atividade abdominal em A do que em B. O reto femoral apresenta atividade em A e ausência de atividade em B. As fases de subida (S) e descida (D) estão identificadas aproximadamente.



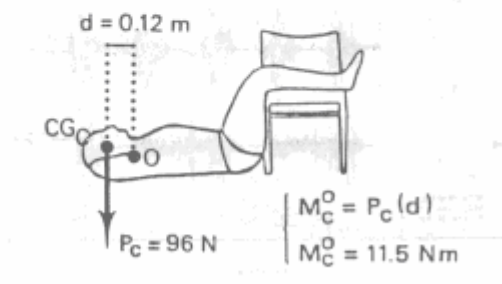
Portanto, para exercitar os abdominais sem que haja envolvimento dos flexores do quadril, o executante deve flexionar a coluna sem elevar do solo as últimas vértebras torácicas e as lombares (CROWE, 1961; KENDALL & McCREARY, 1986). Não havendo deslocamento na coxo-femoral, não há necessidade de um momento de força flexor em relação a essa articulação. Qualquer atividade de reto femoral deverá ser mínima,

portanto, irrelevante. No caso específico do indivíduo da Figura 6, os traçados sugerem que a utilização da coxo-femoral no exercício de elevação do tronco até a posição sentado (A) implicou maior atividade das regiões supra e infra-umbilical do reto abdominal do que no exercício de enrolar a coluna (B). Esse resultado não deve ser assumido como verdade absoluta, pois a comparação entre estes exercícios, uti-

lizando uma amostra composta por 16 indivíduos e apresentada anteriormente, mostrou não existir diferença significativa entre eles. A Figura 1 mostrou que os exercícios de elevação de tronco (incluindo o de "enrolamento" da coluna) não diferiram significativamente entre si para a região abdominal supra-umbilical, estando agrupados pelo colchete B. Resultado semelhante foi observado na Figura 2 para a região abdominal infra-umbilical, onde os mesmos exercícios estavam agrupados pelo colchete C.

O modelo para a posição inicial do exercício de "enrolar" a coluna é mostrado na Figura 7. Neste caso, o peso da cabeça (P_c) produzirá um momento de força (M_c) no sentido anti-horário, em relação a um eixo transversal (o) passando pela região cervical. Os flexores desta região deverão se sobrepôr a M_c para que o movimento se já iniciado. O peso a ser elevado irá aumentar gradativamente durante a fase ascendente do exercício. O eixo de rotação se deslocará da região cervical para a região torácica. Isso faz com que a atividade da musculatura abdominal seja intensificada. As vértebras lombares não são elevadas do solo, nem há deslocamento da coxo-femoral. Portanto, não deve haver envolvimento relevante dos flexores desta articulação nesse movimento.

FIGURA 7 - Modelo para a posição inicial de um exercício abdominal de elevação do tronco através de "enrolamento" da coluna. O momento de força M_c é produzido pelo peso da cabeça (P_c), cujo braço de alavanca (d) é definido pelo centro de gravidade da cabeça (CG_c) e por um eixo transversal (o) que se localiza na região cervical.



Como alterar o nível de dificuldade dos exercícios abdominais

Para que seja ilustrado como o nível de dificuldade de exercícios de elevação do tronco pode ser alterado, a articulação coxo-femoral será utilizada como eixo de referência. Apesar de esta referência permitir que se compreendam alterações verificadas nos flexores da coxo-femoral, o princípio de funcionamento do braço de alavanca dos músculos abdominais na coluna vertebral é semelhante.

O posicionamento dos membros superiores e a utilização de sobrecarga são fatores que regulam o nível de dificuldade de execução desses exercícios. Se os braços forem colocados ao lado do corpo, o CGs se aproximará do eixo de rotação localizada na coxo-femoral fazendo com que o braço de alavanca " d " seja reduzido. Assumindo-se mais uma vez os valores da Figura 4, isso determinaria que M_s tivesse um valor inferior a 172 N.m. Neste caso, o esforço muscular necessário para iniciar o exercício seria menor do que aquele necessário caso os membros superiores estivessem no prolongamento da cabeça. Nessa última posição, d se afasta de cf , o que faz com que M_s seja aumentado. Isso exige um maior esforço muscular para iniciar o exercício. Portanto, alterações no posicionamento dos braços se refletem diretamente de dificuldade do exercício pelas alterações registradas em " d ", sem, no entanto, que P_s seja alterado. O eletromiograma da Figura 8A sugere maior atividade do reto abdominal (membros superiores no prolongamento da cabeça) do que o eletromiograma da Figura 8B (membros superiores ao lado do corpo), particularmente para a região infra-umbilical.

FIGURA 8 - Traçados eletromiográficos de (A) quatro execuções do exercício de flexão do tronco "enrolando" a coluna com os braços mantidos no prolongamento do corpo e (B) quatro execuções do exercício de flexão do tronco com os braços mantidos ao lado do corpo. Reto femoral apresenta ausência de atividade em ambos os exercícios (A e B).

FIGURA 8A

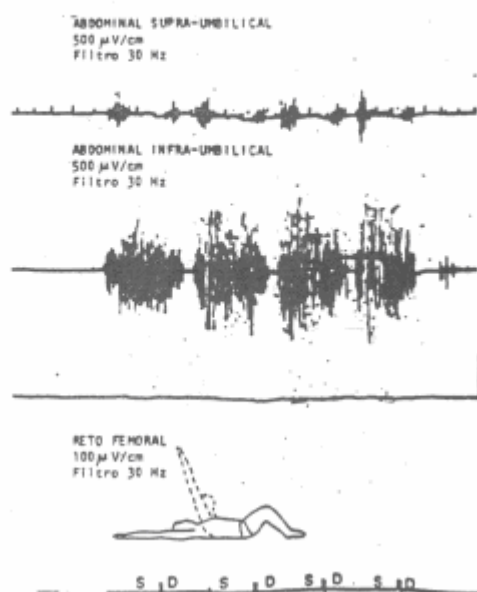
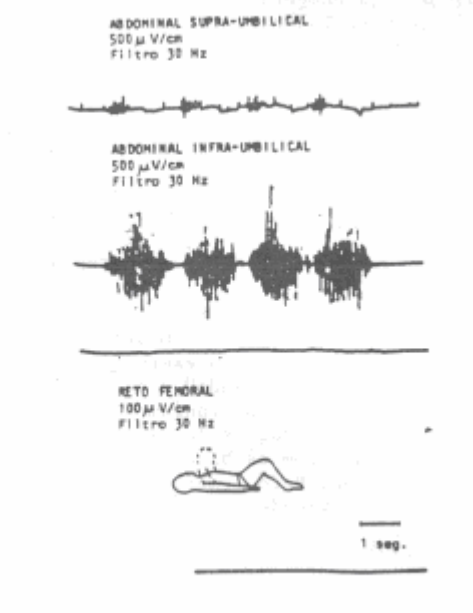


FIGURA 8B



A alteração em Ps pode ser obtida através da adição de sobrecarga. Os traços do reto femoral evidenciaram menor atividade elétrica quando o executante realizava exercício de elevação de tronco sem sobrecarga (Figura 9A) do que com sobrecarga (Figura 9B). É interessante notar que não se constatou, nesse caso, aumento do sinal eletromiográfico do reto abdominal tão evidente com o do reto femoral. Em outras palavras, a tentativa de utilizar sobrecarga para ativar o reto abdominal com maior intensidade parece não ter funcionado muito bem nesse caso. Aparentemente, o reto femoral assumiu para si o encargo de suportar a sobrecarga.

FIGURA 9A - Traçados eletromiográficos de quatro execuções do exercício de flexão do tronco até a posição sentado sem sobrecarga. Diferenças mais acentuadas entre os exercícios podem ser observados no reto femoral. As fases de subida (S) e descida (D) estão identificadas.

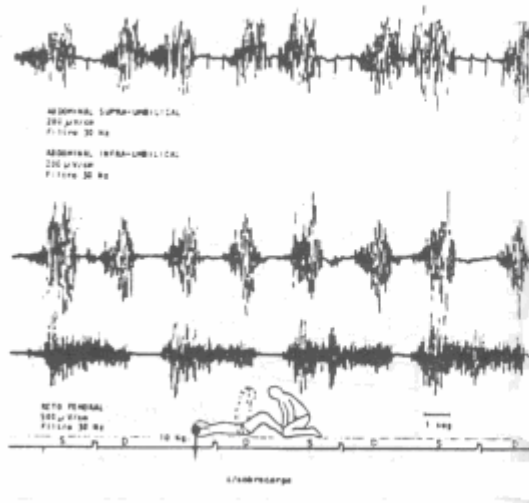
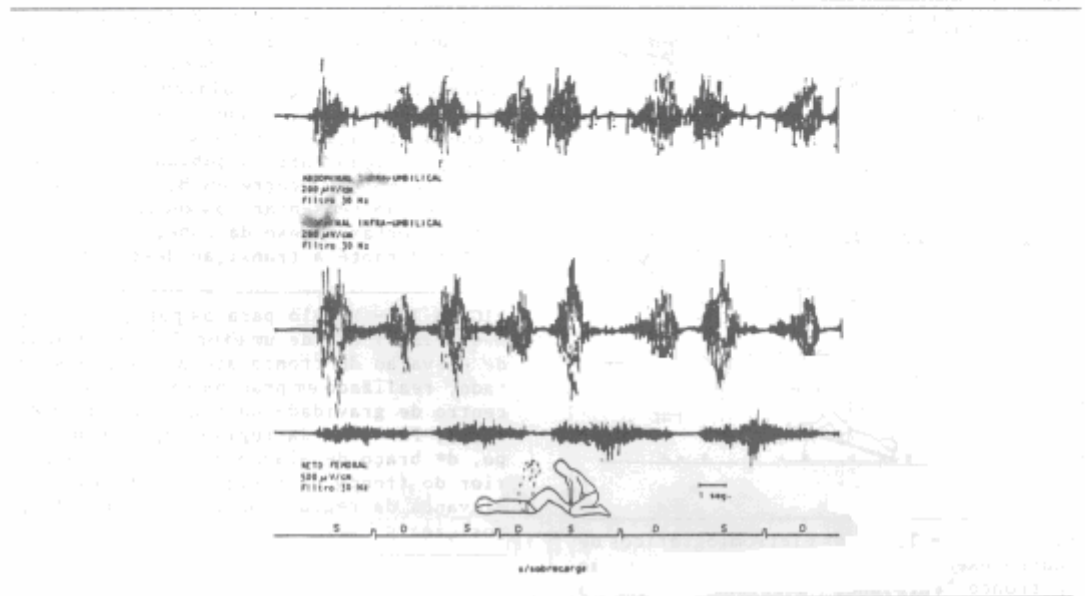


FIGURA 9B - Traçados eletromiográficos de quatro execuções do exercício de flexão do tronco até a posição sentado com sobrecarga. Diferenças mais acentuadas entre os exercícios podem ser observadas no reto femoral. As fases de subida (S) e descida (D) estão identificadas.



Estes procedimentos de posicionar os membros superiores ao lado do corpo ou no prolongamento da cabeça e a utilização de sobrecarga, visando aumentar o nível de dificuldade do exercício, podem não funcionar caso o executante gere um movimento inicial com os membros superiores e cabeça. Esse tipo de ação cria momento angular que é transferido para o tronco, atenuando, dessa forma, a função da musculatura abdominal. Portanto, adicionar sobrecarga ou colocar os braços ao longo do corpo somente se constituirá em procedimento que de mandará maior atividade abdominal caso o executante não se utilize de "impulso" inicial dos membros superiores e cabeça.

Exercícios na prancha inclinada

No que se refere ao reto femoral, a execução de exercícios de elevação do tronco em prancha inclinada implicou respostas semelhantes àquelas obtidas quando estes exercícios eram realizados em plano horizontal. Este músculo apresentou atividade de grande intensidade quando o executante elevava o tronco até alcançar a posição sentado (Figura 10A). Por outro lado, quando o tronco era "enrolado" sem que as vértebras lombares fossem elevadas da prancha, essa atividade praticamente desaparecia (Figura 10B).

FIGURA 10A - Traçados eletromiográficos de quatro execuções do exercício de flexão do tronco em prancha inclinada até a posição sentado. As fases de subida (S) e descida (D) estão identificadas.

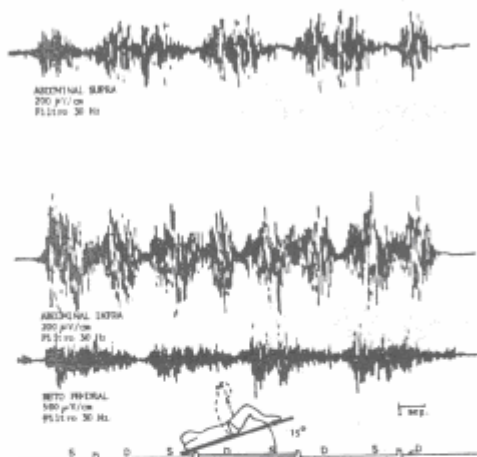
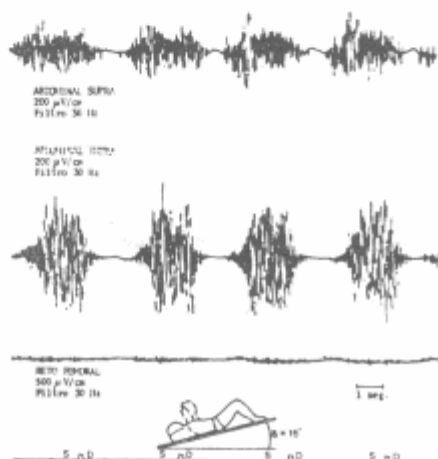


FIGURA 10B - Traçados eletromiográficos de quatro execuções do exercício de elevação do tronco "enrolando" a coluna sem que a região lombar perca contato com o solo. Atividade do reto femoral desaparece quase totalmente em B. As fases de subida (S) e descida (D) estão identificadas.



Já a atividade das regiões supra e infra-umbilical do reto abdominal não sugerem grandes diferenças entre os exercícios A e B da Figura 10. Entretanto, as fases de subida (concêntrica) e descida (excêntrica) estão melhor definidas em A do que em B. Em A existe redução do braço de alavanca da região superior do corpo devido à elevação do tronco. Na posição sentado, este braço de alavanca apresenta valores reduzidos, o que justifica uma pequena ativação do reto abdominal durante a transição entre a subida e a descida. O mesmo não ocorre em B, onde, pelo fato de não se sentar, o executante necessita suportar o peso da cabeça e do tórax também durante a transição destas fases.

FIGURA 11 - Modelo para as posições intermediárias 1 e 2 de um exercício abdominal de elevação do tronco até a posição sentado, realizado em prancha inclinada. CGs = centro de gravidade da região superior do corpo, Ps = peso da região superior do corpo, d = braço de alavanca da região superior do tronco da posição 1, d' = braço de alavanca da região superior do tronco na posição 2.



A alteração do ângulo de inclinação da prancha é outro aspecto que pode ser discutido sob o ponto de vista biomecânico. Na Figura 11, será assumida novamente um eixo de rotação que passa pela coxa - femoral. O CGs irá descrever um arco em relação a este eixo. Com esta trajetória se inicia abaixo no plano horizontal, isso possui duas implicações. A primeira delas deve-se ao aumento do braço de alavanca d da região superior do corpo da posição 1 para a posição 2 (Figura 11). Este aumento, por si só, exige maior esforço muscular na posição 2 do que na posição 1. A segunda implicação está relacionada com o menor comprimento muscular

dos flexores do quadril na posição 2 do que na posição 1. Esta condição faz com que este grupo muscular tenha maior dificuldade em produzir tensão (GORDON et al., 1966). Quanto maior for a inclinação da prancha, maior será o arco a ser descrito pelo CGs até alcançar a posição horizontal. Consequentemente, ao alcançar este plano, os flexores do quadril estarão mais encurtados do que estariam em uma inclinação menor, portanto, desfavorecidos sob o ponto de vista fisiológico. Estas duas implicações decorrentes da variação do ângulo de inclinação da prancha fazem com que o exercício se torne mais difícil de ser exe-

cutado à medida que a inclinação for aumentando. Os traçados obtidos com inclinações de 7 e 15 graus utilizadas nos exercícios das Figuras 12A e 12B, respectivamente, não apresentam evidências convincentes que ilustrem este raciocínio para o reto femoral. Talvez a variação de 8 graus não tenha sido suficientemente grande para que se tivesse o resultado esperado para este músculo. Possivelmente maior quantificação seria encontrada para a fase descendente da região abdominal infra-umbilical com a inclinação de 15 graus do que com a de 7 graus, caso o sinal fosse retificado e integrado.

FIGURA 12A - Traçados eletromiográficos de quatro execuções do exercício de flexão do tronco até a posição sentado em prancha inclinada a 7 graus.

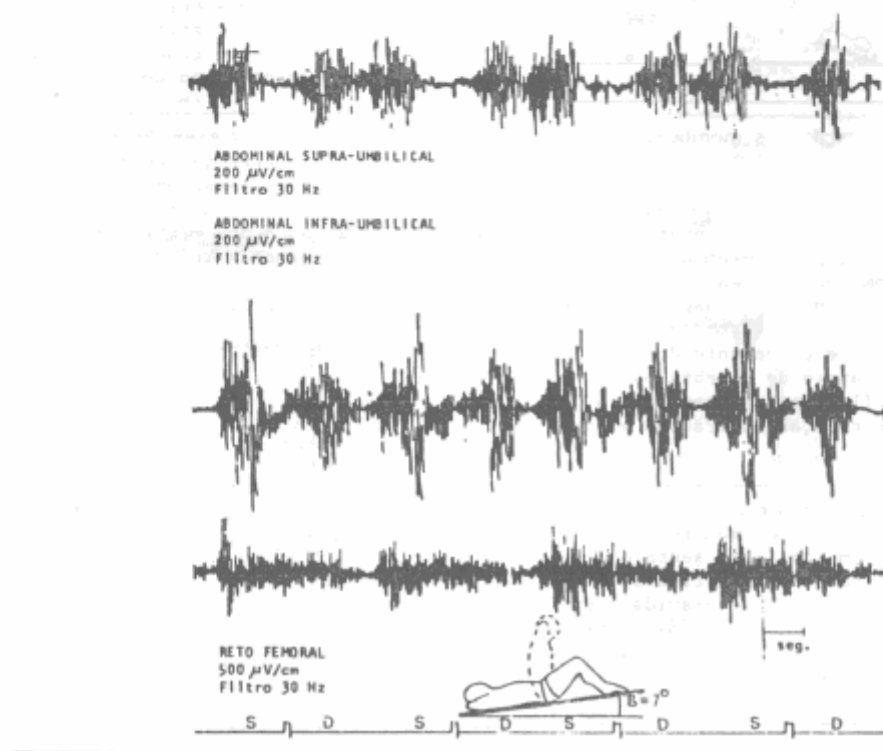
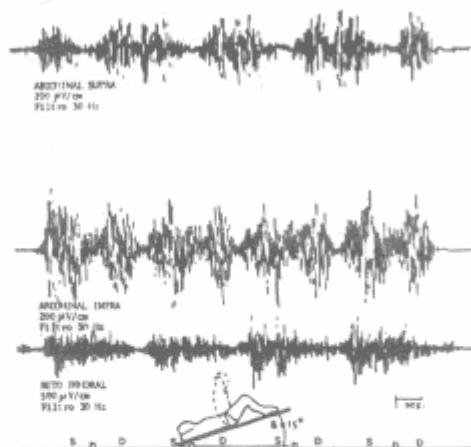


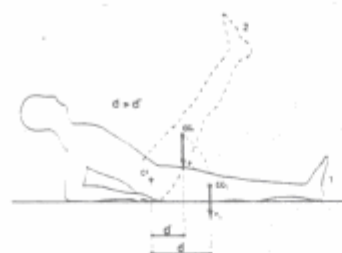
FIGURA 12B - Traçados eletromiográficos de quatro execuções do exercício de flexão do tronco até a posição sentado em prancha inclinada a 15 graus. Região infra-abdominal sugere maior duração do sinal quando a prancha estava inclinada a 15 graus do que a 7 graus.



Exercícios de elevação dos membros inferiores

Esses exercícios podem ser realizados com elevação simultânea dos membros inferiores a partir da posição em decúbito dorsal, sentado com apoio de antebraços ou em espaldar sueco com o corpo suspenso pelas mãos. Conforme pode ser visto na Figura 13A, durante a fase ascendente do exercício sentado com apoio de antebraços, e encurtamento dos flexores da coxa femoral é acompanhado por redução no braço de alavanca "d".

FIGURA 13A - Modelo de exercício abdominal de elevação simultânea de membros inferiores a partir de uma posição sentado com apoio nos antebraços. CF = articulação coxo femoral, CGi = centro de gravidade dos membros inferiores, Pi = peso dos membros inferiores, d = braço de alavanca na posição 1, d' = braço de alavanca na posição 2.



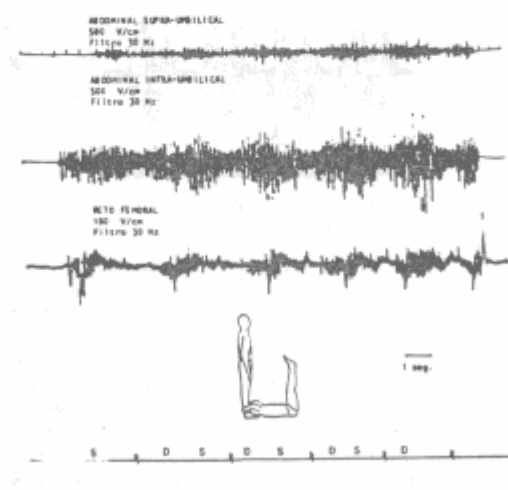
A Figura 13B, por outro lado, demonstra que o encurtamento dos flexores da coxa-femoral é acompanhado por aumento no braço de alavanca durante a mesma fase. Portanto, a elevação dos membros inferiores é mais difícil de ser realizada quando o executante se encontra suspenso em espaldar sueco do que sentado e apoiado nos antebraços ou em decúbito dorsal. Na realidade, este ponto de vista foi confirmado pelos traçados mostrados anteriormente na Figura 3, onde o reto femoral apresentou atividade elétrica consideravelmente maior quando os sujeitos realizaram o exercício 12 (no espaldar) do que quando realizaram o exercício 7 (em decúbito dorsal).

FIGURA 13B - Modelo de exercício abdominal de elevação simultânea de membros inferiores com o corpo suspenso em espaldar sueco. CF = articulação coxo-femoral, CGi = centro de gravidade dos membros inferiores, Pi = peso dos membros inferiores, d = braço de alavanca na posição 1, d' = braço de alavanca na posição 2.



Considerando-se que os músculos reto abdominal e oblíquos do abdômen realizam a retroversão da pelve e que esta, por sua vez, está conectada aos membros inferiores através da articulação coxo-femoral, seria de esperar que as alterações provenientes de variações no comprimento do braço de alavanca dos membros inferiores também repercutissem na atividade da musculatura abdominal. Isso pode ser observado retornando-se às Figuras 1 e 2 em que o exercício 12 (no espaldar) apresentou atividade significativamente mais intensa do que o exercício 7 (em decúbito dorsal) para as regiões supra e infra-umbilical do reto abdominal, respectivamente.

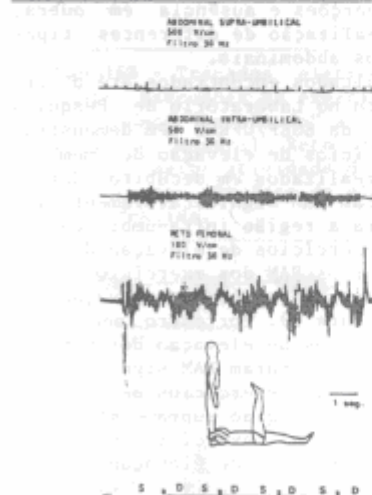
FIGURA 14A - Traçados eletromiográficos de quatro execuções do exercício abdominal de elevação simultânea dos membros inferiores, realizado em decúbito dorsal. Regiões supra e infra-umbilical apresentam maior atividade no exercício de elevação simultânea do que no de elevação de apenas um membro. As fases de subida (S) e descida (D) estão identificadas.



Exercícios de elevação de membros inferiores também podem ser realizados de forma alternada. Neste caso, a intensidade do momento de força devido ao peso do segmento fica reduzida à metade do seu valor, uma vez que os membros inferiores direito

e esquerdo são elevados alternadamente. De acordo com RASCH & BURKE (1977), esse procedimento exige menor atividade tanto do reto abdominal como do reto femoral. Os eletromiogramas das porções supra e infra-umbilical do reto abdominal, apresentadas na Figura 14A, mostram atividade marcadamente maior para o exercício de elevação simultânea do que para o de elevação alternada de membros inferiores mostrados na Figura 14B. Apesar de a oscilação da linha de base do canal do reto femoral dificultar a comparação entre os dois exercícios da Figura 14, a amplitude dos traçados sugere certa semelhança entre os dois exercícios.

FIGURA 14B - Traçados eletromiográficos de quatro execuções do exercício abdominal de elevação de apenas um dos membros, realizado em decúbito dorsal. Interferência no reto femoral em B dificulta uma comparação com o exercício A. As fases de subida (S) e descida (D) estão identificadas.



Enquanto alterações no peso dos segmentos a serem elevados se refletem na atividade do reto abdominal devido ao seu ponto de origem na crista do púbis, o mesmo não ocorre com o reto femoral. Neste caso, os músculos conectados aos membros inferiores

dos lados direito e esquerdo são responsáveis pela elevação de seus respectivos segmentos. Portanto, a atividade do reto femoral deve ser semelhante quando o executante eleva um ou ambos os membros inferiores.

Reto abdominal: supra-umbilical x infra-umbilical

Freqüentemente é levantada a questão referente a exercícios mais adequados para as regiões supra ou infra-umbilical da parede abdominal. A observação desse músculo através de um corte no plano sagital demonstra que, apesar de várias de suas fibras serem interrompidas por intersecções tendíneas, outras tantas cruzam estas intersecções. Portanto, quando um indivíduo exercita-se, ativam-se fibras que se interrompem nos tendões transversais e outras que os cruzam. Desta forma, é improvável que se consiga ativar uma região sem ativar a outra. Até a presente data, nenhum autor mencionou ter verificado atividade em uma das porções e ausência em outra, quando da realização de diferentes tipos de exercícios abdominais.

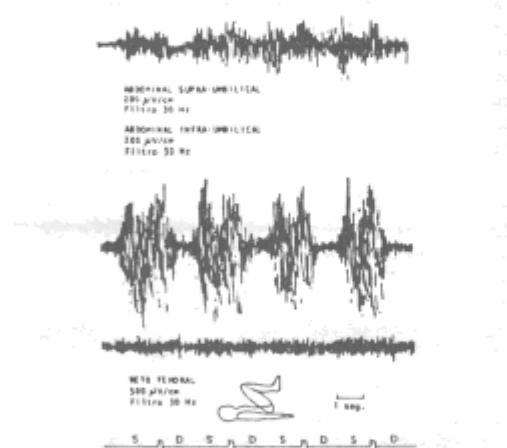
Os resultados encontrados até o presente momento no Laboratório de Pesquisa do Exercício da ESEF/UFRGS têm demonstrado que exercícios de elevação de membros inferiores realizados em decúbito dorsal não apresentam PAM significativamente mais elevados para a região infra-umbilical do que outros exercícios de elevação do tronco. (Comparar os PAM dos exercícios 6 e 7 com os PAM dos exercícios de elevação do tronco na Figura 2). Por outro lado, estes mesmos exercícios de elevação dos membros inferiores apresentaram PAM significativamente menor do que exercícios de elevação de tronco para a região supra-umbilical. (Comparar os PAM dos exercícios 6 e 7 com os PAM dos exercícios de elevação do tronco na Figura 1).

Uma análise dos eletromiogramas das porções supra e infra-umbilical do reto abdominal da Figura 15 mostra que a transição entre as fases de subida e descida fica melhor definida em B do que em A. No exercício de flexão da coluna iniciado pela região lombar (Figura 15A) não há posição intermediária de repouso. No exercício de elevação do tronco (Figura 15B), no

entanto, isso ocorre quando o executante alcança a posição sentado.

Se os sinais eletromiográficos fossem retificados e integrados, talvez o exercício A apresentasse maior quantificação do que o exercício B para a região supra-umbilical. Por outro lado, a quantificação da região infra-umbilical (Figura 15) seria possivelmente maior para o exercício B do que para o A. Neste caso, isso poderia ocorrer devido aos PAM mais elevados registrados para a fase excêntrica do exercício A do que para o exercício B.

FIGURA 15A - Traçados eletromiográficos de quatro execuções do exercício abdominal de flexão da coluna vertebral pela região lombar. As fases de subida (S) e descida (D) estão identificadas.

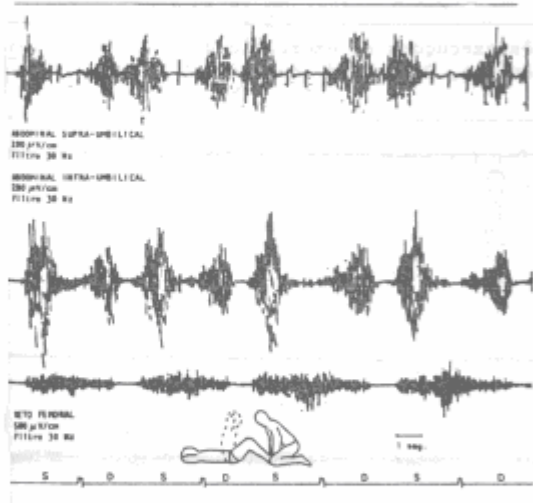


Deve existir cuidado por parte do leitor no sentido de não comparar os sinais provenientes de diferentes regiões musculares. Por exemplo, não se deve comparar os PAM da região supra-umbilical com os da infra-umbilical de um mesmo exercício. Este procedimento é contra-indicado mesmo quando a calibragem adotada para os dois canais é a mesma (CAVANAGH, 1974).

A atividade do reto femoral no exercício de flexão da coluna iniciada pela região lombar (Figura 15A) talvez tenha sido verificada devido à tensão gerada

pelos isquio-tibiais, que forçam a extensão da coxo-femoral. A manutenção da flexão acentuada desta articulação, conforme mostrado no exercício, exigiu participação de seus flexores. Portanto, além do reto femoral, supõe-se ter havido também ativação do ilio-psoas neste exercício.

FIGURA 15B - Traçados eletromiográficos de quatro execuções do exercício de elevação do tronco até a posição sentado. As fases concêntrica e excêntrica são mais facilmente identificadas para as regiões supra e infra-umbilical em B do que em A. As fases de subida (S) e descida (D) estão identificadas.



Exercícios abdominais com retroversão da pelve ("encaixe de quadril")

Os traçados mostrados nas Figuras 16A e 16B indicam PAM semelhantes para as regiões supra e infra-umbilical do reto abdominal quando da execução do exercício de flexão do tronco enrolando a coluna (em decúbito dorsal até a elevação das escápulas) com e sem retroversão da pelve. Desta forma, quaisquer alterações que possam ocorrer devido a estas variações não parecem ter afetado diretamente a atividade elétrica do reto abdominal.

FIGURA 16A - Traçados eletromiográficos de quatro execuções do exercício de flexão do tronco "enrolando" a coluna sem "encaixe" de quadril. S= fase de elevação e D= fase de descida.

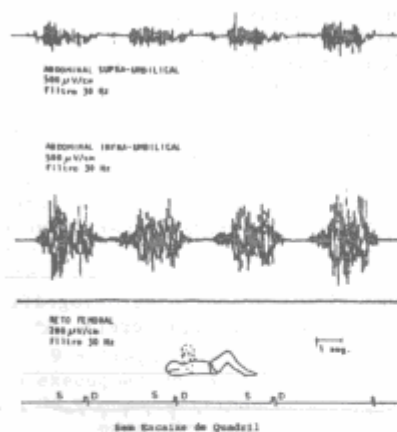
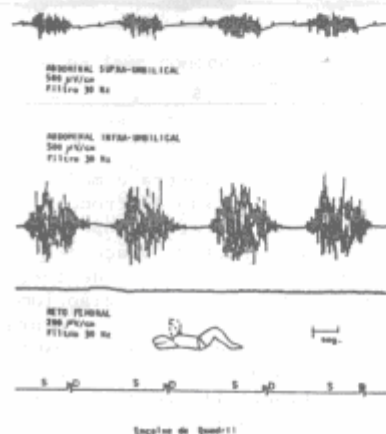


FIGURA 16B - Traçados eletromiográficos de quatro execuções do exercício de flexão do tronco "enrolando" a coluna com "encaixe" de quadril. Reto femoral não apresentou maior atividade do que no exercício anterior. S= fase de elevação e D= fase de descida.

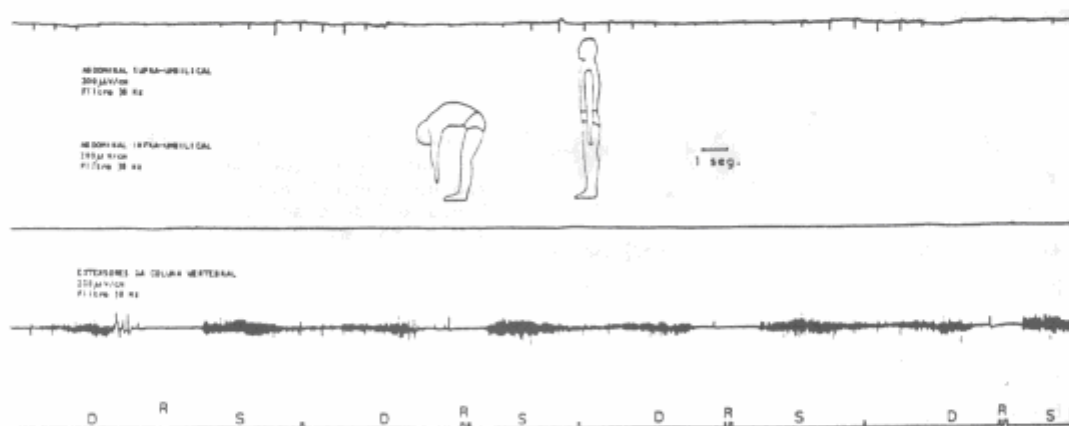


Exercícios abdominais realizados em pé

Segundo MELLO (1986), o exercício de flexão do tronco à frente, partindo de posição sentado numa cadeira, seria um exemplo de contração muscular concêntrica ou dinâmica positiva do reto abdominal. Este mesmo exercício, realizado partindo-se de posição em pé (Figura 17) demonstrou exatamente o contrário, ou seja, que a flexão do tronco à frente não exige atividade do reto abdominal, e sim dos extensores da coluna vertebral. Conforme RASCH & BURKE (1977), a flexão do tronco seria iniciada por uma contração concêntrica momentânea dos músculos abdominais, para logo em se-

guida os extensores da coluna assumirem, excentricamente, o controle do movimento. Os traçados das regiões supra e infra-umbilical mostrados na Figura 17 não confirmam esta hipótese, entretanto. Existe a possibilidade de a atividade concêntrica da musculatura abdominal ter sido de intensidade muito baixa, não sendo registrada devido à calibragem utilizada. Outra possibilidade é que um simples relaxamento inicial dos extensores da coluna seria suficiente para desencadear uma flexão de tronco. Isso ocorreria tendo em vista que há um momento de força flexor constante, devido ao tronco, quando o indivíduo está em pé.

FIGURA 17 - Traçados eletromiográficos de três execuções do exercício de flexão do tronco, partindo da posição ereta. S= fase de elevação, D= fase de descida e R= fase de repouso.



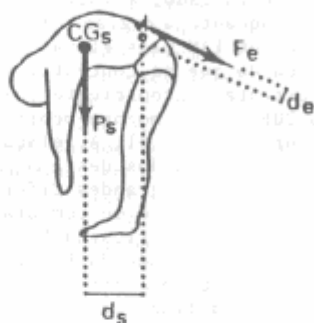
A Figura 18 mostra o modelo estático de posição de flexão do tronco realizada em pé. O peso da região superior do corpo (P_s) e seu respectivo braço de alavanca (d_s) provocam um momento de força flexor do tronco em relação à região lombar. Para sustentar a posição, a musculatura extensora da coluna deve produzir uma força (F_e) que, com seu braço de alavanca (d_e), impe-

sando entre L3 e L4 (por exemplo) deve ser zero, conforme a equação 2:

$$F_e(d_e) = P_s(d_s) \quad (2)$$

Quando o movimento é realizado lentamente, a musculatura extensora da coluna atua excentricamente durante a fase de descida e concentricamente durante a fase de subida. Portanto, a atividade fica exclusivamente sob a responsabilidade dos extensores da coluna, sem nenhuma atividade do grupo abdominal.

FIGURA 18 - Modelo para a posição final da fase de descida do exercício de flexão do tronco partindo da posição ereta. CGs= centro de gravidade da porção superior do corpo, Ps= peso da região superior do corpo, ds= braço de alavanca da região superior do corpo, Fe= força de contração dos músculos eretores da coluna vertebral, de= braço de alavanca dos músculos eretores, LS= articulação lombo-sacra.

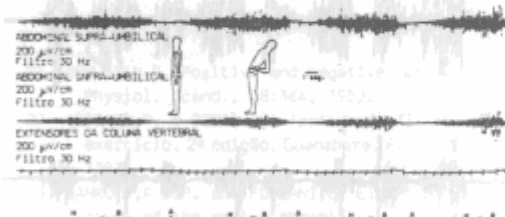


Embora esteja fora dos objetivos desse trabalho discutir aspectos relacionados com a biomecânica da coluna vertebral, na posição em que a coluna alcança seu maior grau de flexão, o momento de força flexor alcança valores elevados. Isso ocorre tendo em vista a dimensão do braço de alavanca ds. Ainda de acordo com a equação 2, o momento de força produzido pelos músculos extensores deve aumentar simultaneamente para que o equilíbrio estático seja assegurado nessa posição. Considerando-se que o braço de alavanca muscular (de) não seja alterado, deveria haver considerável aumento da atividade elétrica dos extensores, responsável pela produção da força muscular (Fe). Entretanto, é interessante que se observe na Figura 17 que não há atividade elétrica dos extensores da coluna durante a transição entre a descida e a subida (fase R). FLOYD & SILVER (1950) registraram a ausência de atividade dos eretores da coluna durante a fase inicial de movimentos de elevação do tronco com cargas até 25,4 kg. Segundo esses autores, os ligamentos posteriores da coluna estariam sustentando a carga, e o movimento se iniciaria pela coxo-femoral. Neste caso, os

isquio-tibiais e o glúteo máximo sustentariam estaticamente a pelve na posição de flexão máxima da coluna e atuariam concentricamente durante a fase inicial de elevação do tronco.

Por outro lado, nota-se acentuada atividade do reto abdominal e ausência de atividade dos extensores da coluna na Figura 19, quando a hiperextensão do tronco é realizada a partir da posição em pé. Nesse caso, o momento de força produzido pelo peso da região superior do corpo tende a forçar a coluna em hiperextensão. Essa posição exige sustentação do tronco pela musculatura abdominal. Portanto, esse é um exercício abdominal, apesar de sua pouca utilização devido às implicações posturais que podem decorrer de sua prática.

FIGURA 19 - Traçados eletromiográficos de quatro execuções do exercício de hiperextensão do tronco, partindo da posição ereta. H= hiperextensão, R= retorno à posição inicial e A= posição ereta normal.

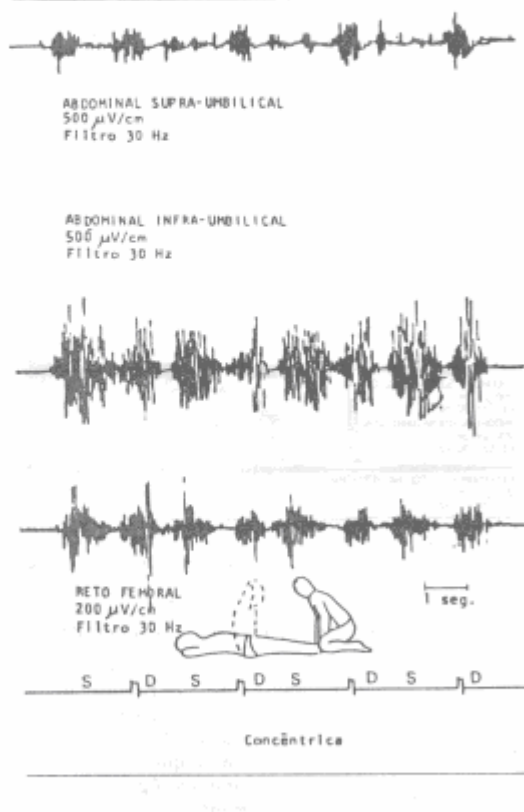


Atividade na fase concêntrica x excêntrica

As Figuras 20A e 20B referem-se ao exercício de flexão do tronco, partindo da posição em decúbito dorsal. Inicialmente, a orientação dada foi para que o indivíduo soltasse o tronco na fase excêntrica (Figura 20A) e, posteriormente, para que sustentasse o tronco durante a mesma fase (Figura 20B). Ao comparar a atividade da porção infra-umbilical do reto abdominal nos dois exercícios, observamos que os PAM da fase excêntrica aumentaram no segundo exercício, chegando a tornar-se maior que os PAM da fase concêntrica. Segundo ASMUSSEN (1953) e BIGLAND & LIPPOLD (1954), o trabalho negativo ou excêntrico necessita de

muito menos oxigênio do que o trabalho concêntrico, o que, segundo ASTRAND & RODAHL (1987), deve refletir num número menor de unidades motoras ativas durante essa fase do exercício.

FIGURA 20A - Traçados eletromiográficos de quatro execuções do exercício de flexão do tronco a partir da posição em decúbito dorsal. Execução normal. S= fase de elevação e D= fase de descida.

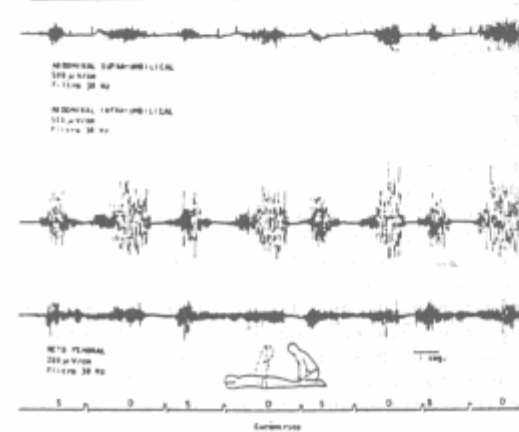


A explicação mais plausível para o ocorrido no exemplo da Figura 20B é que a descida com velocidade mais lenta e a subsequente sustentação do movimento por mais tempo tenha influído diretamente no recrutamento das unidades motoras. Quanto menor for o tempo de contração do músculo, menor será o número de unidades motoras requisi-

tadas para a mesma carga de trabalho. Consequentemente, se diminuirmos a velocidade de execução do exercício durante a fase excêntrica, aumentamos o tempo de contração do músculo, de modo que os PAM da fase excêntrica podem inclusive superar os da fase concêntrica.

Neste sentido, BANKOFF & FURLANI (1986) alertam para o fato de que a contração excêntrica muitas vezes não é devidamente valorizada na prática dos exercícios físicos. Por outro lado, é interessante observar que, enquanto a região infra-umbilical respondeu com PAM mais elevados na fase excêntrica do que na concêntrica, quando havia sustentação consciente na descida (Figura 20B), o mesmo não ocorreu com a região supra-umbilical. A relação entre a amplitude dos traçados desta região demonstra não ter havido grandes diferenças na amplitude do sinal ao se comparar as fases concêntrica e excêntrica da Figura 20B com a relação de amplitude da Figura 20A. Isso sugere que a porção infra-umbilical assumiu a responsabilidade do maior esforço quando a fase de descida era sustentada. As razões que justificam este tipo de resultado, entretanto, necessitam de maior aprofundamento.

FIGURA 20B - Traçados eletromiográficos de quatro execuções do exercício de flexão do tronco a partir da posição em decúbito dorsal. A orientação dada foi a de que o indivíduo deveria controlar a descida do corpo. S= fase de elevação e D= fase de descida.





CONSIDERAÇÕES FINAIS

A intenção dos autores ao preparar esse trabalho foi organizar um material que fosse útil ao ensino da disciplina de Cinesilogia, porém que não repetisse outras publicações. MELLO (1986), por exemplo, discute a prática de exercícios abdominais sob outra abordagem.

Deve ser ressaltado que foram estudados os músculos reto abdominal, reto femoral e eretor da coluna. Outros músculos como os oblíquos externos e internos e o psoas maior também devem ser considerados, em se tratando de exercícios abdominais.

Com exceção dos resultados mostrados nas Figuras 1, 2 e 3, o número de casos estudados não passou de dois outros. Portanto, o trabalho, em grande parte, constitui-se em uma descrição de casos, e assim deve ser considerado. Vários destes resultados, no entanto, confirmam as expectativas de uma análise teórica.

Apesar de que muitos dos pontos abordados poderiam ser confirmados se uma amostragem maior fosse utilizada, os autores chamam a atenção para o fato de que as individualidades biológicas podem, em algumas ocasiões, contrariar as expectativas. Isso ocorre também em virtude da dificuldade existente em se controlar perfeitamente todas as variáveis que influenciam o movimento humano, dada a sua complexidade. Entendem, finalmente, que apesar da debilidade natural da musculatura abdominal, um programa de exercícios adequados deva estar voltado à saúde do praticante. Portanto, além dos aspectos anatômicos, programas dessa natureza devem se preocupar simultaneamente com aspectos fisiológicos e psicológicos.

ABSTRACT

VAZ, M. A.; GUIMARÃES, A. C. S. e DE CAMPOS, M. I. A. Analysis of abdominal exercises: a biomechanical and electromyographic study. Brazilian Journal of Sciences and Movement, Vol. 05, nº 04, pp 18-40, 1991.

In the first part of this paper the muscle action potentials (MAP) of the rectus femoris (N=10), upper rectus abdominis (N=16) and lower rectus abdominis (N=13) were determined in physical education students who performed twelve selected exercises. Surface electrodes connected to a physiograph were used.

Analyses of variance and significance tests lead to the following conclusions: (1) flexing or extending the knees as well as supporting or not the feet did not affect, significantly, the MAP of the upper and lower rectus abdominis; (2) the difficulty verified during the execution of the inclined plane exercises was, primarily, due to the flexors of the hip and not to rectus abdominis; (3) eight exercises showed MAP similar to those obtained by the inclined plane exercises for the upper and lower abdominal regions; (4) the V-sit and the double leg raising exercises (with the subject's body suspended by hands) required, simultaneously, high intensity of both abdominal regions and rectus femoris. In the beginning of the second part, fundamentals of biomechanics of some abdominal exercises are discussed. After that, electromyograms are used to illustrate aspects such as: (a) the contribution of the upper and lower rectus abdominis during the execution of exercises; (b) the implications of the posture on the MAP of the rectus abdominis; (c) the execution of movements from the standing position and (d) the MAP of the concentric and slow excentric phases of an exercise.

UNITERMS - Abdominal exercises, analysis of movements, biomechanics, electromyography.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 01- ASMUSSEN, E. Positive and negative work. Acta Physiol. Scand., 28:364, 1953.
- 02- ASTRAND, P. e RODAHL, K. Tratado de fisiologia do exercício. 2ª edição. Guanabara, Rio de Janeiro, 1967.
- 03- BANKOFF, A. D. P. and FURLANI, J. Electromyographic study of the rectus abdominis and external oblique muscles during exercises. Electromyography and Clinical Neurophysiology, 24:501-510, 1984.
- 04- BASMAJIAN, J. V. Muscles Alive. 3ª edição. Williams and Wilkins, Baltimore, 1974.
- 05- BIGLAND, B. and LIPPOLD, O. C. J. The relation between force, velocity and integrated electrical activity in human muscles.
- 06- CAVANAGH, P. R. Electromyography: its use and misuse in physical education. Journal of Health, Physical Education and Recreation, 45(5):61-64, 1974.
- 07- CROUCH, E. J. Functional Human Anatomy. Lea & Febiger, Philadelphia, 1978.
- 08- CROWE, Patricia et al. An electromyographic study of the abdominal muscles and certain hip flexors during selected sit-ups. In: 78th Annual Convention of the American Association for Health, Physical Education and Recreation. Minneapolis, May, 1961.



- 09- FLINT, M.M. An electromyographic comparison of the function of the iliopsoas and the rectus abdominis muscles. *Journal of American Physical Therapy Association*, 45:248-252, 1965.
- 10- FLOYD, W.F. and SILVER, P.H.S. Electromyographic study of patterns of activity of the anterior abdominal wall in man. *Journal of Anatomy*, 84: 132-145, 1950.
- 11- GIRARDIN, Y. EMG action potentials of rectus abdominis muscle during two types of abdominal exercises. In: S. Cerquiglioni, A. Venerando e J. Wartenweiler (Eds.), *Biomechanics III*, Basel, Switzerland: S. Karger AG., 302 - 308, 1973.
- 12- GODFREY, K.E.; KIDING, L.E. and WINDELL, E. J. Electromyographic study of duration of muscle activity in sit-up variations. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 58(3) : 132-135, 1977.
- 13- GORDON, A.M.; HUXLEY, A.F. and JULIAN, F.J. Variation in isometric tension with sarcomere length in vertebrate muscle fibers. *Journal of Physiology*, 184:170-192, 1966.
- 14- GUIMARÃES, A.C.S.; VAZ, M.A.; CAMPOS, M.I.A. de e MARANTES, R. The contribution of the rectus abdominis and rectus femoris in twelve selected abdominal exercises: an electromyographic study. (Texto submetido a publicação na revista The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness).
- 15- GUTIN, B. and LIPETZ, S. An electromyographic investigation of the rectus abdominis in abdominal exercises. *Research Quarterly*, 42(3): 256-263, 1971.
- 16- KAPANDJI, I.A. *Fisiologia articular: esquemas comentados de mecânica humana*. Manole, São Paulo, 1980. Volume 3.
- 17- KENDALL, F.P. e MCCREARY, E.K. *Músculos, provas e funções*. 3ª edição. Manole, São Paulo, 1986.
- 18- LA BAN, M.M.; RAPTOU, A.D. and JOHNSON, E.W. Electromyographic study of function of iliopsoas muscle. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 46(10):676-679, 1965.
- 19- MELLO, P.R.B. de. *Teoria e prática dos exercícios abdominais*. Manole, São Paulo, 1986.
- 20- RASCH, P.J. e BURKE, R.K. *Cinesiologia e anatomia aplicada: a ciência do movimento humano*. 5ª edição. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1977.
- 21- RICCI, B.; MARCHETTI, M. and FIGURA, F. Biomechanics of sit-up exercises. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 13(1):54-59, 1981.
- 22- SHEFFIELD, F.J. and MAJOR, M.C. Electromyographic study of the abdominal muscles in walking and other movements. *American Journal of Physical Medicine*, 41(4):142-147, 1962.
- 23- SNELL, R.S. *Anatomia*. 2ª edição. Medsi, Rio de Janeiro, 1984.
- 24- WALTERS, E.S. and PARTRIDGE, B.S. Electromyographic study of the differential action of the abdominal muscles during exercise. *American Journal of Physical Medicine*, 36:259-268, 1957.
- 25- WELLS, K.F. *Kinesiology: the scientific basis of human motion*. 5ª edição. W.B. Saunders, Philadelphia, 1971.
- 26- ZARRABETA, R. Comprobación de la acción de los músculos abdominales, en la flexión del raquis, eliminando los flexores de cadera. *Gymnos*. Tucumán, Argentina, (6):15-18, 1967.
- 27- ZUNIGA, E.N.; TRUONG, S.T. and SIMONS, D.G. Effects of electrode position on averaged electromyographic potentials. *Archives of Physical Medicine*, 51(5):264-272, 1970.

ENDEREÇO DO AUTOR / AUTHOR ADDRESS

Marco Aurélio Vaz
Rua Felizardo, 750
Porto Alegre - Rio Grande do Sul
CEP 90610