



# Qual é o melhor método para avaliação da parede abdominal? Restabelecer força não significa recuperação funcional

*What is the best method to assess the abdominal wall? Restoring strength does not mean functional recovery*

André Vicente **BIGOLIN**<sup>1</sup>, Renan Trevisan **JOST**<sup>2</sup>, Rafaela **FRANCESCHI**<sup>2</sup>, Rodolfo **WERMANN**<sup>2</sup>, Rodrigo **FALCÃO**<sup>2</sup>, Alexandre Severo **DO-PINHO**<sup>3</sup>, Rodrigo Della Mea **PLENTZ**<sup>3</sup>, Leandro Totti **CAVAZZOLA**<sup>1</sup>

**RESUMO - Racional:** A devolução da funcionalidade contrátil da parede abdominal é uma das metas no reparo das hérnias abdominais. Contudo, o entendimento do core deve necessariamente fazer parte na escolha do método de avaliação desse desfecho. **Objetivo:** Avaliar o papel dos músculos da parede anterolateral na função da parede abdominal com base na correlação entre o sinal de ativação muscular obtido na eletromiografia de superfície e torque produzido durante testes de força validados. **Métodos:** A ativação dos músculos reto abdominal, oblíquo externo, e oblíquo interno e transverso foi avaliada por eletromiografia de superfície durante dois testes validados. Etapa: 1-A, contração isométrica em decúbito dorsal; 1-B, contração isométrica em decúbito lateral; 2-A, teste isocinético no Biodex; e 2-B, teste isométrico no Biodex. **Resultados:** Foram avaliados 20 voluntários saudáveis. O coeficiente de correlação linear entre os dados de valor quadrático médio/Pico obtidos análise do sinal da eletromiografia de superfície para cada músculo e o Pico de torque foram sempre  $<0,2$  e estatisticamente insignificantes ( $p < 0,05$ ). A relação agonista/antagonista demonstrou correlação positiva, significativa e de fraca a moderada no músculo externo oblíquo (Pico,  $p = 0,027$ ; valor quadrático médio, 0,564). Os resultados eletromiografia de superfície estiveram positivamente correlacionados nos diferentes protocolos de contração abdominal e também com um questionário de atividade física diária. **Conclusões:** Não houve correlação entre o exame de eletromiografia de superfície e o torque mensurado por um instrumento validado, exceto em uma variável que não representa diretamente a geração de torque.

**DESCRITORES:** Hérnia. Parede abdominal. Eletromiografia. Força muscular. Cinesiologia aplicada.



Colocação dos eletrodos para eletromiografia de superfície sem fio (EMGs) dos músculos reto abdominal, oblíquo externo e transverso/oblíquo interno. Foi mantida distância de 2 cm entre os centros

## Mensagem central

Medidas da força da contração abdominal não se correlacionam linearmente com o grau de ativação dos principais músculos da parede abdominal

## Perspectiva

O reestabelecimento funcional da parede abdominal exige a recuperação da coordenação neuromotora de todos os músculos do CORE. O resultado final de força quando avaliado isoladamente pode significar um resultado compensatório dos músculos saudáveis e ser causa de instabilidade articular e de sustentação da coluna vertebral. O estudo da ativação muscular e a construção do vetor resultante da força pode nos ajudar a aperfeiçoar as técnicas de reconstrução da parede abdominal

**ABSTRACT - Background:** Restoring the contractile function to the abdominal wall is a major goal in hernia repair. However, the core understanding is required when choosing the method for outcome assessment. **Aim:** To assess the role of the anterolateral abdominal muscles on abdominal wall function in patients undergoing hernia repair by analysis of correlation between the surface electromyography activation signal of these muscles and torque produced during validated strength tests. **Methods:** Activation of the rectus abdominis, external oblique, and internal oblique/transverse abdominis muscles was evaluated by surface electromyography during two validated tests: Step: 1-A, isometric contraction in dorsal decubitus; 1-B, isometric contraction in lateral decubitus; 2-A, isokinetic Biodex testing; and 2-B, isometric Biodex testing. **Results:** Twenty healthy volunteers were evaluated. The linear correlation coefficient between root mean square/peak data obtained from surface electromyography signal analysis for each muscle and the peak torque variable was always  $<0,2$  and statistically non-significant ( $p < 0,05$ ). The agonist/antagonist ratio showed a positive, significant, weak-to-moderate correlation in the external oblique (Peak,  $p = 0,027$ ; root mean square, 0,564). Surface electromyography results correlated positively among different abdominal contraction protocols, as well as with a daily physical activity questionnaire. **Conclusions:** There was no correlation between surface electromyography examination of the anterolateral abdominal wall muscles and torque measured by a validated instrument, except in a variable that does not directly represent torque generation.

**HEADINGS:** Hernia. Abdominal Wall. Electromyography. Muscle strength. Kinesiology, applied



[www.facebook.com/revistaabcd](http://www.facebook.com/revistaabcd)



[www.instagram.com/revistaabcd](http://www.instagram.com/revistaabcd)



[www.twitter.com/revistaabcd](http://www.twitter.com/revistaabcd)

Trabalho realizado na <sup>1</sup>Cirurgia do Aparelho Digestivo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil; <sup>2</sup>Cirurgia do Aparelho Digestivo, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil; <sup>3</sup>Fisioterapia, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Porto Alegre, RS, Brasil

Como citar este artigo: Bigolin AV, Jost RT, Franceschi R, Wermann R, Falcão R, Do-Pinho AS, Plentz RDM, Cavazzola LT. Qual é o melhor método para avaliação da parede abdominal? Restabelecer força não significa recuperação funcional. ABCD Arq Bras Cir Dig. 2020;33(1):e1487. DOI: /10.1590/0102-672020190001e1487

## Correspondência:

André Vicente Bigolin  
E-mail: [andrevicentebigolin@gmail.com](mailto:andrevicentebigolin@gmail.com);  
[formato2@scientific.com.br](mailto:formato2@scientific.com.br)

Fonte de financiamento: não há  
Conflito de interesse: não há  
Recebido para publicação: 04/10/2019  
Aceito para publicação: 07/01/2020

## INTRODUÇÃO

A parede abdominal anterolateral é formada por músculo reto abdominal, músculos oblíquos interno e externo e músculo abdominal transversal e suas aponeuroses. Esses músculos desempenham papel fundamental entre os outros 26 pares de músculos que compõem o core. Esse sistema muscular suporta as regiões abdominal e lombopélvica, estabilizando a coluna e a pelve e mantendo a organização cinética durante o movimento funcional. Ao funcionar adequadamente, promove não apenas a força, mas também a estabilidade<sup>12,23</sup>. Qualquer dano estrutural ou neurológico nesse sistema musculoponeurótico pode prejudicar a qualidade de vida. Esses efeitos são claros em pacientes com hérnia incisional<sup>16,29</sup>.

Nos Estados Unidos, 3,2 bilhões de dólares foram gastos somente no tratamento da hérnia ventral em 2006<sup>22</sup>. Na França, esses custos foram estimados em aproximadamente 84 milhões de euros em 2011<sup>29</sup>.

No entanto, ainda há debate sobre até que ponto a função muscular pode ser restabelecida e o quanto isso é clinicamente relevante para a vida diária do paciente. Como a recorrência foi significativamente reduzida com o advento do reparo com tela<sup>7</sup>, o foco mudou para novos desfechos de qualidade de vida.

Em 2011, um grupo de pesquisadores validou o dinamômetro eletrônico Biodex Multi-Joint System 4 Pro<sup>6</sup>. Com esse instrumento, a cinética é controlada (isocinético) e a força de contração abdominal é convertida em torque (em Newtons por segundo). A eletromiografia de superfície (EMGs), também denominada eletromiografia cinética, devido à sua capacidade de avaliar a ativação muscular durante o movimento, é comumente usada na análise de treinamento e reabilitação dos músculos do core e em pacientes com lombalgia<sup>2,14,17</sup>. Em uma revisão da literatura, foram encontrados 87 estudos envolvendo EMGs e músculos da parede abdominal entre 1950 e 2008<sup>15</sup>. Variabilidade entre os testes, descrições técnicas ruins, amostras pequenas, sem descrição do nível de atividade física dos indivíduos avaliados e técnicas não padronizadas de captura e processamento de sinais foram alguns dos problemas observados.

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi determinar valores padronizados de sinais de ativação para os músculos da parede abdominal anterolateral durante exercícios isométricos e isocinéticos, validá-los no Biodex e correlacionar esses resultados com dados de torque obtidos durante a execução dos exercícios mencionados.

## MÉTODOS

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da instituição sob o protocolo 928582, tendo sido conduzido em conformidade com as disposições da Declaração de Helsinque. Todos os voluntários forneceram o termo de consentimento informado antes de sua inclusão no estudo. Consentimento informado adicional foi obtido de todos os participantes individuais para os quais as informações de identificação estão incluídas neste artigo.

### Protocolo do estudo

Estudo transversal de voluntários saudáveis. Os voluntários foram entrevistados para avaliar sua elegibilidade. O principal critério de exclusão foi histórico de qualquer incisão ou hérnia na região do abdome ou da virilha. Presença de comorbidades, classificação ASA >1, índice de massa corporal (IMC) >30, idade >50 ou <18 anos, qualquer condição ortopédica que causasse comprometimento funcional e escore de gravidade de comorbidade =2 foram os outros critérios de exclusão.

Todos os voluntários tiveram sua circunferência da cintura,

peso e estatura medidos. Dois questionários validados foram aplicados. Primeiro, o Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ, sigla em inglês), que avalia caminhada, atividades moderadas e vigorosas em quatro domínios (trabalho, transporte, trabalho doméstico, jardinagem e lazer), foi aplicado de maneira independente<sup>3</sup>. Os resultados são expressos em EMT-minutos/semana, calculados usando uma fórmula matemática. Também foi usado o SF-36, que mede a qualidade de vida individual em oito domínios físicos e mentais. Os resultados são expressos como uma pontuação de 0 a 100<sup>5</sup>.

Para a aplicação da EMGs, a pele foi depilada, esfoliada e limpa com álcool. Em seguida, os eletrodos foram fixados com um espaçamento centro a centro de 2 cm. Foram avaliados o músculo reto abdominal (RA), oblíquo externo (OE) e oblíquo interno, este último, juntamente com o músculo abdominal transversal (OI/AT). A Figura 1 mostra o posicionamento do eletrodo para cada músculo. O posicionamento dos eletrodos abdominais para RA e OE foi descrito por Ng et al.<sup>16</sup>. Essa posição segue a orientação das fibras musculares, garantindo baixa interferência entre OE e OI/AT<sup>1</sup>.



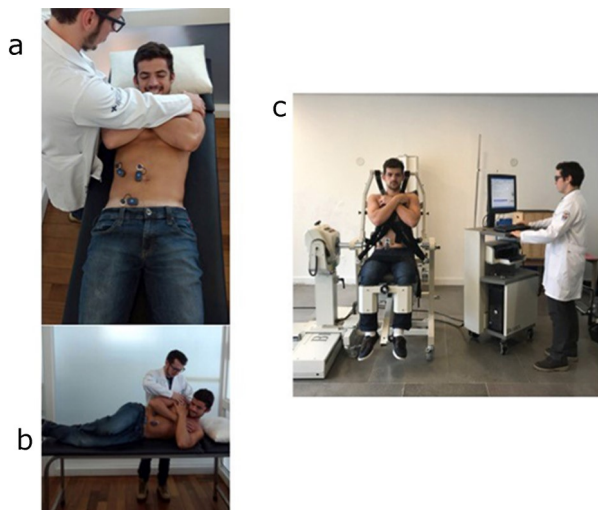
**FIGURA 1** - Colocação dos eletrodos para eletromiografia de superfícies sem fio (EMGs) dos músculos reto abdominal, oblíquo externo e transversal/oblíquo interno. Foi mantida distância de 2 cm entre os centros

Todos os dados foram coletados usando um sistema BTS FREEEMG 1000 com taxa de amostragem de 1,0 kHz, que inclui eletrodos sem fio superleves (10 g) com distância máxima de transferência de 20 m e analisados no software SmartAnalyzer (v. 1.10.465.0). Os sinais brutos foram filtrados para uma largura de banda de 20 a 500 Hz e os dados obtidos foram analisados. O pico de ativação e o valor quadrático médio (RMS, sigla em inglês) foram calculados. Os resultados foram normalizados através da contração voluntária máxima (CVM). Foi feito um intervalo de 120 s entre as séries para evitar fadiga. A contração abdominal foi avaliada em duas etapas:

### Etapa 1 - Testes isométricos em prancha

#### Exercício 1-A

Com a coluna reta, o voluntário flexionou o quadril e o joelho enquanto estava em decúbito dorsal. Contra a resistência do examinador, três séries de contrações máximas foram mantidas por 5 s (Figura 2).



**FIGURA 2** - A) Contração isométrica contra a resistência do examinador em decúbito dorsal; B) contração isométrica contra a resistência do examinador na posição lateral; C) posicionamento adequado no dispositivo Biodex

**Exercício 1-B**

A posição lateral, com a coluna flexionada e com rotação lateral do tronco, o voluntário realizou três séries de contrações máximas, sustentando-as por 5 s (Figura 2).

**Etapa 2**

Um dinamômetro isocinético Biodex Multi-Joint System 4 Pro (Biodex Corporation, Shirley, NY, EUA), que pode trabalhar em grupos musculares específicos em testes isocinéticos e isométricos, foi utilizado para esta etapa. O sistema foi fixado aos músculos dorsais para avaliar a força de contração. O voluntário foi posicionado no módulo com a coxa, o quadril e o tronco imobilizados, pés apoiados em um ângulo de 90° entre o fêmur e o quadril, medido na crista íliaca com um goniômetro (Figura 2).

**Exercício 2-A**

Foram realizados três conjuntos de cinco contrações isocinéticas a uma velocidade angular de 60°/s. A amplitude de movimento foi de 40° a 80° a 110°.

**Exercício 2-B**

Três séries de contrações isométricas máximas de 5 s foram realizadas contra a resistência da máquina em um ângulo de 80°.

**Análise estatística**

Médias e desvios-padrão, bem como quartis, valores mínimos e máximos, são apresentados para cada variável. Os dados foram analisados no PASW Statistics for Windows, versão 18.0, com nível de significância de 0,05 para todas as análises. Para comparar os resultados de EMGs entre diferentes músculos e exercícios, foi utilizado um modelo de equações de estimativa generalizada. Para essa comparação, foram utilizadas uma matriz de correlação intercambiável, uma matriz de covariância do estimador robusto e uma distribuição normal com função de identidade, além de comparações múltiplas post-hoc de Bonferroni. Para chance de 90% de detecção com nível de significância de 5% e aumento no desfecho avaliado de 52 para 71<sup>4,11</sup>, o tamanho da amostra foi calculado em 20 pacientes.

**RESULTADOS**

Vinte voluntários (10 homens e 10 mulheres) foram avaliados. A idade média (DP) foi de 26 anos (23-34) e o IMC médio foi de 22,7 kg/m<sup>2</sup> (mínimo 18, ou seja, baixo peso; máximo 27,5, ou seja,

excesso de peso), o que fica dentro dos limites ideais, embora a amplitude interquartil para a maioria da população da amostra estivesse dentro dos limites normais ou ideais. Não foram avaliados indivíduos obesos. A circunferência média da cintura foi de 70,9 cm (Tabela 1).

**TABELA 1** - Perfil antropométrico da população estudada

Variável	Média (SD)	IIQ	Amplitude (mín-máx)	n
Peso (kg)	66,0 (13,9)	68,5 (52,0; 77,0)	47,0 - 91,0	20
Estatuta (cm)	169,0 (10,6)	167,0 (159,0; 176,0)	155,0 - 187,0	20
CPA (cm)	70,9 (20,2)	78,5 (67,5; 83,0)	26,0 - 90,0	20
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	22,7 (3,0)	22,3 (20,1; 25,5)	18,0 - 27,4	20

CPA= circunferência da parede abdominal; DP= desvio-padrão; IIQ= intervalo interquartil; IMC= índice de massa corporal

A Tabela 2 descreve os resultados normalizados resultantes da análise do sinal muscular durante a realização de tarefas isocinéticas no sistema Biodex.

**TABELA 2** - Dados normalizados da EMGs obtidos a partir da análise dos músculos reto abdominal, oblíquo externo e abdominal transverso/oblíquo interno durante exercícios isométricos e isocinéticos padronizados

Etapa 3, Exercício A: Biodexisocinético					
Dados da EMGs	Músculo	Média (DP)	IIQ	Amplitude (mín-máx)	n
Pico	RA	72,7 (18,6)	73,3 (65,7; 83,6)	83,6 - 30,4	20
	OE	73,7 (17,2)	77,8 (60,1; 85,9)	85,9 - 32,7	20
	AT/OI	75,9 (16,5)	77,8 (61,5; 90,3)	90,3 - 45,6	16
RMS	RA	49,7 (17,1)	49,2 (42,1; 59,3)	59,3 - 12,6	20
	OE	50,3 (18,6)	44,8 (41,3; 68,9)	68,9 - 22,8	20
	AT/OI	46,8 (16,1)	44,2 (37,2; 54,6)	54,6 - 16,1	16
Etapa 3, Exercício B: Biodex isométrico					
Dados da EMGs	Músculo	Média (SD)	IIQ	Amplitude (mín-máx)	n
Pico	RA	59,3 (22,5)	60,4 (40,6; 76,8)	76,8 - 15,4	20
	OE	59,8 (19,1)	53,8 (46,7; 67,9)	67,9 - 27,9	20
	AT/OI	61,7 (19,8)	65,7 (42,0; 74,1)	74,1 - 31,4	16
RMS	RA	52,0 (21,7)	55,7 (33,1; 67,8)	67,8 - 12,5	20
	OE	55,7 (21,5)	52,4 (40,3; 68,3)	68,3 - 26,3	20
	AT/OI	50,2 (19,3)	46,6 (37,3; 63,7)	63,7 - 20,3	16

RA= reto abdominal; OE=oblíquo externo; AT/OI=abdominal transverso e oblíquo interno; DP=desvio-padrão; IQR=intervalo interquartil; n=número de sujeitos; RMS=valor quadrático médio

**Testes de correlação**

*Entre métodos de avaliação funcional (EMGsvs.Biodex, IPAQ)*

Quando os resultados normalizados da EMGs foram correlacionados com o resultado dos testes isocinéticos e isométricos do Biodex (pico de torque), as correlações encontradas foram fracas e não significativas e variavelmente positivas ou negativas. A única exceção a essa regra foram os dados agonistas/antagonistas, que mostraram correlação fraca, mas sempre positiva e, às vezes, significativa (Figuras 3 e 4, Tabela 3).

A correlação dos resultados da EMGs com a circunferência da cintura sempre foi negativa e frequentemente forte e estatisticamente significativa. O IMC teve correlação negativa semelhante, mas com menor magnitude e significância. A correlação com o peso foi variável, mas predominantemente negativa. A correlação com a estatura foi predominantemente positiva, mas não alcançou significância estatística.

Quando os escores totais do IPAQ foram correlacionados com os dados da EMGs, houve tendência para correlação positiva. Correlações significativas foram encontradas entre os valores de pico e RMS do RA com o tempo total de caminhada (EMT-minutos/semana) em toda a etapa 1. Durante a etapa 2, os resultados foram positivos, mas sem significância estatística. Isso pode ser atribuído ao pequeno tamanho da amostra.

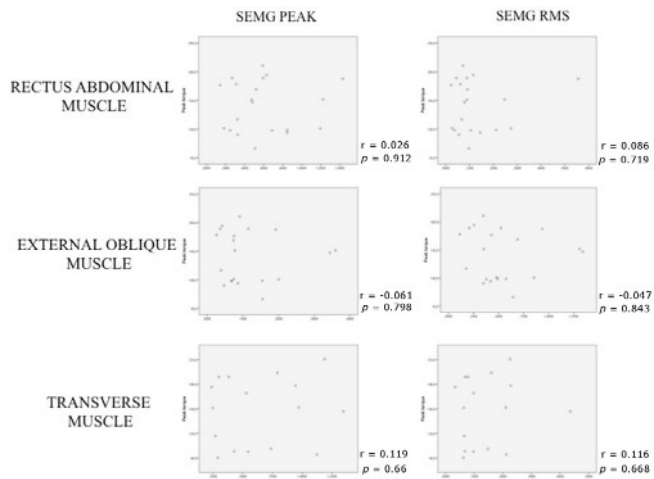


FIGURA 3 - Correlação entre o pico e o sinal RMS obtidos pela eletromiografia e os resultados do pico de torque obtidos no teste Biodex isocinético

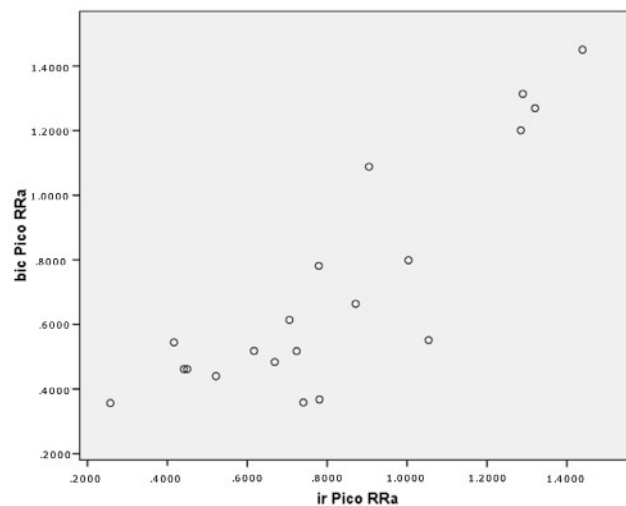


FIGURA 5 - Correlação entre os achados de EMGs obtidos pela análise do músculo reto abdominal durante o exercício isocinético (Biodex) e isométrico (prancha de antebraço). r=0.863; p<0.001

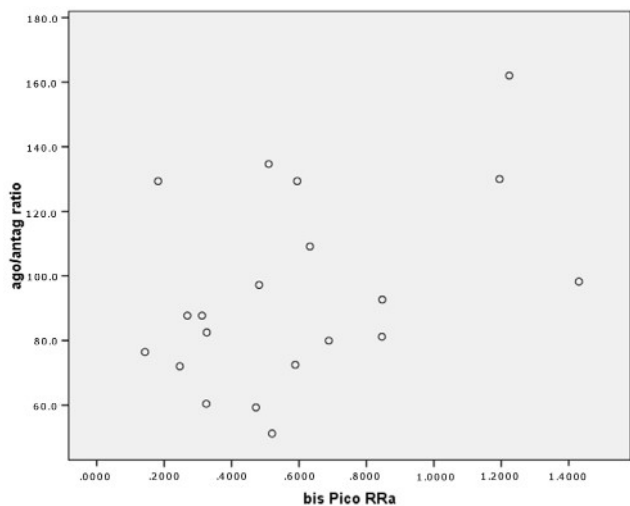


FIGURA 4 - Correlação da razão agonista/antagonista obtida no teste Biodex com sinal de pico do músculo reto abdominal obtido por EMGs durante exercício isocinético r=0.421; p=0.064.

*Entre diferentes exercícios de contração abdominal*

Sempre houve correlação forte, significativa e positiva entre os escores da EMGs para o pico e o RMS quando os escores de exercício da etapa 1 foram correlacionados com os escores da etapa 2 para RA, OE e OI/AT (Figura 5)

Como a normalização foi realizada especificamente para cada músculo e cada exercício com base na CVM, não foram feitas tentativas para avaliar a correlação entre diferentes músculos e diferentes testes.

## DISCUSSÃO

A compreensão da dinâmica contrátil dos músculos lombares, abdominais e pélvicos e sua interação como uma única unidade ao realizar movimentos e exercer força forneceu o arcabouço teórico para o conceito de “core” em anatomia e fisiologia. Esses conceitos de cinesiologia já foram aplicados ao estudo de diversas condições cuja patogênese está direta ou indiretamente associada à disfunção dos músculos que compõem esse sistema complexo<sup>2,13,17,28</sup>.

Na tentativa de possibilitar pesquisa mais aprofundada sobre as causas da lombalgia, os resultados do trabalho isocinético foram correlacionados com os achados eletrofisiológicos em vários estudos anteriores<sup>13,14,17,21</sup>.

No entanto, apenas recentemente o conhecimento da cinesiologia começou a ser considerado e aplicado ao estudo de condições patológicas que afetam diretamente a parede abdominal anterolateral. Vários instrumentos que pretendem avaliar a função da parede abdominal foram avaliados. As hérnias da parede abdominal têm um grande impacto na qualidade de vida dos pacientes. Como os avanços no reparo da hérnia levaram a melhores desfechos clínicos, o foco da pesquisa mudou para os resultados funcionais, concentrando-se particularmente em questões de qualidade de vida.

TABELA 3 - Correlações lineares entre os dados normalizados da EMGs e o pico de torque e os valores da razão agonista/antagonista obtidos no teste do Biodex

EMGs	Teste isométrico		Teste isocinético	
	Pico de torque	Razão agonista/antagonista	Pico de torque	Razão agonista/antagonista
Pico do músculo reto	0,026 (0,912) [20]	0,421 (0,064) [20]	-0,176 (0,459) [20]	0,405 (0,077) [20]
RMS do músculo reto	0,086 (0,719) [20]	0,289 (0,217) [20]	0,015 (0,949) [20]	0,240 (0,308) [20]
RMS do músculo transverso/oblíquo interno	0,116 (0,668) [16]	0,309 (0,244) [16]	0,176 (0,515) [16]	0,131 (0,630) [16]
Pico do músculo transverso/oblíquo interno	0,119 (0,660) [16]	0,348 (0,187) [16]	0,193 (0,473) [16]	0,238 (0,374) [16]
Pico do músculo oblíquo externo	-0,061 (0,798) [20]	0,493 (0,027) [20]*	0,113 (0,636) [20]	0,312 (0,181) [20]
RMS do músculo oblíquo externo	-0,047 (0,843) [20]	0,564 (0,010) [20]*	0,039 (0,872) [20]	0,425 (0,062) [20]

EMGs=eletromiografia de superfície; r=coeficiente de correlação de Pearson (p) [n]; \*p <0,05

Em 2011, Parker et al.<sup>20</sup> desenvolveram um estudo-piloto com o objetivo de elaborar um protocolo clínico para avaliar a força da parede abdominal em pacientes com hérnia da parede abdominal. Nesse estudo, eles testaram a confiabilidade e a reprodutibilidade de um protocolo de três etapas envolvendo movimentos funcionais. Porém, os resultados de seus testes eram dependentes de avaliação clínica. O uso de máquinas tornou essa análise menos subjetiva.

O sistema Biodex foi validado em pacientes com hérnia da parede abdominal principalmente com base em sua correlação com os resultados do IPAQ<sup>6</sup>. Johansson et al.<sup>10</sup> e denHartog et al.<sup>4</sup> utilizaram esse protocolo em pacientes após reparo de hérnia. Os primeiros não encontraram diferenças significativas em termos de ganho funcional ao comparar três técnicas de reparo de hérnia aberta. Já os últimos avaliaram os pacientes mais tarde, no período pós-operatório, e encontraram maior força da parede abdominal naqueles que foram submetidos a reparo de hérnia ventral aberta em comparação com os pacientes submetidos a reparo laparoscópico. A principal hipótese sugerida foi que a técnica laparoscópica não proporcionou fechamento completo dos defeitos de hérnia durante o reparo cirúrgico.

No entanto, Shestak et al.<sup>26</sup> foram os únicos autores a comparar pacientes no pré e pós-operatório. Utilizaram o dinamômetro Cybex e encontraram aumento na geração de força após o reparo da hérnia.

Ainda há falta de evidências sobre a função da parede abdominal em pacientes com hérnia. Apenas sete estudos foram encontrados na revisão de literatura mais recente no momento da redação de nosso artigo<sup>9</sup>. Ele é o primeiro a usar a eletromiografia em um protocolo de teste isocinético validado para pacientes com hérnia de parede abdominal. Contudo, não houve correlação significativa entre os resultados do sinal de ativação muscular obtidos na EMGs com os resultados dos testes isométricos e isocinéticos.

O nível de ativação não é um fator independente para a produção de torque durante a contração muscular, ou seja, a produção máxima de força durante a tarefa sob investigação não produz necessariamente um nível máximo de ativação e vice-versa. Espera-se que outros fatores desempenhem papel importante.

Alguns estudos<sup>24,25</sup> já mostraram correlação com achados de EMG e medidas de força. Por outro lado, Pope et al.<sup>21</sup> e McGill et al.<sup>14</sup> também não conseguiram encontrar correlação sempre linear entre atividade cinética e torque. Eles também identificaram interação significativa da ativação agonista/antagonista, o que leva a crer que, durante alguns movimentos, o papel do músculo é muito mais estabilizador do que gerador de torque. Kumar et al.<sup>13</sup> mostraram apenas fraca correlação entre os achados da EMGs e a força nas atividades de ativação isocinética e isométrica. Eles também encontraram relação paradoxal interessante envolvendo geração de torque e sinal de ativação muscular. Aumentar a velocidade do movimento de uma contração isocinética levou à diminuição no torque e aumento no sinal de EMGs. É necessária mais ativação muscular para garantir a estabilidade e deformar as estruturas ligamentares que, de acordo com a elasticidade, restringem a produção de movimento, diminuindo a produção de torque. Uma velocidade de movimento crescente pode ser fator de risco para lesão ligamentar se exceder a capacidade do mecanismo de segurança fornecido pela ativação muscular. Uma velocidade de movimento crescente pode ser fator de risco para lesão ligamentar se exceder a capacidade do mecanismo de segurança fornecido pela ativação muscular.

Estabilidade é a capacidade do corpo de controlar toda a amplitude de movimento de uma articulação, para que não haja deformidades importantes, déficit neurológico ou dor incapacitante<sup>19</sup>. A resposta cinemática dos músculos do tronco é proporcional à estabilidade da coluna vertebral. Em um estudo, a eletromiografia foi usada para avaliar diferentes dispositivos de instabilidade usados para treinar os músculos do core<sup>27</sup>. Em 20 pacientes, foram encontradas diferenças significativas na ativação muscular entre cinco exercícios. A única correlação encontrada

em nosso estudo envolveu dados únicos de torque relacionados à cooperação e à estabilidade intermusculares: a razão agonista/antagonista.

Na tentativa de obter reparos cirúrgicos mais funcionais, alguns autores defendem o fechamento da linha alba no tratamento de hérnias ventrais. Às vezes, é necessária a separação dos componentes da parede abdominal para garantir um reparo mais livre de tensão<sup>2</sup>. Recentemente, a técnica de liberação do músculo abdominal transversal (LAT) mostrou bons resultados e menor morbidade em longo prazo. Nessa técnica, a principal preocupação é com o sítio doador do retalho, no qual ocorre lesão do músculo transversal<sup>18</sup>.

O músculo abdominal transversal desempenha papel fundamental na estabilidade do tronco. Esse músculo é ativado ou "pré-ativado" 30 a 100 ms antes dos primeiros resultados da contração<sup>8</sup>. É um mecanismo essencial do core para proteger as vértebras e as articulações de lesões durante a geração do movimento.

No entanto, a técnica LAT parece não comprometer a estabilidade, promovendo melhora da lombalgia e qualidade de vida nos primeiros seis meses de pós-operatório. Neste estudo, os resultados da estabilidade puderam ser confrontados com os dados de ativação muscular para garantir que o desfecho do exercício realizado não seja simplesmente garantido pela atividade compensatória dos músculos agonistas e antagonistas<sup>7</sup>.

Uma compreensão mais profunda da mecânica da contração da parede abdominal é essencial para melhor tratamento de pacientes com hérnias abdominais, assim como a ortopedia fez para o joelho e a coluna. Um bom resultado cinemático é fundamental para a atividade física e, consequentemente, para a qualidade de vida.

## CONCLUSÃO

O presente estudo fornece a base para a avaliação eletromiográfica dos músculos envolvidos na contração da parede abdominal anterolateral após reconstrução e reparo abdominal complexos por meio de diferentes técnicas. Sugere-se que essa avaliação seja realizada paralelamente à avaliação da força, para que variáveis contínuas, normalizáveis e comparáveis possam ser obtidas para uso na avaliação funcional. A correlação positiva entre testes de ativação muscular e outros instrumentos de avaliação funcional, como o SF-36 e o IPAQ, sugere que a EMGs é um método válido e viável.

## REFERÊNCIAS

1. Beith ID, Harrison PJ. Stretch reflexes in human abdominal muscles. *Exp Brain Res*. 2004 Nov;159(2):206-13. <https://doi.org/10.1007/s00221-004-1948-4>.
2. Claus CMP, Malcher F, Cavazzola LT, Furtado M, Morrell A, Azevedo M, et al. Subcutaneous onlay laparoscopic approach (scola) for ventral hernia and rectus abdominis diastasis repair: technical description and initial results. *Arq Bras Cir Dig*. 2018;31(4):e1399. <https://doi.org/10.1590/0102-672020180001e1399>.
3. Cole MH, Grimshaw PN. Electromyography of the trunk and abdominal muscles in golfers with and without low back pain. *J Sci Med Sport*. 2008 Apr;11(2):174-81. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.02.006>.
4. Craig CL, Marshall AL, Sjostrom M, Bauman AE, Booth ML, Ainsworth BE, et al. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc*. 2003 Aug;35(8):1381-95. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000078924.61453.FB>.
5. denHartog D, Eker HH, Tuinebreijer WE, Kleinrensink GJ, Stam HJ, Lange JF. Isokinetic strength of the trunk flexor muscles after surgical repair for incisional hernia. *Hernia*. 2010 Jun;14(3):243-7. <https://doi.org/10.1007/s10029-010-0627-6>.
6. Eriksen JR, Poornorooy P, Jorgensen LN, Jacobsen B, Friis-Andersen HU, Rosenberg J. Pain, quality of life and recovery after laparoscopic ventral hernia repair. *Hernia*. 2009 Feb;13(1):13-21. <https://doi.org/10.1007/s10029-008-0414-9>.

7. Furtado M, Claus CMP, Cavazzola LT, Malcher F, Bakonyi-Neto A, Saad-Hossne R. Systemization of laparoscopic inguinal hernia repair (tapp) based on a new anatomical concept: inverted Y and five triangles. *Arq Bras Cir Dig*. 2019;32(1):e1426. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-672020180001e1426>.
8. Gunnarsson U, Johansson M, Strigard K. Assessment of abdominal muscle function using the Biodex System-4. Validity and reliability in healthy volunteers and patients with giant ventral hernia. *Hernia*. 2011 Aug;15(4):417-21. <https://doi.org/10.1007/s10029-011-0805-1>.
9. Haskins IN, Prabhu AS, Jensen KK, Tastaldi L, Krpata DM, Perez AJ, et al. Effect of transversus abdominis release on core stability: Short-term results from a single institution. *Surgery*. 2019 Feb;165(2):412-6. <https://doi.org/10.1016/j.surg.2018.08.005>.
10. Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Phys Ther* 1997 Feb;77(2):132-42; discussion 142-134. <https://doi.org/10.1093/ptj/77.2.132>.
11. Jensen KK, Kjaer M, Jorgensen LN. Abdominal muscle function and incisional hernia: a systematic review. *Hernia*. 2014 Aug;18(4):481-6. <https://doi.org/10.1007/s10029-014-1242-8>.
12. Johansson M, Gunnarsson U, Strigard K. Different techniques for mesh application give the same abdominal muscle strength. *Hernia*. 2011 Feb;15(1):65-8. <https://doi.org/10.1007/s10029-010-0745-1>.
13. Julious SA. Sample sizes for clinical trials with normal data. *Stat Med*. 2004 Jun;23(12):1921-86. <https://doi.org/10.1002/sim.1783>.
14. Kibler WB, Press J, Sciascia A. The role of core stability in athletic function. *Sports Med*. 2006;36(3):189-98. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636030-00001>.
15. Kumar S, Narayan Y, Garand D. An electromyographic study of isokinetic axial rotation in young adults. *Spine J*. 2003 Jan-Feb;3(1):46-54. [https://doi.org/10.1016/S1529-9430\(02\)00447-3](https://doi.org/10.1016/S1529-9430(02)00447-3).
16. Madureira FA, Gomez CLT, Almeida EM. Comparison between incidence of incisional hernia in laparoscopic cholecystectomy and by single port. *Arq Bras Cir Dig*. 2018;31(1):e1354. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-672020180001e1354>.
17. McGill SM. Electromyographic activity of the abdominal and low back musculature during the generation of isometric and dynamic axial trunk torque: implications for lumbar mechanics. *J Orthop Res*. 1991 Jan;9(1):91-103. <https://doi.org/10.1002/jor.1100090112>.
18. Monfort-Panego M, Vera-García FJ, Sánchez-Zuriaga D, Sarti-Martínez MA. Electromyographic studies in abdominal exercises: a literature synthesis. *J Manipulative Physiol Ther*. 2009 Mar-Apr;32(3):232-44. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2009.02.007>.
19. Ng JK, Kippers V, Richardson CA. Muscle fibre reorientation of abdominal muscles and suggested surface EMG electrode positions. *Electromyogr Clin Neurophysiol*. 1998 Jan-Feb;38(1):51-8. PMID: 9532434.
20. Ng JK, Richardson CA, Parnianpour M, Kippers V. EMG activity of trunk muscles and torque output during isometric axial rotation exertion: a comparison between back pain patients and matched controls. *J Orthop Res* 2002 Jan;20(1):112-21. [https://doi.org/10.1016/S0736-0266\(01\)00067-5](https://doi.org/10.1016/S0736-0266(01)00067-5).
21. Novitsky YW, Elliott HL, Orenstein SB, Rosen MJ. Transversus abdominis muscle release: a novel approach to posterior component separation during complex abdominal wall reconstruction. *Am J Surg* 2012 Nov;204(5):709-16. <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2012.02.008>.
22. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *J Spinal Disord* 1992 Dec;5(4):383-9; discussion 397. PMID: 1490034.
23. Parker M, Goldberg RF, Dinkins MM, Asbun HJ, Daniel Smith C, Preissler S, et al. Pilot study on objective measurement of abdominal wall strength in patients with ventral incisional hernia. *Surg Endosc* 2011 Nov;25(11):3503-8. <https://doi.org/10.1007/s00464-011-1744-8>.
24. Pope MH, Andersson GB, Broman H, Svensson M, Zetterberg C. Electromyographic studies of the lumbar trunk musculature during the development of axial torques. *J Orthop Res*. 1986;4(3):288-97. <https://doi.org/10.1002/jor.1100040305>.
25. Poulouse BK, Shelton J, Phillips S, Moore D, Nealon W, Penson D, et al. Epidemiology and cost of ventral hernia repair: making the case for hernia research. *Hernia*. 2012 Apr;16(2):179-83. <https://doi.org/10.1007/s10029-011-0879-9>.
26. Rivera CE. Core and Lumbopelvic Stabilization in Runners. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2016 Feb;27(1):319-37. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2015.09.003>.
27. Schultz AB, Andersson GB, Haderspeck K, Ortengren R, Nordin M, Bjork R. Analysis and measurement of lumbar trunk loads in tasks involving bends and twists. *J Biomech*. 1982;15(9):669-75. [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(82\)90021-5](https://doi.org/10.1016/0021-9290(82)90021-5).
28. Schultz A, Andersson GB, Ortengren R, Bjork R, Nordin M. Analysis and quantitative myoelectric measurements of loads on the lumbar spine when holding weights in standing postures. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1982 Jul-Aug;7(4):390-7. <https://doi.org/10.1097/00007632-198207000-00009>.
29. Shestak KC, Edington HJ, Johnson RR. The separation of anatomic components technique for the reconstruction of massive midline abdominal wall defects: anatomy, surgical technique, applications, and limitations revisited. *Plast Reconstr Surg*. 2000 Feb;105(2):731-8; quiz 739. <https://doi.org/10.1097/00006534-200002000-00041>.
30. Snarr RL, Hallmark AV, Nickerson BS, Esco MR. Electromyographical Comparison of Pike Variations Performed With and Without Instability Devices. *J Strength Cond Res*. 2016 Dec;30(12):3436-42. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001436>.
31. Valouchova P, Lewit K. Surface electromyography of abdominal and back muscles in patients with active scars. *J Bodyw Mov Ther*. 2009 Jul;13(3):262-7. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2008.04.033>.
32. van Ramshorst GH, Eker HH, Hop WC, Jeekel J, Lange JF. Impact of incisional hernia on health-related quality of life and body image: a prospective cohort study. *Am J Surg*. 2012 Aug;204(2):144-50. <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2012.01.012>.