



Motricidade

ISSN: 1646-107X

motricidade.hmf@gmail.com

Desafio Singular - Unipessoal, Lda

Portugal

Moura, M.L.; Tessutti, L.S.; Moraes, A.C.

Análise do exercício abdominal "crunch" realizado com cargas máximas e submáximas: Respostas
eletromiográficas da musculatura abdominal

Motricidade, vol. 7, núm. 1, 2011, pp. 85-93

Desafio Singular - Unipessoal, Lda

Vila Real, Portugal

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273019759009>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

re&alyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Análise do exercício abdominal “crunch” realizado com cargas máximas e submáximas: Respostas eletromiográficas da musculatura abdominal

Abdominal crunch exercise analysis performed with maximum and submaximum loads: An electromyographic study

M.L. Moura, L.S. Tessutti, A.C. Moraes

RESUMO

O objetivo deste estudo foi verificar as respostas eletromiográficas dos músculos reto abdominal e oblíquo externo durante a realização do exercício abdominal “crunch”. Participaram no estudo 13 universitários de ambos os sexos (18 a 23 anos). O exercício abdominal crunch foi realizado até à exaustão, com sobrecargas de 20, 40, 60 e 80% da contração voluntária máxima (CVM). Os valores (mediana e semi-amplitude interquartílica) das três primeiras e três últimas repetições de cada carga foram expressos em *root-mean-square* (RMS). Observou-se um aumento nos valores de RMS das últimas repetições em relação às primeiras repetições na carga de 20%, nas duas primeiras na carga de 40% e na primeira repetição na carga de 80%. Não houve diferença em relação à carga de 60%. Os resultados demonstram que a utilização de sobrecargas no exercício abdominal pode ser uma alternativa de distinção da intensidade da aplicação do exercício de força, no que se diz respeito à variável intensidade da carga, o que pode tornar-se uma ferramenta prática e útil para ser aplicada em sujeitos que desejam aumentar o nível de força abdominal.

Palavras-chave: exercício abdominal "crunch", reto abdominal, oblíquo externo, fadiga, sobrecarga, eletromiografia

ABSTRACT

The purpose of this study was to verify the electromyographic activity of the rectus abdominis and obliquus externus abdominis during abdominal crunch exercise performed with maximum and submaximum loads. Thirteen male and female university students participated in this investigation (18–23 years old). The subjects completed abdominal crunch exercise until exhaustion with 20, 40, 60 and 80% of the maximum load. The root-mean-square (RMS) from electromyography activity of the rectus abdominis and obliquus externus muscles from the first and last three repetitions from each workload performed was analyzed. RMS for the last repetitions increased in relation to the first repetitions for the 20% workload, first two repetitions on 40% workload and first repetition on the 80% workload. There was no difference for the 60% workload. Results showed that external load on abdominal crunch exercise might be an alternative to increase intensity while performing abdominal crunch exercise, which on its turn can be a practical tool for subjects that aim to increase abdominal strength level.

Keywords: abdominal crunch exercise, rectus abdominis muscle, obliquus externus muscle, fatigue, electromyography

Submetido: 21.02.2010 | Aceite: 01.07.2010

Financiamento. Processo FAPESP 04-12589-0

Estudos sobre a musculatura abdominal durante a realização de diferentes exercícios, utilizando procedimentos eletromiográficos são abrangentes e envolvem conhecimento biomecânico (Escamilla et al., 2006), contribuindo para esclarecer a participação dessa musculatura, durante posturas específicas e diferentes movimentos e exercícios (Axler & McGill, 1997; Escamilla et al., 2006; Gibson & Noakes, 2004).

Axler e McGill (1997) relatam que a prática de exercícios abdominais é cada vez mais comum na população para prevenção e reabilitação de dores na coluna lombar e para a melhoria do desempenho atlético e estético. As pesquisas citadas foram desenvolvidas com pacientes com sintomas de "low back pain" (Jackson & Brown, 1983) e pacientes normais e com disfunção da coluna lombar (Smidt et al., 1983).

Vários autores têm utilizado a musculatura abdominal em seus estudos através da eletromiografia, envolvendo conhecimentos biomecânicos (Escamilla et al., 2006; Guimarães, Vaz, Campos, & Marantes, 1991), a análise da resposta muscular e da angulação do movimento (Bankoff & Furlani, 1986; Flint & Gudgell, 1965; Floyd & Silver, 1950; Moraes, Bankoff, Pellegrinotti, Moreira, & Galdi, 1995; Moraes et al., 2003; Sheffield & Major, 1962; Walters & Partridge, 1957), a posição dos joelhos e do quadril (Andersson, Nilsson, Ma, & Thorstensson, 1997; Axler & McGill, 1997) a posição dos pés (Guimarães et al., 1991; Moraes et al., 1995) e a utilização de equipamentos (Beim, Giraldo, Pincivero, Borror, & Fu, 1997; Bird, Fletcher, & Koch, 2006; Demont et al., 1999; Hildenbrand & Noble, 2004; Sternlicht, Rugg, Bernstein, & Armstrong, 2005; Warden, Wajswelner, & Bennell, 1999) contribuindo para melhorar o conhecimento da participação dessa musculatura em diferentes movimentos e exercícios.

O exercício abdominal tradicional "crunch" é realizado com a flexão tronco até aproximadamente 30°, estando na posição de

decúbito dorsal com joelhos fletidos a 90° e os pés fixos. É de fácil realização e envolve toda a musculatura abdominal (reto abdominal, oblíquo externo e oblíquo interno). É considerado a base para a maioria dos exercícios abdominais não-tradicionais (Escamilla et al., 2006). Os exercícios não tradicionais são aqueles realizados com flexão acentuada do tronco e com elevação simultânea das pernas e com a utilização de equipamentos e bolas. Estes exercícios apresentam diferentes magnitudes de respostas eletromiográficas quando comparados com exercícios tradicionais (Escamilla et al., 2006; Sternlicht, Rugg, Fujii, Tomomitsu, & Seki, 2007). No entanto, a utilização de exercícios não-tradicionais pode representar maior risco de lesões para indivíduos iniciantes (Bird et al., 2006).

A utilização de sobrecarga nos exercícios abdominais é relatada nos estudos de Moraes et al. (2003) no exercício sit-up, em Moraes, Fontes et. al. (2009) e Moraes, Pinto et al. (2009) utilizando-se o exercício crunch e no estudo de Stevens et al. (2008), utilizando-se equipamento para o fortalecimento da musculatura abdominal.

Sabe-se que para otimização do treinamento resistido é necessário determinar a contração voluntária máxima (CVM), para identificar as diferentes intensidades na prescrição de cargas individuais de treinamento (Fry, 2004). A CVM torna-se vantajosa por ter um significado fisiológico onde os dados obtidos são provenientes da máxima capacidade do indivíduo (Dankaerts, O'Sullivan, Burnett, Straker, & Danneels, 2004). Além disso, em estudos com eletromiografia (EMG), a determinação da CVM tem sido utilizada para normalização dos sinais eletromiográficos (Konrad, 2005) e para fornecer uma relação entre a produção de força e a atividade elétrica da musculatura para melhor entendimento da resposta da fadiga (Dankaerts et al., 2004).

A fadiga muscular pode ser definida como a diminuição da CVM do músculo isolado ou grupo muscular, induzida por qualquer

exercício (Taylor & Gandevia, 2008). Muitos pesquisadores investigam a fadiga muscular através das mudanças eletromiográficas na musculatura ativa durante contrações máximas e submáximas, e a EMG pode ainda ter diferentes respostas à fadiga, central ou periférica, de acordo com a atividade realizada (Gibson & Noakes, 2004). Outra possibilidade é que quanto maior a carga exigida, maior o recrutamento de unidades motoras, com maior co-ativação da musculatura sinérgica (Arjmand, Shirazi-Adl, & Parnianpour, 2008).

Com isso, o objetivo deste estudo foi verificar as respostas eletromiográficas da musculatura abdominal durante a realização do exercício abdominal tradicional (crunch), tendo como hipótese que a realização de exercícios com sobrecarga para a musculatura abdominal leva a resposta que indicam a viabilidade de utilização de carga para o fortalecimento da musculatura. Primeiramente foi elaborada e aplicada uma metodologia de determinação da CVM para o exercício abdominal “crunch”, seguido da identificação das respostas eletromiográficas deste exercício realizado em diferentes cargas (20, 40, 60 e 80% da CVM) e repetições realizadas até a exaustão voluntária.

MÉTODO

Amostra

Participaram do estudo 13 universitários (Tabela 1) fisicamente ativos, sem histórico de lesão na região lombar, sendo oito do sexo masculino e cinco do sexo feminino. Os indivíduos foram previamente informados da proposta do estudo e dos procedimentos a que seriam submetidos.

Tabela 1
Dados antropométricos dos indivíduos ($n = 13$): Peso, estatura, idade e peso do tronco

	M	DP
Peso (kg)	65.28	9.38
Estatura (cm)	169.64	9.29
Idade (anos)	19.76	1.53
Peso do tronco (kg)	31.15	3.19

O experimento foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP e os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, conforme parecer n.º 99/2005. Calculou-se o peso estimado do tronco a partir do método descrito por Zatsiorsky e Seluyanov (1983).

Instrumentos e Procedimentos

Para a coleta dos sinais eletromiográficos, utilizou-se o sistema de aquisição e análise de sinais MP100 – BIOPAC, contendo 16 canais, sendo o canal um (Trigger) conectado à câmera de vídeo. Foi estabelecida a frequência de 1000 Hz e faixa de entrada de ± 5 mV. Os dados foram analisados através do software AcqKnowledge 3.7.1.

Para captar a atividade elétrica da musculatura, eletrodos descartáveis de superfície bipolar “Neuroline – Medicotest” foram fixados (Figura 1) nos ventres musculares bilateralmente tendo como parâmetro: para o músculo Reto Abdominal supra-umbilical (RAUL e RAUR), 3 cm da linha sagital e 5 cm acima da cicatriz umbilical; Reto Abdominal infra-umbilical (RALL e RALR), 3 cm da linha sagital e 5 cm abaixo da cicatriz umbilical e Oblíquo Externo (OEL e OER), 8 cm acima da crista ilíaca e 14 cm da cicatriz umbilical. A distância estabelecida entre os pares de eletrodos foi de 2 cm, centro a centro. O eletrodo de referência foi fixado sobre a crista ilíaca direita. Foi realizada tricotomia e limpeza com álcool, para a assepsia dos locais de posicionamento dos eletrodos e diminuição da impedância da pele. Todos os procedimentos para minimizar possíveis interferências foram aplicados, conforme preconizado por De Luca (1997) e pela ISEK (1999).

Os voluntários foram submetidos à execução do exercício abdominal crunch, em que a partir da posição em decúbito dorsal com joelhos fletidos a 90° e pés fixos, realizavam flexão controlada do tronco até

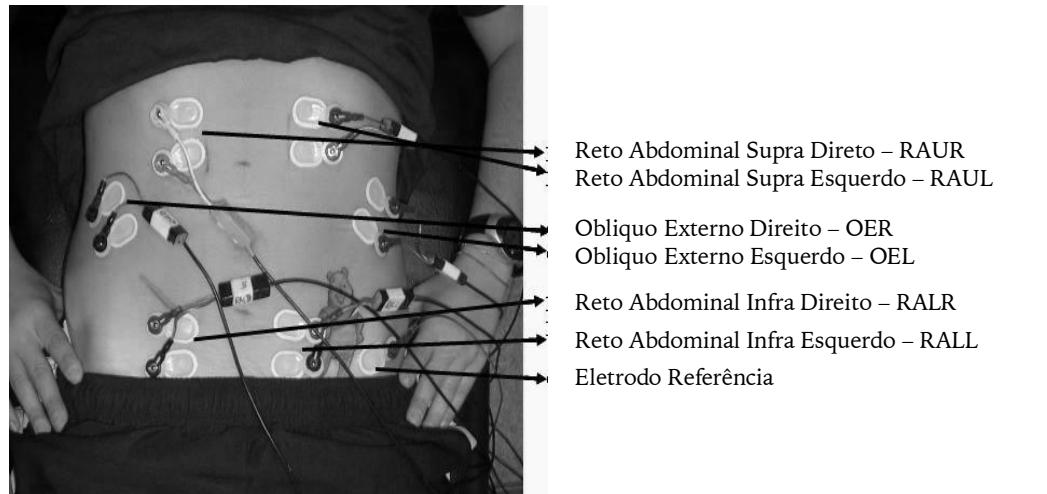


Figura 1. Local de colocação dos eletrodos: Reto Abdominal Supra Umbilical Direito (RAUR), Reto Abdominal Supra Umbilical Esquerdo (RAUL), Reto Abdominal Infra Umbilical Direito (RALR), Reto Abdominal Infra Umbilical Esquerdo (RALL), Obliquo Externo (OER) e Obliquo Externo Esquerdo (OEL)

aproximadamente 30°. Foi estipulado o tempo de 4 segundos para execução do movimento, sendo 2 segundos para ação concêntrica e 2 segundos para ação excêntrica. Para a cadência dos movimentos foi utilizado um metrônomo da marca “Wittner – Taktell Piccolo”. Todos os movimentos foram filmados com câmera de vídeo digital da marca “Sony”, para posterior verificação da angulação dos movimentos e da velocidade de execução dos mesmos. A câmera foi calibrada em 50 quadros por segundo.

Como aquecimento e familiarização do exercício, os voluntários realizaram seis repetições sem carga. Em seguida, realizou-se o teste para determinar a CVM (Baechle & Earle, 2000). Após sorteio prévio para determinar a ordem de execução dos movimentos, iniciou-se o exercício da seguinte forma: 60%, 80%, 20% e 40% em relação à CVM. O intervalo de repouso entre as séries e entre o teste e as séries foi de 5 minutos para permitir a máxima recuperação possível das vias energéticas e sistema nervoso central (Matuszak, Fry, Weiss, Ireland, & McKnight, 2003).

A carga foi constituída a partir de uma barra de 9 kg e anilhas de 1.25, 2.5, 5, 10 e 20 kg, alocados em suas extremidades. Tal barra foi

posicionada na parte superior do tronco, próximo ao osso esterno (articulação manubrioesternal), na direção dos ombros. Para evitar o deslocamento da barra durante a execução do exercício, a mesma foi fixada com a utilização dos braços sobre a mesma (ver Figura 2). Cada participante executou o número máximo de repetições com cada carga.



Figura 2. Exemplo de movimento com a carga de 40% e do posicionamento da barra com pesos

Análise Estatística

Os valores estão expressos em *root-mean-square* (RMS), sendo para este trabalho demonstradas as três primeiras e as três últimas repetições de cada carga. Inicialmente,

foi verificada a distribuição de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. Os dados não apresentavam normalidade quanto a sua distribuição. Assim, optamos pela estatística não-paramétrica e os valores estão expressos em mediana e semi-amplitude interquartílica. Foi empregada a análise de variância (ANOVA) utilizando-se o teste Friedman de medidas repetidas. A significância estatística adotada foi de 5% ($p < .05$). Quando constatada diferença significante pela ANOVA empregou-se o teste de Wilcoxon para a localização das diferenças. O coeficiente de correlação de Pearson (r) foi calculado para determinar se existia significativa relação entre o número de repetições e o percentual da CVM.

RESULTADOS

A Tabela 2 demonstra a média e o desvio padrão da carga utilizada na determinação da CVM e do número de repetições realizadas em cada carga (de 20% a 100% da CVM). A correlação entre a intensidade da carga dos exercícios (20%, 40%, 60% e 80% RM) e a quantidade de repetições realizadas por cada voluntário foi de $r = -0.887$, $p < .0001$, demonstrando que quanto maior a carga utilizada menor a quantidade de repetições dos movimentos.

Tabela 2
Média e desvio padrão da carga utilizada na determinação da CVM, em kg, e número de repetições do exercício abdominal tradicional (crunch) realizadas nas diferentes cargas

	M	DP
Carga da CVM (kg)	79.00	20.33
Número de repetições com 100%	1	—
Número de repetições com 80%	14	2.5
Número de repetições com 60%	22	5.0
Número de repetições com 40%	26	3.8
Número de repetições com 20%	30	2.8

Na Tabela 3, os dados foram normalizados em função da CVM. Os valores percentuais (%) – em RMS – estão expressos em mediana, a partir da média dos valores obtidos

nos músculos abdominais (Reto Abdominal e Oblíquo Externo) analisados durante o exercício abdominal tradicional (crunch), nas três primeiras e três últimas repetições em cada carga. Observa-se aumento nos valores de RMS das últimas repetições em relação às primeiras repetições a 20%, às duas primeiras de 40% e somente na primeira repetição a 80%. Não houve diferença significativa em relação à carga de 60%.

Quando comparamos cada carga na mesma repetição em relação aos 20% da CVM, visualizamos uma diferença significativa de todas as repetições a 80%, e em algumas repetições nas demais cargas. Quando comparado com a carga de 40%, houve diferença significante em relação à primeira repetição a 60% e em relação à primeira, segunda e última repetição a 80%. Não houve diferença significativa entre as repetições com carga de 60% e 80%.

DISCUSSÃO

Ao objetivarmos verificar as respostas eletromiográficas da musculatura abdominal durante a realização do exercício abdominal tradicional (crunch), tínhamos como hipótese que a realização de exercícios com sobrecarga para a musculatura abdominal levaria à resposta que indicasse a viabilidade de utilização de carga para o fortalecimento da musculatura.

Inicialmente foi elaborada e aplicada uma metodologia de determinação da CVM para o exercício abdominal “crunch”, seguido das respostas eletromiográficas deste exercício realizado em diferentes cargas (20, 40, 60 e 80% da CVM) e repetições realizadas até a exaustão voluntária.

Os dados foram normalizados pela máxima contração voluntária (carga de 100%) e de acordo com Lehman e McGill (1999) and Ng, Kippers, Parnianpour e Richardson (2002) a normalização dos sinais eletromiográficos pela MVC permite a interpretação fisiológica e a comparação entre diferentes sujeitos, diferentes músculos e diferentes dias.

Tabela 3

Resultados obtidos (média de todos os músculos abdominais) da AbSyn, em função das cargas e repetições (percentual da contração voluntária máxima); Valores expressos em mediana ± semi-amplitude interquartílica

	1	2	3	ANT	PEN	ULT
20%	46.76 ± 6.89 ^a	49.97 ± 8.17 ^a	56.23 ± 11.21 ^a	64.30 ± 17.19	63.46 ± 17.15	61.94 ± 12.58
40%	55.98 ± 6.34 ^{ab}	58.19 ± 13.96 ^a	65.29 ± 11.73 ^b	71.80 ± 22.78	78.20 ± 12.32	68.29 ± 20.10
60%	67.25 ± 9.01 ^c	67.20 ± 14.13 ^b	70.16 ± 9.32	74.94 ± 7.31	73.27 ± 11.38	76.15 ± 15.49 ^b
80%	78.06 ± 6.95 ^{abc}	85.43 ± 4.54 ^{bc}	83.88 ± 4.60 ^b	94.38 ± 14.01 ^b	86.09 ± 13.39 ^b	92.53 ± 15.92 ^{bc}

^a Diferença estatisticamente significante das repetições ANT, PEN e ULT na mesma carga

^b Diferença estatisticamente significante da carga de 20% em relação às demais na mesma repetição

^c Diferença estatisticamente significante da carga de 40% em relação à carga de 60% e 80% na mesma repetição

No presente estudo, ao mensurar a CVM do exercício abdominal “crunch” observou-se resposta da musculatura durante diferentes intensidades desse exercício (20%, 40%, 60% e 80% RM). Assim, foi possível determinar à média das repetições realizadas de acordo com cada intensidade (Tabela 2) e visualizar uma boa correlação ($r = -.887$, $p < .0001$) entre o número de repetições e a carga utilizada.

Hoeger, Hopkins, Barette e Hale (1990), em estudo realizado com homens e mulheres treinados e destreinados, compararam o número máximo de repetições com cargas a 40%, 60% e 80% da CVM em sete exercícios diferentes para membros inferiores e superiores, e obtiveram excelentes correlações. Estes estudos corroboram com o chamado princípio do tamanho, proposto por Denny-Brown, na década de 30, em que o recrutamento de unidades motoras ocorre voluntariamente em ordem crescente de tamanho, correspondendo à força requisitada pela intensidade de estímulo, durante a atividade exercida. Essa sequência de recrutamento também pode ser observada no presente trabalho (Tabela 3), devido ao aumento significativo das primeiras repetições em relação às últimas, como observado principalmente na carga de 20%, pois como é considerada uma carga leve, o padrão de recrutamento tem um pequeno aumento a cada repetição. Nas cargas mais elevadas, esse recrutamento “quase” total ocorre a partir da terceira repetição a 40% e na segunda repetição

a 80%. Assim, em cargas mais elevadas pode haver influência de outras musculaturas e diferentes áreas da mesma (Bird et al., 2006; Stevens et al., 2008) para auxiliar a execução do exercício, justificando a oscilação dos resultados a 80% da CVM.

Ao analisarmos a utilização de sobrecarga verificamos que em todas as cargas (20, 40, 60 e 80%) ocorreram aumentos nos valores expressos em RMS de acordo com o aumento da carga quando comparadas as repetições iniciais e finais. O ocorrido pode ser explicado devido ao recrutamento muscular intenso quando das repetições finais. De acordo com Fry (2004) quando a intensidade do exercício é superior a 50% da CVM ocorre tendência ao recrutamento muscular mais acentuado para efetuar a ação motora. Em estudo de Silva, Brentano, Cadore, Almeida e Kruel (2008), é relatada a participação de músculos com cargas de 40 e 80%.

Utilizando a mesma metodologia deste, Moraes et al. (2009) relatam que os músculos abdominais apresentaram potenciais de ação em todas as cargas, variando a intensidade, onde as diferenças significativas foram encontradas entre as cargas de 20% e 60%, 20% e 80% e 40% e 80%. Todas as cargas apresentaram diferenças em relação ao teste de carga máxima (100% – 1RM). Durante um protocolo de resistência, Stevens et al. (2008) demonstraram aumento na atividade eletromiográfica dos músculos abdominais quando o tronco foi flexionado com resistência

de 30%, 50% e 70% da média do torque máximo. Entretanto, o experimento dos autores foi realizado com a utilização de equipamento, diferente de nosso estudo que utilizou o exercício abdominal “crunch”.

Ao analisarmos os dados das três últimas repetições através dos valores de RMS é possível notar que há diferença entre as cargas de 20 e 40% em relação às cargas de 60 e 80%. Enquanto há uma tendência a decrescer até a última execução nas cargas mais baixas (20 e 40%), os valores de RMS aumentam para as cargas maiores (60 e 80%) e, de acordo com Fry (2004), a hipótese é devido ao recrutamento muscular incompleto durante a realização dos exercícios com cargas inferiores a 50% da CVM. Entretanto, quando essas intensidades são superiores a 50% da CVM ocorre tendência ao recrutamento muscular completo para efetuar a ação motora (Fry, 2004).

Uma forma comum de aumentar a intensidade dos treinamentos da musculatura abdominal é alterando os tipos de exercícios a serem realizados, com ou sem auxílio de equipamentos (Bird et al., 2006; Sternlicht et al., 2007; Stevens et al., 2008). Existem na literatura, numerosas publicações que estudam o recrutamento dos músculos abdominais em exercícios abdominais não-tradicionalis em comparação com o exercício abdominal “crunch”. Vários autores (Bird et al., 2006; Escamilla et al., 2006; Sternlicht et al., 2007) sugerem que os exercícios abdominais não-tradicionalis apresentam aumento na intensidade do movimento devido a diferentes fatores como o recrutamento muscular, os diferentes tipos de contração (concêntrica, excêntrica e isométrica) e o grau de angulação. Bird et al. (2006) relatam, ainda, que exercícios não-tradicionalis podem representar um maior risco de lesões para indivíduos iniciantes. Já outros autores (Hildebrand & Noble, 2004; Stanton, Reaburn, & Humphries, 2004) afirmam que não há diferença em relação ao exercício abdominal tradicional “crunch” e o não-tradicional.

Sabendo que a musculatura abdominal atua como estabilizadora principal da coluna vertebral, sobretudo na posição ortostática, fica clara a importância de seu fortalecimento. Desta forma, a proposta de mensurar a CVM dos músculos abdominais pode ser uma ferramenta bastante interessante, pois além de garantir a segurança do indivíduo, permite uma melhor prescrição do treinamento, assim como são realizados tradicionalmente em outros grupamentos musculares. Além disso, devemos considerar que quanto maior a carga menor a estabilidade da coluna vertebral, exigindo atuação sinérgica da musculatura flexora e extensora do tronco.

Em conclusão, os dados obtidos no presente estudo demonstram uma possível alternativa de distinção da intensidade da aplicação do exercício de força, no que se diz respeito à variável intensidade da carga, o que pode tornar-se uma ferramenta prática e útil para ser aplicada em sujeitos que desejam aumentar o nível de força abdominal. Além da intensidade, determinada pela CVM, deve-se levar em conta também outras variáveis no treinamento de força, como: volume, séries, repetições, pausa, velocidade de execução e ações musculares.

Os dados do presente estudo permitem uma nova abordagem de treinamento da musculatura abdominal, pautadas em dados de laboratório e em exercícios de fácil execução. Os músculos abdominais têm papel fundamental em diversas tarefas do quotidiano, bem como, nos gestos esportivos. Considerando seu papel de estabilizador da coluna vertebral, indubitavelmente o fortalecimento desses músculos pode contribuir para uma melhor qualidade de vida bem como para um melhor desempenho físico.

Assim, poderíamos resumir que os dados obtidos indicam caminhos para o treinamento da musculatura abdominal, onde o teste de carga máxima se constitui um novo elemento para a prescrição do treinamento da musculatura abdominal, bem como o número de repetições poderá ser um indicativo na prescrição do treinamento abdominal.

REFERÊNCIAS

- Andersson E., Nilsson, J., Ma, Z., & Thorstensson, A. (1997). Abdominal and hip flexor muscle activation during various training exercises. *European Journal of Applied Physiology Occupational Physiology*, 75(2), 115-123.
- Arjmand, N., Shirazi-Adl, A., & Parnianpour, M. (2008). Relative efficiency of abdominal muscles in spine stability. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 11(3), 291-299.
- Axler, C. T., & McGill, S. M. (1997). Low back loads over a variety of abdominal exercises: Searching for the safest abdominal challenge. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29, 804-811.
- Baechle, T. R., & Earle, R. W. (2000). *Essentials of strength training and conditioning – National Strength and Conditioning Association*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Bankoff, A. D. P., & Furlani, J. (1986). Estudo eletromiográfico dos músculos: Reto abdominal e oblíquo externo. *Revista Brasileira de Ciências Morfológicas*, 2(2), 48-54.
- Beim, G. M., Giraldo, J. L., Pincivero, D. M., Borror, M. J., & Fu, F. H. (1997). Abdominal strengthening exercises: A comparative EMG study. *Journal of Sport Rehabilitation*, 6(1), 11-22.
- Bird, M., Fletcher, K. M., & Koch, A. J. (2006). Electromyographic comparison of the Ab-Slide and crunch exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20, 436-440.
- Dankaerts, W., O'Sullivan, P. B., Burnett, A. F., Straker, L. M., & Danneels, L. A. (2004). Reliability of EMG measurements for trunk muscles during maximal and sub-maximal voluntary isometric contractions in healthy controls and CLBP patients. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 14(3), 333-342.
- De Luca, C. J. (1997). The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics*, 13, 135-163.
- Demont, R. G., Lephart, S. M., Giraldo, J. L., Giannantonio, F. P., Yuktanandana, P., & Fu, F. H. (1999). Comparison of two abdominal training devices with an abdominal crunch using strength and EMG measurements. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 39(3), 253-258.
- Escamilla, R. F., Babb, E., Dewitt, R., Jew, P., Kelleher, P., Burnham, T., et al. (2006). Electromyographic analysis of traditional and nontraditional abdominal exercises: Implications for rehabilitation and training. *Physical Therapy*, 86(5), 656-671.
- Flint, M. M., & Gudgell, J. (1965). Electromyographic study of abdominal muscular activity during exercise. *Research Quarterly*, 36(1), 29-37.
- Floyd, W. F., & Silver, P. H. (1950). Electromyographic study of patterns of activity of the anterior abdominal wall muscles in man. *Journal of Anatomy*, 84(2), 132-145.
- Fry, A. C. (2004). The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. *Sports Medicine*, 34(10), 663-679.
- Gibson, A., & Noakes, T. D. (2004). Evidence for complex system integration and dynamic neural regulation of skeletal muscle recruitment during exercise in humans. *British Journal of Sports Medicine*, 38(6), 797-806.
- Guimaraes, A. C., Vaz, M. A., Campos, M. I., & Marantes, R. (1991). The contribution of the rectus abdominis and rectus femoris in twelve selected abdominal exercises: An electromyographic study. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 31(2), 222-230.
- Hildenbrand, K., & Noble, L. (2004). Abdominal muscle activity while performing trunk-flexion exercises using the AbRoller, AbSlide, FitBall, and conventionally performed trunk curls. *Journal of Athletis Training*, 39(1), 37-43.
- Hoeger, W. W. K., Hopkins, D. R., Burette, S. L., & Hale, D. F. (1990). Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum: A comparison between untrained and trained males and females. *Journal of Applied Sport Science Research*, 4(2), 47-54.
- International Society of Electrophysiology and Kinesiology – ISEK (1999). Standards for reporting EMG data. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 9(1), iii-iv.
- Jackson, C. P., & Brown, M. D. (1983). Analysis of current approaches and a practical guide to prescription of exercise. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 179, 46-54.
- Konrad, P. (2005). *The ABC of EMG: A practical introduction to kinesiological electromyography*. Boston: Noraxicon Inc.
- Lehman, G. J., & McGill, S. M. (1999). The importance of normalization in the interpretation of surface electromyography: A proof of principle. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 22(7), 444-446.

- Matuszak, M. E., Fry, A. C., Weiss, L. W., Ireland, T. R., & McKnight, M. M. (2003). Effect of rest interval length on repeated 1 repetition maximum back squats. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17, 634-637.
- Moraes, A. C., Bankoff, A. D., Almeida, T. L., Simões, E. C., Rodrigues, C. E., & Okano, A. H. (2003). Using weights in abdominal exercises: Electromyography response of the Rectus Abdominis and Rectus Femoris muscles. *Electromyography and Clinical Neurophysiology*, 43(8), 487-496.
- Moraes, A. C., Bankoff, A. D., Pellegrinotti, L. L., Moreira, Z. W., & Galdi, E. H. (1995). Electromyography analysis of the rectus abdominis and external oblique muscles of children 8 to 10 years old. *Electromyography and Clinical Neurophysiology*, 35(7), 425-430.
- Moraes, A. C., Fontes, E. B., Gonçalves, E. M., Okano, A. H., Altamari, L. R., Batista, A. R., et al. (2009). Electromyography response of the abdominal muscles during curl-up exercises with different loads. *Gazzetta Medica Italiana: Archivio per le Scienze Mediche*, 168(5), 289-296.
- Moraes, A. C., Pinto, R. S., Valamatos, M. J., Valamatos, M. J., Pezarat-Correia, P. L., Okano, A. H., et al. (2009). EMG activation of abdominal muscles in the crunch exercise performed with different external loads. *Physical Therapy in Sport*, 10, 57-62.
- Ng, J. K., Kippers, V., Parniapur, M., & Richardson, C. A. (2002). EMG activity normalization for trunk muscles in subjects with and without back pain. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(7), 1082-1086.
- Sheffield, F. J., & Major, M. C. (1962). Electromyographic study of the abdominal muscles in walking and other movements. *American Journal of Physical Medicine*, 41, 142-147.
- Silva, E. M., Brentano, M. A., Cadore, E. L., Almeida, A. P., & Kruel, L. F. (2008). Analysis of muscle activation during different leg press exercises at submaximum effort levels. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(4), 1059-1065.
- Smidt, G., Herring, T., Amundsen, L., Rogers, M., Russell, A., & Lehmann, T. (1983). Assessment of abdominal and back extensor function: A quantitative approach and results for chronic low-back patients. *Spine*, 8(2), 211-219.
- Stanton, R., Reaburn, P. R., & Humphries, B. (2004). The effect of short-term Swiss ball training on core stability and running economy. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 522-528.
- Sternlicht, E., Rugg, S. G., Bernstein, M. D., & Armstrong, S. D. (2005). Electromyographic analysis and comparison of selected abdominal training devices with a traditional crunch. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 157-162.
- Sternlicht, E., Rugg, S., Fujii, L. L., Tomomitsu, K. F., & Seki, M. M. (2007). Electromyographic comparison of a stability ball crunch with a traditional crunch. *Journal of Strength Conditioning Research*, 21(2), 506-509.
- Stevens, V. K., Parlevliet, T. G., Coorevits, P. L., Mahieu, N. N., Bouche, K. G., Vanderstraeten, G. G., et al. (2008). The effect of increasing resistance on trunk muscle activity during extension and flexion exercises on training devices. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 18, 434-445.
- Taylor, J. L., & Gandevia, S. C. (2008). A comparison of central aspects of fatigue in submaximal and maximal voluntary contractions. *Journal of Applied Physiology*, 104(2), 542-550.
- Walters, C. E., & Partridge, M. J. (1957). Electromyographic study of the differential action of the abdominal muscles during exercise. *American Journal of Physical Medicine*, 36(5), 259-268.
- Warden, S. J., Wajswelner, H., & Bennell, K. L. (1999). Comparison of Abshaper and conventionally performed abdominal exercises using surface electromyography. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31(11), 1656-1664.
- Zatsiorsky, V., & Seluyanov, V. (1983). The mass and inertia characteristics of the main segments of the human body. In H. Matsui & K. Kobayashi (Eds.), *Biomechanics VIII-B* (pp. 1152-1159). Champaign, IL: Human Kinetics.

