

Estudo comparativo entre exercícios com dinamômetro isocinético e bola terapêutica na lombalgia crônica de origem mecânica

Comparison between isokinetic dynamometer and therapeutic ball exercises in chronic low-back pain of mechanical origin

Cíntia Domingues de Freitas¹, Júlia Maria D'Andrea Greve²

Estudo desenvolvido na FMUSP – Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

¹ Fisioterapeuta Ms. do IOT – Instituto de Ortopedia e Traumatologia da FMUSP

² Profa. Livre-Docente do IOT / FMUSP

ENDEREÇO PARA
CORRESPONDÊNCIA

Cíntia D. de Freitas
R. José Arnoni 274 casa 20
Vila Marieta
02375-120 São Paulo SP
e-mail:
cintiadfreitas@ig.com.br

RESUMO: O objetivo foi avaliar os efeitos dos exercícios de fortalecimento de tronco sobre a dor lombar crônica de origem mecânica e comparar o uso do dinamômetro isocinético e da bola terapêutica. Dezenove pacientes com dor lombar crônica foram distribuídos randomicamente em dois grupos, para fortalecimento do tronco: grupo bola (5 homens e 5 mulheres, idade média 31,2±8,2) e grupo dinamômetro (2 homens e 7 mulheres, idade média 37,9±11,2). Os grupos foram tratados em duas sessões semanais, por três meses, e avaliados antes e após o tratamento, quanto à dor (escala visual analógica), incapacidades funcionais (Questionário de Roland-Morris), mobilidade do tronco (teste de Schöber e distância do 3º dedo ao solo) e força concêntrica dos flexores e extensores de tronco, no dinamômetro isocinético Cybex 6000. Os parâmetros avaliados foram: pico de torque, ângulo de pico de torque, potência, trabalho, tempo de aceleração e a relação flexores/extensores. Os dados foram tratados estatisticamente, sendo adotado um nível de significância de 5%. Foi observada uma melhora significativa ($p<0,05$) da dor, da mobilidade, das incapacidades funcionais e da força dos músculos extensores em ambos os grupos. Os exercícios de fortalecimento melhoraram a dor, as incapacidades funcionais, a mobilidade e a força extensora. Ambas as técnicas foram igualmente efetivas.

DESCRIPTORES: Dor lombar/reabilitação; Modalidades de fisioterapia; Terapia por exercício

ABSTRACT: This study aimed at assessing the effects of trunk strengthening exercises on chronic, mechanical low-back pain and compare the use of isokinetic dynamometer and therapeutic ball. Nineteen patients with chronic low back pain were randomly divided into two groups of trunk muscle strengthening, namely the ball group (5 men and 5 women, mean age 31,2±8,2) and the dynamometer group (2 men and 7 women, mean age 37.9±11.2). Patients attended two weekly sessions during three months and were evaluated before and after treatment as to pain (visual analog scale), functional disability (Roland Morris questionnaire), mobility (Schöber and fingertip-to-floor tests), and trunk concentric extensor and flexor muscles force (by the isokinetic dynamometer). The parameters selected to evaluate muscular performance were: peak torque, peak torque angle, power, work, acceleration time, and flexor/extensor ratio. Data were statistically analysed and the significance level set at 5%. A significant ($p<0,05$) pain relief and improvement in mobility, functional disabilities and extensor force was found in both groups. The strengthening exercises relieved pain and improved functional disabilities, mobility and extensor force. Both techniques are equally effective.

KEY WORDS: Exercise therapy; Low-back pain/rehabilitation; Physical therapy modalities

APRESENTAÇÃO
set. 2008

ACEITO PARA PUBLICAÇÃO
nov. 2008

INTRODUÇÃO

O principal fator de risco para o surgimento da dor lombar é a fraqueza dos músculos do tronco. Em pacientes com dor lombar crônica, os músculos extensores do tronco normalmente são mais fracos do que os flexores¹⁻⁷. A fraqueza muscular é associada ao sedentarismo, à hipotrofia dos músculos paravertebrais^{3,5,7} e às alterações do controle motor^{6,8-11}, como atrasos nos ajustes antecipatórios dos músculos paravertebrais e do transverso abdominal^{6-8,12,13}, além de défices de propriocepção e equilíbrio^{7,13}. Alterações posturais, redução da mobilidade da coluna, obesidade e encurtamento da cadeia posterior também estão associados com a dor lombar crônica¹.

Entre os protocolos encontrados na literatura para o tratamento da dor lombar crônica, predominam os exercícios de fortalecimento do tronco visando a estabilização lombar¹⁴⁻²¹. Há evidências de que o fortalecimento do tronco reduz as incapacidades funcionais e a dor lombar crônica¹⁹⁻²¹.

Para estabilização da coluna propõe-se o treinamento global e local da região lombo-pélvica e abdominal^{13,22,23}. A estabilização global refere-se ao treinamento dos músculos superficiais (reto abdominal, oblíquo externo e paravertebrais), enquanto a estabilização local foca os músculos profundos (transverso abdominal e multifídus)^{13,22,23}. Exercícios que reeducam o controle motor também são chamados exercícios de estabilização. Eles estimulam a força muscular funcional, a propriocepção e reforçam o sinergismo muscular^{10,24,25}.

Ainda não há evidências sobre qual é o tipo de exercício mais efetivo^{7,19-21,26}. Alguns protocolos propõem fortalecer separadamente os músculos extensores^{15,16}, enquanto outros trabalham flexores e extensores do tronco^{14,17,18}. A abordagem ideal para o treinamento de estabilização do tronco é aquela que visa o sinergismo entre os sistemas de estabilização local e global^{13,22,27} e o treino de equilíbrio²⁷, pois o treino isolado dos extensores pode alterar a estabilidade postural²⁷.

O treino de estabilização da coluna associa movimentos dos membros superiores e inferiores a posturas e

movimentos do tronco, em exercícios com diferentes posições e recursos, como pranchas de equilíbrio e bolas^{25,28,29}. Exercícios sobre superfícies instáveis aumentam a atividade eletromiográfica e o sinergismo muscular do tronco, comparados às superfícies estáveis^{22,28-33}. O maior nível de dificuldade das posturas durante os exercícios, a maior distância da bola e dos membros em relação ao corpo geram diferentes padrões de ativação muscular^{22-25,27-29,33-37} e aumentam a solicitação muscular do tronco em indivíduos saudáveis, tanto em superfícies estáveis como instáveis^{29,34,37}. Contrapondo-se a esses dados, há estudos que não identificam diferenças significantes quanto à atividade eletromiográfica, tanto para os extensores do tronco³⁸ como para os flexores³⁰, ao comparar exercícios de tronco com bola e em uma superfície estável, embora a carga imposta sobre a coluna tenha sido menor com a bola, o que poderia ser vantajoso na presença de dor^{38,10}.

Na literatura, os resultados obtidos com exercícios de estabilização com a bola também são controversos no que concerne aos indivíduos portadores de dor lombar crônica. Estudos afirmam que os exercícios de estabilização em sujeitos com dor lombar crônica não melhoram de forma significativa a dor e as incapacidades³⁹ e não recrutam os músculos do tronco em intensidades apropriadas para aumentar a força^{24,39}. Em contrapartida, outros estudos demonstram significativa redução da dor e incapacidades após o tratamento de pacientes com dor lombar crônica com a bola^{26,35} e em exercícios supervisionados com bola após terapia manipulativa^{40,41}.

Além dos recursos acima citados, o dinamômetro isocinético também é sugerido como instrumento de treinamento, uma vez que a velocidade e amplitude de movimento podem ser controladas^{42,43}. Entretanto, um estudo que comparou o uso desse instrumento com a cinesioterapia clássica para o fortalecimento do tronco de pacientes com dor lombar crônica não demonstrou diferença significativa entre as duas técnicas em relação à melhora da força, dor, incapacidades nem mobilidade¹⁷.

Devido às controvérsias e à ausência de evidência na literatura pertinente aos

exercícios de estabilização para pacientes com dor lombar crônica, o objetivo do presente estudo é avaliar os efeitos de exercícios de fortalecimento dos músculos do tronco sobre a dor e as incapacidades funcionais em pacientes com dor lombar crônica de origem mecânica, comparando as técnicas de fortalecimento com dinamômetro isocinético e com bola terapêutica.

METODOLOGIA

Este ensaio clínico foi realizado no Instituto de Ortopedia e Traumatologia da Universidade de São Paulo. Após a avaliação clínica e radiográfica e preenchimento dos critérios de inclusão, os pacientes foram orientados sobre os procedimentos da pesquisa e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Os critérios de inclusão consideraram: indivíduos com queixa de dor lombar por mais de três meses, não praticantes de atividade esportiva, sem história pregressa de mielopatias, cirurgias, instabilidades ou deformidades na coluna, sem sintomas de radiculopatias e hipertensão arterial. Também foram excluídos indivíduos que estivessem participando de outro processo de reabilitação ou sob a administração de medicamentos. Ainda, o paciente seria excluído por excesso de faltas às sessões de terapia (>40%), desistência, ou se, durante o tratamento, manifestasse sintomas de radiculopatias.

A amostra final contou com 19 pacientes com dor lombar crônica de origem mecânica, randomicamente distribuídos em dois grupos: grupo que fez exercícios com a bola, GB (5 homens e 5 mulheres, idade média 31,2±8,2) e o grupo dinamômetro, GD (2 homens e 7 mulheres, idade média 37,9±11,2).

Procedimentos

Os pacientes foram avaliados antes e após o tratamento. As incapacidades funcionais e a dor foram avaliadas por meio do Questionário de Incapacidades Funcionais de Roland e Morris (RM)⁴⁴ e por uma escala visual analógica (EVA)

de dor. No questionário RM, os escores variam de 0 a 24, sendo escores acima de 14 indicadores de incapacidade significativa⁴⁴. Na EVA, o voluntário marca sobre um desenho semelhante a um termômetro o ponto que melhor define sua dor no momento da entrevista (de 0, ausência de dor, a 10, dor quase insuportável). A flexibilidade da cadeia muscular posterior foi avaliada pelo teste da distância do terceiro dedo ao solo⁴⁵; e a mobilidade lombar, pelo teste de Schöber⁴⁵, no qual valores crescentes indicam aumento da mobilidade (e abaixo de 5 cm, muito baixa mobilidade). A força concêntrica dos flexores e extensores de tronco foi avaliada no dinamômetro isocinético (Cybex 6000) a uma velocidade de 120°/seg em duas séries de quatro repetições. Os parâmetros selecionados para a avaliação do desempenho muscular foram: pico de torque (Nm), ângulo de pico de torque (°), potência (W), trabalho (J), tempo de aceleração (seg) e a relação flexores/extensores (%). A avaliação foi realizada de acordo com o guia de normas técnicas Cybex 6000.

O tratamento transcorreu por três meses com uma frequência de duas sessões semanais de uma hora. O primeiro grupo (GB, n=10) realizou exercícios de fortalecimento com a bola e o segundo grupo (GD, n=9) com o dinamômetro isocinético. Previamente a cada sessão de fortalecimento, ambos os grupos foram submetidos a alongamentos passivos dos músculos iliopsoas, isquiotibiais, glúteo máximo e tríceps sural e alongamentos ativos dos paravertebrais. Os alongamentos foram realizados com três repetições mantidas por 20 segundos cada.

O GB realizou exercícios concêntricos, excêntricos e isométricos para os flexores e extensores do tronco. Os

Tabela 1 Idade e índice de massa corporal (IMC) (média ± desvio padrão) dos integrantes dos grupos bola (GB) e dinamômetro (GD), e valores da comparação entre os grupos

	GB (n=10)	GD (n=9)	Mann Whitney	p
Idade	31,2±8,2	37,9±11,2	zcalc=-1,390	0,164
IMC	23,8±3,0	27,0±5,1	zcalc=-1,470	0,142

exercícios eram constituídos por 10 repetições, sendo os exercícios isométricos mantidos por 5 segundos cada. O protocolo era composto por três fases com seis modalidades de exercícios. Esses exercícios eram modificados a cada mês de acordo com os seguintes critérios: distanciando-se a bola do centro de massa corporal, passando de movimentos analíticos evoluídos a movimentos combinados, exercícios com a bola estática evoluindo para exercícios com a bola em movimento; e aumentavam-se as alavancas dos membros superiores e inferiores associadas aos movimentos do tronco.

O GD realizou exercícios concêntricos e excêntricos para flexores e extensores de tronco nas velocidades de 90° e 120°/seg no dinamômetro isocinético, na amplitude de 90° de flexão e 10° de extensão. O protocolo foi constituído por três fases que evoluíram a cada mês aumentando-se o número de repetições: 10 séries de 8 repetições, 10 séries de 10 repetições e 10 séries de 12 repetições.

Análise estatística

Para a avaliação das possíveis diferenças entre os resultados antes e após a aplicação dos exercícios para cada grupo de tratamento foi utilizado o teste de Wilcoxon. Para a avaliação da diferença entre os grupos foi utilizado o teste Mann-Whitney. Foi adotado um nível de

significância de 5%. Para a avaliação de uma possível associação entre a ausência ou presença de dor nos grupos foi usado o teste do Qui-quadrado (X²) obedecendo-se às restrições de Cochran e, quando estas estavam presentes, o teste do Qui-quadrado foi substituído pelo teste exato de Fisher.

RESULTADOS

Os grupos foram considerados homogêneos e comparáveis quanto à idade e índice de massa corporal (Tabela 1).

Em relação às incapacidades funcionais (Tabela 2), ambos os grupos apresentaram melhora significativa (GB $p=0,005$; GD $p=0,007$), o que foi observado pela redução dos escores no questionário RM após o tratamento. Ao comparar os grupos, ambos os tratamentos produziram efeitos similares em termos de escores do questionário ($p=0,306$). A dor, medida pela EVA, reduziu-se de forma significativa em ambos os grupos ($p<0,05$).

Quanto à mobilidade, os resultados do teste 3º dedo-solo apresentaram redução da distância medida após o tratamento, ou seja, melhora significativa em ambos os grupos (GB $p=0,005$; GD $p=0,008$) (Tabela 2). Os valores no teste de Schöber após o tratamento aumentaram de forma significativa apenas no grupo dinamômetro (GB $p=0,180$; GD $p=0,05$).

Tabela 2 Escores (média ± desvio padrão) nos testes de incapacidade, flexibilidade e mobilidade dos grupos bola e dinamômetro, e comparação entre antes e depois do tratamento

Característica avaliada	Escores do Grupo bola (n=10)			Escores do Grupo dinamômetro (n=9)			Mann Whitney-Delta % z calculado	p
	Antes	Depois	Delta %	Antes	Depois	Delta %		
Incapacidade ¹	8,5 ±5,1	2,6 ±3,0	-66,0 ±22,9	8,3 ±3,0	1,9 ±1,4	-78,7 ±14,5	-1,024	0,306
Flexibilidade ²	19,6 ±9,5	14,8 ±8,5	-29,3 ±19,3	14,8 ±7,1	9,7 ±8,0	-44,1 ±34,4	-0,572	0,568
Mobilidade ³	5,3 ±0,8	5,5 ±0,4	6,8 14,9	5,3 ±0,6	5,7 ±0,4	8,7 ±16,1	-2,476*	0,013*

¹ medida pelo questionário RM; ² medida pelo teste 3º dedo-solo; ³ medida pelo teste de Schöber

Tabela 3 Desempenho dos músculos extensores (média ± desvio padrão) dos grupos bola e dinamômetro antes e depois do tratamento e comparação entre os grupos

Parâmetro avaliado	Grupo bola (n=10)			Grupo dinamômetro (n=9)			Mann Whitney	
	Antes	Depois	Delta %	Antes	Depois	Delta %	z calc	p
Pico de torque (N/m)	173 ±46,7	224 ±75,1	28,1 ±15,7	142 ±29,5	197 ±93,1	33,6 ±34,2	-0,245	0,806
Trabalho total (J)	157 ±54,4	214 ±66,2	38,8 ±21,3	130 ±32,6	160 ±71,6	21,6 ±30,6	-1,551	0,121
Potência média (W)	168 ±65,4	238 ±74,2	46,1 ±25,3	136 ±40,7	175 ±86,8	25,4 ±32,7	-1,470	0,142
Tempo de aceleração (seg)	0,13 ±0,04	0,08 ±0,03	-37,7 ±25,1	0,11 ±0,05	0,08 ±0,05	-17,3 ±40	-1,103	0,270
Ângulo pico de torque (°)	41,1 ±14	42,1 ±14,8	18,2 ±63,7	29,4 ±16,3	39,1 ±21,3	39,7 ±74,9	-0,490	0,624
Pico torque flex/ext	165 ±24,8	132 ±18,2	-19,5 ±7,5	182 ±23,3	132 ±33,6	-26,7 ±20,3	-0,653	0,513
Potência flex/ext	211 ±58,1	156 ±24,5	-16,4 ±43,2	237 ±39,9	187 ±44	-19,4 ±22,1	-0,572	0,568
Trabalho flex/ext	200 ±27	148 ±19,6	-25,3 ±11,2	225 ±43	178 ±41,5	-19,2 ±22	-0,653	0,514

Flex/ext = relação dos flexores sobre os extensores

O pico de torque (GB $p=0,005$; GD $p=0,008$), o trabalho total (GB $p=0,007$; GD $p=0,021$) e a potência (GB $p=0,005$; GD $p=0,028$) melhoraram somente para os extensores (Tabela 3) em ambos os grupos, e não houve diferença significativa entre os grupos ($p>0,05$). O tempo de aceleração (Tabela 3) melhorou somente para os extensores do grupo bola (GB $p=0,005$; GD $p=0,095$), também sem diferença significativa entre os grupos ($p=0,270$). O ângulo do pico de torque dos extensores (Tabela 3) apresentou diferença significativa após o tratamento somente no grupo dinamômetro (GB $p=0,515$; GD $p=0,05$). Nenhuma diferença significativa foi encontrada entre os grupos ($p=0,624$).

A relação flexão/extensão (Tabela 3) para o pico de torque (GB $p=0,005$; GD $p=0,011$), trabalho total (GB $p=0,005$; GD $p=0,051$) e potência (GB $p=0,028$; GD $p=0,05$) demonstrou melhora significativa após o tratamento em ambos os grupos, sem diferença significativa entre os grupos ($p>0,05$).

DISCUSSÃO

A escolha de dois protocolos de fortalecimento deveu-se ao fato de a literatura relatar a fraqueza dos músculos do tronco como o principal fator de risco para o desenvolvimento da dor lombar crônica^{1-3,5-7}, além de ser uma evidência a indicação do fortalecimento para pacientes com dor lombar crônica¹⁹⁻²¹. Como não há evidência sobre qual é o tipo de exercício mais efetivo^{7,19-21,26},

optou-se por comparar o fortalecimento obtido usando o dinamômetro isocinético e a bola terapêutica.

Ambos os protocolos geraram melhora significativa da dor e das incapacidades, tal como encontrado em outros estudos que utilizaram o fortalecimento para esse tipo de paciente¹⁴⁻¹⁸. No grupo bola, houve melhora significativa da dor e das incapacidades, corroborando outros estudos que utilizaram o método. Ao comparar esses protocolos com o presente estudo, observam-se diferenças quanto ao tempo de tratamento, frequência semanal, quantidade e tipos de exercícios^{26,35,40,41}. Não houve diferença significativa entre os protocolos, tal como no estudo que comparou a dinamometria isocinética com a cinesioterapia clássica¹⁷.

Houve uma melhora significativa na flexibilidade da cadeia posterior no teste do terceiro dedo ao solo em ambos os grupos, conforme esperado, já que foram submetidos ao mesmo protocolo de alongamento. O ganho da mobilidade lombar (Schöber) foi maior no grupo dinamômetro, o que pode ser explicado pelos exercícios realizados no equipamento, com maior flexão do tronco.

O pico de torque, trabalho total e potência dos flexores não mostraram diferenças significantes após o tratamento, enquanto os extensores mostraram um ganho relevante. Não houve maior ênfase no treinamento dos extensores em ambos os protocolos propostos. O fato de os flexores não apresentarem ganho de força após o tratamento pode ter sido influenciado

por uma limitação metodológica do próprio dinamômetro isocinético, já que, em relação ao tronco, o equipamento não faz a correção da força da gravidade; além disso, o movimento de flexão durante a avaliação é realizado a favor da gravidade.

A melhora do equilíbrio entre os músculos flexores e extensores foi recuperada pelo ganho de força extensora. Uma comparação entre os dois protocolos mostrou que ambos produziram efeitos similares em termos de ganho de força.

Os exercícios elaborados com a bola geraram um aumento significativo da força extensora (demonstrado pela dinamometria isocinética), opondo-se a outros estudos que não encontraram atividade eletromiográfica suficiente para desenvolver força^{24,39}. Estudos anteriores que utilizaram a bola para o tratamento da dor lombar crônica não avaliaram a força do tronco^{26,35,40,41}. Apenas um estudo demonstrou que o treinamento com exercícios de ponte na bola é capaz de aumentar a resistência muscular e a estabilização do tronco, mas para uma população saudável; além disso, para tal avaliação não foi utilizada a dinamometria, apenas testes de resistência³⁷. No presente estudo, os exercícios de ponte fizeram parte do treinamento do grupo bola e o ganho de força foi demonstrado por dinamometria.

O tempo de aceleração foi significativamente reduzido após o tratamento somente para os extensores dos volun-

tários do grupo bola, o que pode ser explicado pelos rápidos ajustes posturais que são exigidos continuamente sobre a superfície instável da bola.

Por outro lado, o ângulo do pico de torque mostrou melhora significativa somente para os extensores dos voluntários do grupo dinamômetro, representando um melhor recrutamento das fibras extensoras, o que pode ser explicado pela especificidade do movimento, já que esse grupo foi treinado no próprio equipamento.

Embora ambas as técnicas tenham obtido resultados similares, algumas vantagens e desvantagens podem ser atribuídas a cada uma delas. O dinamômetro isocinético promove segurança^{42,43}, já que mantém uma velocidade constante durante o movimento e ajusta a resistência de acordo com a

capacidade do indivíduo de produzir força durante o exercício mas, por outro lado, apresenta um único padrão de movimento, com uma grande amplitude de flexão do tronco. Devido a sua versatilidade, a bola terapêutica permite trabalhar uma grande variedade de movimentos e posturas, ativando diferentes padrões de contração muscular^{27,28,32,34}, que seriam mais funcionais para a vida diária. Além disso, os exercícios realizados sobre a bola geram menor compressão sobre a coluna, o que poderia justificar sua indicação para pacientes com dor^{10,38}.

No que concerne à prática clínica, a bola é um recurso mais acessível, quando comparada ao dinamômetro. Além do mais, em estágios mais avançados do tratamento, a bola pode ser usada para tratamentos em grupo, o que

reduziria o custo em relação ao número de profissionais e disponibilizaria mais vagas nos setores de reabilitação. Além disso, dependendo da técnica empregada, fatores como a motivação dos pacientes e a interação terapeuta-paciente podem colaborar para uma maior adesão e uma recuperação mais rápida dos pacientes. A bola pode tornar-se uma técnica mais lúdica e motivante para os pacientes na fisioterapia.

CONCLUSÃO

Os exercícios de fortalecimento e alongamentos propostos melhoraram a dor, as incapacidades funcionais e a força extensora do tronco. Ambas as técnicas foram igualmente eficientes no tratamento dos pacientes com dor lombar crônica da amostra estudada.

REFERÊNCIAS

- 1 Bayramoglu M, Akman MN, Kiliç S, Çetin N, Yavuz N, Özker R. Isokinetic measurement of trunk muscle strength in women with chronic low-back pain. *Am J Phys Med Rehabil.* 2001;80(9):650-5.
- 2 Greve JMDA. Avaliação isocinética dos músculos flexores e extensores do tronco: análise crítica do diagnóstico funcional das lombalgias crônicas de origem mecânica [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 1998.
- 3 Danneels LA, Vanderstraeten GG, Cambier DC, Witvrouw EE, Cuyper HJD. Computed tomography of trunk muscles in chronic low-back patients and healthy control subjects. *Eur Spine J.* 2000;9(4):266-72.
- 4 Gibbons LE, Videman T, Battie MC. Isokinetic and psychophysical lifting strength, static back muscle endurance and magnetic resonance imaging of the paraspinal muscles as predictors of low-back pain in men. *Scand J Rehabil Med.* 1997; 29(3):187-91.
- 5 Mannion AF, Käser L, Weber E, Rhiner A, Dvorak J, Müntener M. Influence of age and duration of symptoms on fibre distribution and size of the back muscles in chronic low-back pain patients. *Eur Spine J.* 2000;9(4):273-81.
- 6 Hodges PW, Moseley GL, Gabrielsson A, Gandevia SC. Experimental muscle pain changes feed forward postural responses of the trunk muscles. *Exp Brain Res.* 2003;151(2):262-71.
- 7 Barr KP, Griggs M, Cadby T. Lumbar stabilization: a review of core concepts and current literature, part 2. *Am J Phys Med Rehabil.* 2007;86(1):72-80.
- 8 Hodges PW, Moseley GL. Pain and motor control of the lumbopelvic region: effect and possible mechanisms. *J Electromyogr Kinesiol.* 2003;13(4):361-70.
- 9 Descarreaux M, Blouin JS, Teasdale N. Force production parameters in patients with low-back pain and healthy control study participants. *Spine.* 2004;29(3):311-7.
- 10 Mc Gill SM, Grenier S, Kavcic N, Cholewicki J. Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine. *J Electromyogr Kinesiol.* 2003;13:353-9.
- 11 Cholewicki J, Van Dieën JH, Arsenault AB. Muscle function and dysfunction in the spine. *J Electromyogr Kinesiol.* 2003;13(4):303-4.
- 12 Fryer G, Gibbons P, Morris T. Paraspinal muscles and intervertebral dysfunction: part two. *J Manipul Physiol Ther.* 2004;27(5):348-57.
- 13 Barr KP, Griggs M, Cadby T. Lumbar stabilization: core concepts and current literature, part 1. *Am J Phys Med Rehabil.* 2005;84(6):473-80.
- 14 Takemasa R, Yamamoto H, Tani T. Trunk muscle strength and effect of trunk muscle exercises for patients with chronic low-back pain: the differences in patients with and without organic lumbar lesions. *Spine.* 1995;20(23):2522-30.

Referências (cont.)

- 15 Carpenter DM, Nelson BW. Low back strengthening for the prevention and treatment of low-back pain. *Med Sci Sports Exerc.* 1999;31(1):18-24.
- 16 Leggett S, Mooney V, Matheson LN, Nelson B, Dreisinger T, Zytveld JV, et al. Restorative exercise for clinical back pain: a prospective two-center study with one year follow-up. *Spine.* 1999;24(9):889-98.
- 17 Calmels P, Jacob JF, Fayolle-Minon I, Charles C, Bouchet JP, Rimaud D, et al. Étude comparative entre technique isocinétique et kinésithérapie classique chez le lombalgique chronique: résultats préliminaires. *Ann Readapt Med Phys.* 2004;47(1):20-7.
- 18 Handa N, Yamamoto H, Tani T, Kawakami T, Takemasa R. The effect of trunk muscle exercises in patients over 40 years of age with chronic low back pain. *J Orthop Sci.* 2000;5(3):210-6.
- 19 Liddle SD, Baxter GD, Gracey JH. Exercise and chronic low-back pain: what works? *Pain.* 2004;107(1-2):176-90.
- 20 Hayden JA, van Tulder MW, Malmivaara A, Koes BW. Exercise therapy for treatment of non-specific low-back pain. *Cochrane Database Syst Rev.* 2005;20(3):CD000335.
- 21 Hayden JA, van Tulder MW, Malmivaara A, Koes BW. Meta-analysis: exercise therapy for nonspecific low-back pain. *Ann Intern Med.* 2005;142(9):765-75.
- 22 Marshall PW, Murphy BA. Core stability exercises on and off a Swiss ball. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86(2):242-9.
- 23 Bergmark A. Stability of the lumbar spine: a study in mechanical engineering. *Acta Orthop Scand Suppl.* 1989;230:1-54.
- 24 Hubley-Kozey CL, Vezina MJ. Muscle activation during exercises to improve trunk stability in men with low-back pain. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83(8):1100-8.
- 25 Souza GM, Baker LL, Powers CM. Electromyographic activity of selected trunk muscles during spine stabilization exercises. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(11):1551-7.
- 26 Koumantakis GA, Watson PJ, Oldham JA. Trunk muscle stabilization training plus general exercise versus general exercise only: randomized controlled trial of patients with recurrent low-back pain. *Phys Ther.* 2005;85(3):209-25.
- 27 Kollmitzer J, Ebenbichler GR, Sabo A, Kerschman K, Bochdansky T. Effects of back extensor strength training versus balance training on postural control. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(10):1770-6.
- 28 Mori A. Electromyographic activity of selected trunk muscles during stabilization exercises using a gym ball. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 2004;44(1):57-64.
- 29 Behm DG, Leonard AM, Young WB, Bonsey WA, MacKinnon SN. Trunk muscle electromyographic activity with unstable and unilateral exercises. *J Strength Cond Res.* 2005;19(1):193-201.
- 30 Hildenbrand K, Noble L. Abdominal muscle activity while performing trunk flexion exercises using the Ab Roller, Ab slide, Fit Ball and conventionally performed trunk curls. *J Athl Train.* 2004;39(1):37-43.
- 31 Vera-Garcia FJ, Grenier SG, Mc Gill SM. Abdominal muscle response during curl-ups on both stable and labile surfaces. *Phys Ther.* 2000;80(6):564-9.
- 32 Cosio-Lima LM, Reynolds KL, Winter C, Paolone V, Jones MT. Effects of physioball and conventional floor exercises on early phase adaptations in back and abdominal core stability and balance in women. *J Strength Cond Res.* 2003;17(4):721-5.
- 33 Lehman GJ, Hoda W, Oliver S. Trunk muscle activity during bridging exercises on and off a Swiss ball. *Chiropr Osteopat.* 2005;13(14):1-8.
- 34 Arokoski JP, Valta T, Airaksinen O, Kankaanpää M. Back and abdominal muscle function during stabilization exercises. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82:1089-98.
- 35 Marshall PW, Murphy BA. Evaluation of functional and neuromuscular changes after exercise rehabilitation for low-back pain using a Swiss ball: a pilot study. *J Manipul Physiol Ther.* 2006;29(7):550-60.
- 36 Stevens VK, Bouche KG, Mahieu NN, Coorevits PL, Vanderstraeten GG, Danneels LA. Trunk muscle activity in health subjects during bridging stabilization exercises. *BMC Musculoskelet Disord.* 2006;7(75):1-8.
- 37 Carter JM, Beam WC, Mc Mahan SG, Barr ML, Brown LE. The effects of stability ball training on spinal stability in sedentary individuals. *J Strength Cond Res.* 2006;20(2):429-35.
- 38 Drake JDM, Fischer SL, Brown SHM, Callaghan JP. Do exercise balls provide a training advantage for trunk extensor exercises? A biomechanical evaluation. *J Manipul Physiol Ther.* 2006;29(5):354-62.
- 39 Arokoski JP, Valta T, Kankaanpää M, Airaksinen O. Activation of lumbar paraspinal and abdominal muscles during therapeutic exercises in chronic low-back pain patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85(5):823-32.
- 40 Marshall P, Murphy B. Self-report measures best explain changes in disability compared with physical measures after exercise rehabilitation for chronic low-back pain. *Spine.* 2008;33(3):326-38.

Referências (cont.)

- 41 Marshall PW, Murphy BA. Muscle activation changes after exercise rehabilitation for chronic low back pain. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008;89(7):1305-13.
- 42 Mayer TG, Smith SS, Keeley J, Mooney V. Quantification of lumbar function part 2: sagittal plane trunk strength in chronic low-back pain patients. *Spine.* 1985;10(8):765-72.
- 43 Perrin DH. *Isokinetic exercise and assessment.* Champaign [IL, USA]: Human Kinetics; 1993.
- 44 Roland M, Morris R. A study of natural history of back pain part I: development of a reliable and sensitive measure of disability in low-back pain. *Spine.* 1983;8(2):141-4.
- 45 Rosen E, Fetto J, Gross J. *Exame musculoesquelético.* Porto Alegre: Artmed; 2000.