

Avaliação mecânica da resistência de faixas elásticas

Mechanical evaluation of the resistance of elastic bands

Gilmar M. Santos¹, Graziela M. S. Tavares², Graziela de Gasperi², Giseli R. Bau³

Resumo

Contextualização: As faixas elásticas são frequentemente utilizadas em programas de treinamento resistivo, entretanto a seleção da progressão entre os níveis de resistência elástica é feita de maneira subjetiva em virtude da deficiência de dados quantitativos que expressem o valor da resistência em função da tração do material. **Objetivos:** Investigar a resistência elástica gerada em cada um dos oito níveis de resistências das faixas elásticas em 100% de alongamento e quantificar a variação existente de um nível para outro. **Métodos:** A amostra foi constituída de 80 corpos de prova, retirados dos oito níveis de resistência. O ensaio de tração nos corpos de prova modelo C foi realizado conforme a norma técnica ASTM D 412-06^a pela máquina universal de ensaios DL EMIC 3000. Cada ciclo de tração foi realizado na velocidade de 500 mm/seg. Para a análise estatística, utilizou-se o teste Anova one-way com nível de significância de $p < 0,05$. **Resultados:** A amostra apresentou diferença significativa da resistência elástica no espectro de níveis avaliados, exceto entre as resistências suaves (amarelo) e médias (vermelho). A análise da variação da resistência entre as faixas mostra que a dourada (máximo) oferece 5,13 vezes mais resistência que a branca (extrasuave), e a maior variação na progressão encontra-se entre as faixas preta e cinza. Além disso, o módulo de Young apresentou comportamento linear entre as diferentes cores. **Conclusões:** Os resultados mostraram que a variação da resistência elástica e da rigidez do material são progressivas entre os diferentes níveis. Além disso, os dados sugerem a possibilidade de progressão da faixa branca para a vermelha, eliminando a amarela na prescrição de exercícios de fortalecimento.

Palavras-chave: faixas elásticas; resistência elástica; ensaio de tração.

Abstract

Background: Elastic bands are frequently used for resistance training, however the selection of the bands to progress through the levels of elastic resistance is done in a subjective manner. This is due to the lack of quantitative data on the value of the material's resistance as a function of its tension. **Objectives:** To investigate the elastic resistance generated by each of the eight color-coded resistance levels of elastic bands, using 100% elongation, and to quantify the resistance variation from one level to the next. **Methods:** Tensile testing was performed in compliance with ASTM Standard D412-06a. The sample consisted of 80 die-cut test specimens (Die C) taken from the eight color-coded resistance levels. The sample was submitted to tensile testing in the universal testing machine EMIC DL-3000. Each of the tension cycles was performed at a speed of 500mm/sec. Statistical analysis was done using one-way ANOVA, with a significance level of $p < 0.05$. **Results:** The sample showed a significant difference between all levels of resistance, except for the yellow (thin) and red (medium) elastic bands. The variation in resistance between the bands shows that the gold (max) band offers 5.13 times more resistance than the tan (extra thin) band, and that the greatest variation in progressive resistance is between the black and the silver bands. In addition, Young's modulus showed linear behavior between the different colors. **Conclusions:** The results showed that the elastic resistance and stiffness of the material exhibits a linear and progressive variation. In addition, the data suggested the possibility of progressing from the tan band to the red band, skipping the yellow band, when prescribing resistance exercises.

Key words: elastic bands; elastic resistance; tensile testing.

Recebido: 10/10/2008 – **Revisado:** 19/12/2008 – **Aceito:** 14/04/2009

¹Departamento de Fisioterapia, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Florianópolis (SC), Brasil

²Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, UDESC

³Curso de Fisioterapia, UDESC

Correspondência para: Gilmar Moraes Santos, Rua Professor Bayer Filho, 125, Coqueiros, CEP 88080-300, Florianópolis (SC), Brasil, e-mail: d2gms@udesc.br

Introdução ::::

Materiais resistentes elásticos, como faixas e tubos, são ferramentas de baixo custo e altamente versáteis, frequentemente utilizados em programas de exercícios terapêuticos¹⁻³ devido à praticidade de os pacientes realizarem o treinamento em casa por meio de um grande número de arcos de movimentos, abrangendo tanto contrações excêntricas como concêntricas⁴. Segundo Pereira e Gomes⁵, o treinamento contrarresistência é uma ferramenta importante na prevenção e manutenção da qualidade de vida relativa à saúde, e as recomendações sugerem que ele deve fazer parte de programas de exercícios para adultos jovens e idosos.

A melhora na prescrição de protocolos para reeducação muscular (treinamento dinâmico de força) por parte dos fisioterapeutas passa pelo uso correto da faixa elástica com fins terapêuticos. Esses materiais surgiram na década de 80 nos ginásios de reabilitação dos Estados Unidos em forma de faixas elásticas (Thera-BandTM)⁶. No Brasil, usam-se em larga escala as faixas de látex fabricadas a partir de borracha sintética polimerizada, conhecida quimicamente como butadieno-estireno⁷. No entanto, as faixas elásticas produzidas pela Hygenic Corporation (Thera-BandTM) apresentam, em sua composição, o látex obtido a partir da borracha natural por apresentar melhor elasticidade e menor suscetibilidade ao rompimento⁸.

As empresas fabricantes de faixas e tubos elásticos proporcionam uma linha de produtos com diferentes níveis de resistência que normalmente são distinguidos por cores. Teoricamente, esse espectro torna possível ofertar ao paciente a faixa elástica que melhor corresponda ao grau de resistência adequado ao seu processo de reabilitação, ou seja, a força necessária para que ele consiga realizar o alongamento do material.

Hostler et al.⁹ analisaram a eficácia de um programa de treinamento utilizando a resistência elástica em adultos jovens e verificaram que, por meio de sua utilização, ocorreram adaptações na musculatura esquelética, tais como: aumento na percentagem de fibras classificadas como tipo IIab tanto em homens como em mulheres; diminuição da percentagem de fibras tipo IIb nos homens e mudanças menores na composição do tipo de fibra (IIb → IIab), no tamanho da fibra e na capilarização após um treinamento de curta duração.

Porém, uma desvantagem da utilização de resistência elástica é a força progressivamente crescente requerida com os estiramentos do material. Perto da extremidade da amplitude do movimento, um indivíduo pode não conseguir realizá-lo da maneira desejada, seja pela debilidade da musculatura em reabilitação, seja por se encontrar o músculo em uma posição encurtada num ponto em que a resistência do material é maior⁴.

Acredita-se que o uso inadequado do material pode ser prejudicial, pois a utilização de força, torque ou pressão

demasiadas pode causar inflamação, formação de quelóides cicatríciais ou até mesmo deformidades⁴. Outra desvantagem da resistência elástica reside no fato de que nem todos os materiais elásticos fornecem tensões similares⁴. Sendo assim, torna-se fundamental conhecer as propriedades mecânicas do material, o que implicaria a necessidade de definir a proporcionalidade entre as diferentes cores para a execução de um tratamento clínico adequado⁴, permitindo que o fisioterapeuta tenha maior controle sobre a carga oferecida a seu paciente.

Alguns estudos^{1,2,10,11} foram realizados a fim de se obterem essas propriedades elásticas. Esses estudos mostraram diferentes objetivos, tais como: estabelecer a relação stress-tensão de 12 amostras de faixas elásticas¹; testar, por meio de medição direta de força e por análise de movimento de abdução do ombro, seis cores de tubos elásticos durante o exercício de abdução de ombro, correlacionando força e porcentagens de mudanças do comprimento para cada cor²; mensurar a resistência em função dos alongamentos, tendo como amostra sete cores de faixas elásticas¹⁰, e quantificar a resistência (força em função do alongamento) de seis níveis, representados por meio de cores de faixas elásticas, permitindo a construção de um índice para a seleção das cores¹¹.

Contudo, nenhum desses estudos^{1,4,6,10} seguiu normas técnicas necessárias para a realização dos ensaios de tração sob condições controladas (temperatura, umidade, entre outras) e, dessa maneira, determinar as curvas que correlacionam a força exercida e a deformação causada no material. Além disso, acredita-se que a busca por dados objetivos possa melhor avaliar e direcionar o progresso do cliente, permitindo, dessa forma, um tratamento fisioterapêutico baseado em evidências. Adicionalmente, os autores^{1,4,6,10} anteriormente citados sugerem a realização de novas pesquisas que analisem a biomecânica do material elástico em ensaios controlados mecanicamente, a fim de conhecer a real variação da resistência em função do alongamento.

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo investigar a resistência elástica, ou seja, a força, em função do alongamento, gerada em cada um dos oito níveis das faixas elásticas no alongamento de 100% e quantificar a variação de resistência existente entre cada nível.

Materiais e métodos ::::

O presente estudo, do tipo experimental¹², foi realizado no Laboratório de Instrumentação (LABIN) do Centro de Ciências da Saúde e do Esporte (CEFID), no período de abril a maio de 2008. A amostra foi constituída de 80 corpos de prova, retirados dos oito níveis de resistência, os quais são representados em ordem crescente de resistência elástica pelas cores branco (extrasuave), amarelo (suave), vermelho (médio), verde (forte), azul

(extraforte), preto (forte especial), cinza (superforte) e dourada (máximo), sendo dez amostras de cada nível de resistência.

Instrumentos

Para o ensaio de tração, foi utilizada a Máquina Universal de Ensaio DL EMIC 3.000, eletromecânica, microprocessada com aquisição dos dados de força e deslocamento por meio do software Virmaq (versão 3.04) e Tesc (versão 3.04)¹³.

Neste ensaio, utilizou-se a célula de carga modelo PLA (Líder Balanças-SP), firmada em uma base rígida com capacidade nominal de 20 kgf. A célula de carga foi fixada entre o grampo de metal, usado para fixar o material elástico à base rígida, e a própria base rígida, sendo usada para medir a tensão produzida pelo material elástico. Os dados foram coletados em uma frequência de amostragem de 30 Hz por um sistema A/O de 12 bits e então armazenados em um computador.

Com a finalidade de obter os dados propostos por este estudo, realizou-se um ensaio de tração segundo a norma técnica ASTM D 412a¹⁴. Os corpos de prova foram retirados dos oito níveis de resistência elástica disponibilizados no mercado pela MERCUR S.A.[®], representante da Thera-Band[™] no Brasil. Para a confecção dos corpos de prova, foi utilizada a faca de corte para látex modelo AC5 09, que corresponde ao modelo C, conforme referido na norma. A escolha das faixas elásticas foi simplesmente baseada na intenção de testar um espectro que cruzasse todos os níveis de resistência que podem ser ofertados aos pacientes.

Depois de confeccionados, os corpos de prova foram padronizados e submetidos a um processo de medidas das dimensões de comprimento, largura e espessura, no qual se fez uso de um Paquímetro Digital marca Mitutoyo[®]. Obteve-se assim uma média, entre as 80 amostras, de 115 mm de comprimento, sendo cerca de 20 mm necessários para que cada extremidade da faixa fosse fixada com segurança nas pinças de metal. Também foram feitas medidas da largura dos corpos de prova ($\bar{x}=6,5 \text{ mm} \pm 0,11$) bem como da espessura ($\bar{x}=0,26 \text{ mm} \pm 0,18$).

Convencionou-se 75 mm de base como área efetiva de teste. A partir da padronização da base, determinaram-se três pontos da mesma em que, por meio de medições e obtenção da média correspondente, foram mensuradas a largura e a espessura da área útil a ser deformada durante o teste para cada corpo de prova.

A velocidade de alongamento foi padronizada em 500 mm/min, o que corresponde a um exercício realizado em uma velocidade muito lenta, simulando a utilização ideal da faixa elástica na prática clínica¹.

Cada corpo de prova sofreu um único alongamento, com média de 5 segundos. A partir do alongamento, foi possível determinar as 80 curvas de força versus percentual de deformação

do material em um alongamento de 100%, convencionado como a deformação máxima aparente executada por um paciente em sua utilização clínica.

Coleta de dados

Os corpos de prova foram submetidos ao controle de temperatura e umidade conforme a norma ASTM D 412a¹⁴ por, pelo menos, três horas de antecedência ao início dos ensaios e durante eles.

Para a realização do ensaio, cada peça foi fixada ao aparato de teste por meio das pinças de fixação, de forma que o material estivesse em seu comprimento de repouso. Durante o teste, cada corpo de prova foi submetido a um ciclo de alongamentos até que ocorresse a ruptura do material ou o desprendimento do mesmo das pinças ou o alongamento do material sem a ruptura e soltura com o retorno à posição inicial.

A tensão do material elástico (resistência a tração) foi mensurada durante todo o ensaio. Além disso, foi mensurada a variação da resistência elástica entre os diferentes níveis (cores) do material.

Neste estudo, optou-se por apresentar os resultados da resistência em newtons, em uma deformação de 100%. A escolha desse percentual de deformação originou-se a partir de um teste com um indivíduo simulando movimentos na articulação do ombro e joelho com a faixa elástica. Nesse teste, verificou-se que, nos movimentos realizados, o indivíduo não ultrapassou 100% de deformação.

Tratamento dos dados

Para a análise estatística entre os diferentes níveis de resistência em 100% de alongamento, utilizou-se o teste Anova one-way e o teste post-hoc Tukey, adotando-se um nível de significância de $p < 0,05$.

Resultados

Os resultados deste estudo (Tabela 1) evidenciaram diferença estatística significativa entre os níveis de resistência, exceto entre os níveis representados pelas faixas amarela e vermelha ($p=0,107$). Na Tabela 1, estão evidenciadas as forças médias e respectivos desvios-padrão, no alongamento de 100%, para cada nível de resistência das faixas elásticas. As forças são apresentadas em Newton (N) e representam, de maneira crescente, da faixa branca para a dourada, a resistência elástica. Em relação ao módulo de Young, os resultados mostraram a existência de um comportamento linear e progressivo na rigidez do material entre as diferentes cores

Tabela 1. Média e desvio-padrão da resistência elástica por nível de resistência elástica indicado por cor.

Cores	n	Resistência elástica	ρ
Dourado	10	12,4 N ($\pm 0,51$)	<0,01*
Cinza	10	8,6 N ($\pm 0,39$)	<0,01*
Preto	10	5,2 N ($\pm 0,22$)	<0,01*
Verde	10	4,3 N ($\pm 0,16$)	<0,01*
Azul	10	3,7 N ($\pm 0,09$)	<0,01*
Vermelho	10	2,7 N ($\pm 0,06$)	0,107
Amarelo	10	2,4 N ($\pm 0,16$)	0,107
Branco	10	2,0 N ($\pm 0,08$)	<0,01*

N=newton; n=amostra; Nível de significância= $\rho < 0,05$; * diferença estatisticamente significativa entre os diferentes níveis de resistência elástica.

Tabela 2. Média e desvio-padrão do módulo de Young, coeficiente de correlação de Pearson e coeficiente de determinação por nível de resistência elástica indicado por cor.

Cores	Módulo de Young (MPa)	r	r ²
Dourado	2,75 ($\pm 0,21$)	0,98	0,96
Cinza	2,43 ($\pm 0,11$)	0,98	0,96
Preto	2,22 ($\pm 0,12$)	0,97	0,95
Verde	2,47 ($\pm 0,09$)	0,97	0,95
Azul	2,31 ($\pm 0,09$)	0,97	0,97
Vermelho	2,28 ($\pm 0,06$)	0,97	0,95
Amarelo	2,56 ($\pm 0,11$)	0,97	0,94
Branco	2,00 ($\pm 0,69$)	0,97	0,95
Média	2,38 ($\pm 0,23$)	0,97	0,95

MPa=megapascal.

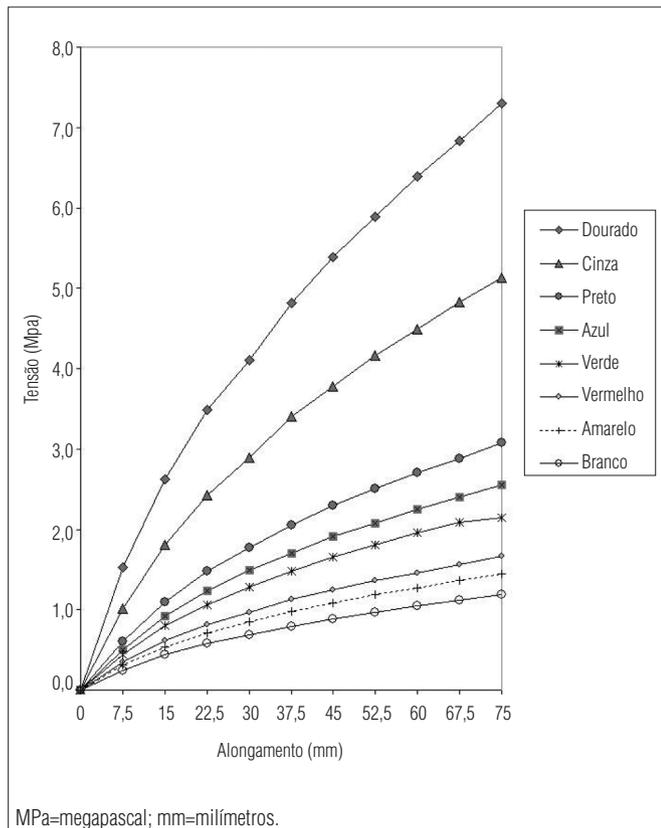


Figura 1. Curva de tensão até 100% de alongamento para cada cor.

(Tabela 2). Ainda nessa tabela, são mostrados os coeficientes de correlação de Pearson (r) e de determinação (r²) para os diferentes níveis de cores.

Na comparação das curvas tensão x alongamento entre os oito níveis de resistência (Figura 1), observa-se a inexistência de sobreposição entre elas, bem como comportamento progressivo na força necessária para deformar cada faixa nos níveis de resistência ofertados pelo fabricante.

A Figura 2 mostra a variação percentual da resistência elástica no espectro de níveis de resistência testado em 100% de deformação. Os resultados mostraram que a faixa dourada (12,4 N) oferece resistência 5,13 vezes maior que aquela apresentada pela faixa branca (2,0 N).

Discussão

Os resultados deste estudo mostraram que as relações força x deformação e tensão x alongamento das faixas elásticas usadas comumente nos exercícios terapêuticos apresentaram uma forte relação linear até a deformação de 100%, ou seja, o aumento de seu comprimento correspondeu a um aumento na resistência elástica e rigidez do material, com a sequência de cores branco, amarelo, vermelho, verde, azul, preto, cinza e dourado, indicando menor para maior, tanto resistência como rigidez. Além disso, os resultados evidenciaram valor médio de r² igual a 0,95, que estão de acordo com os obtidos por Hughes et al.² e Page, Labbe e Topp¹⁰ que também encontraram relação linear entre força/deformação, com valores médios de r² de 0,93 e 0,97, respectivamente. Nesse comportamento linear, observou-se uma variação percentual da faixa com menor resistência, branca, para a de maior resistência, dourada, de 513,8%.

Tais resultados mostraram que a inclinação da curva na relação força/deformação para cada cor da faixa elástica é variável. Para cada mudança na faixa elástica existe uma mudança

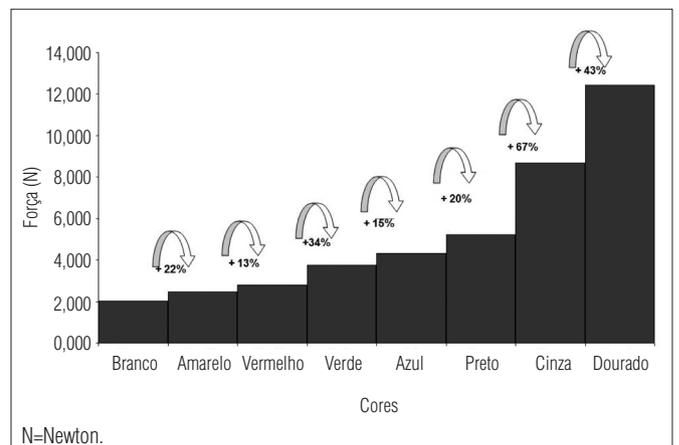


Figura 2. Variação percentual da resistência elástica entre as cores.

não uniforme na força de recuo. No mesmo nível de deformação, a mudança no nível da força de recuo é de 20 a 67% entre as sucessivas faixas elásticas. Sendo assim, verificou-se que o menor incremento de força, ou seja, menor progressão de dificuldade ocorre entre a faixa amarela e a faixa vermelha. Já o maior incremento de força, ou seja, a maior dificuldade de progressão ocorre entre a faixa preta e a cinza.

A diferença percentual de 13,1% na resistência elástica entre as faixas amarela e vermelha não foi significativa, sugerindo que, na prática clínica, a progressão entre as faixas pode ser feita diretamente da branca para a vermelha, em virtude dessa sobrecarga na resistência ser pequena. Adicionalmente, os dados evidenciam que cuidado dobrado deve ser tomado quando o fisioterapeuta adicionar sobrecarga na transição da faixa preta para a cinza, visto que essa transição mostrou o maior valor (67%) na variação da resistência elástica.

O'Brien¹⁵ e Mikesky et al.³ foram os primeiros a mencionar um método formal ou um procedimento mecânico para determinar a resistência elástica em função do alongamento antes de começar um programa de treinamento. Entretanto, os estudos encontrados na literatura^{1,4,6,10} que avaliaram as propriedades das faixas e tubos elásticos foram realizados por meio da análise em situações clínicas, o que torna difícil uma comparação mais precisa com os dados obtidos neste ensaio.

Embora o método escolhido neste estudo dificulte comparações com outros trabalhos, deve ser frisado que o mesmo baseia-se em normas técnicas internacionais de ensaios de tração, em que critérios de controle devem ser seguidos com a finalidade de se obterem corpos de prova de formas e dimensões padronizadas, para que os resultados obtidos possam ser comparados ou, se necessário, reproduzidos.

A Hygenic Corporation (Thera-BandTM)⁸, por meio do manual do fabricante para as faixas e tubos elásticos, fornece uma escala com as forças necessárias para o alongamento do material em diferentes porcentagens. Esses dados são oriundos de um estudo realizado por Page, Labbe e Topp¹⁰ que mensuraram a resistência em função dos alongamentos por meio da fixação de uma extremidade da faixa elástica a uma alça de exercício e a fixação da outra extremidade a um clip plástico que estava fixado a um *strain gauge* que quantificava a força gerada para os 0,5 quilo mais próximos, segundo um protocolo com amostras das sete cores (não foi testada amostra da faixa branca) cortadas em diferentes comprimentos. Cada faixa elástica foi alongada manualmente a uma taxa de 1 polegada/segundo, registrando-se alongamentos de 25% a 250% a partir do primeiro comprimento da amostra. A conclusão dos autores aponta que as faixas elásticas fornecem um consistente e previsível aumento da força em função do alongamento

em todos os níveis de resistência, resultados similares aos encontrados neste estudo.

Entretanto, não foi possível realizar uma comparação dos dados obtidos neste estudo com os dados fornecidos pelo fabricante em virtude do estudo referido¹⁰ não mencionar nenhuma norma técnica e por se tratarem de instrumentos e principalmente dimensões de corpos de prova bastante distintos. A maior limitação é decorrente da largura das amostras, variando de 6,5 mm, em média, no estudo aqui apresentado, a 100 mm no estudo realizado por Page et al.¹⁰, diferenças que influenciam diretamente a força necessária para o alongamento do material em virtude de se tratarem de áreas de secção diferentes. As alterações no comprimento não afetam a comparação das forças em razão de o alongamento percentualmente ser o mesmo¹⁶.

A partir das variações de resistências entre as cores das faixas elásticas, estabelecidas neste ensaio, é possível quantificar a sobrecarga que é ofertada ao paciente quando da substituição de um nível de resistência para outro. Também é possível estabelecer transições de níveis mais adequadas, ofertando uma progressão de resistências de acordo com a necessidade e a finalidade do tratamento e, desse modo, propiciar segurança, eficácia e objetividade quando da eleição de um plano de tratamento baseado na resistência elástica.

Além disso, acredita-se que, por meio de ensaios de tração que mensuram as propriedades do material elástico, protocolos de exercícios resistidos com a utilização de faixas elásticas possam ser validados.

Conclusões ::::

Após o ensaio de tração, os resultados mostraram que as faixas elásticas apresentam comportamento progressivo e linear na resistência elástica e rigidez do material entre as diferentes cores na deformação a 100%, comprovando que a ordem de cores, branco, amarelo, vermelho, azul, verde, preto, cinza e dourado, indica menor para maior resistência.

A análise da resistência elástica entre as faixas mostrou que a maior variação ocorre entre as cores preto e cinza, sugerindo que o fisioterapeuta tenha especial atenção no momento de optar por sobrecarga ao seu paciente quando da transição entre elas. Além disso, os resultados sugerem que é possível progredir da faixa branca para a vermelha, eliminando a necessidade da faixa amarela quando se prescreve um programa de exercícios para fortalecimento.

Finalizando, os resultados sugerem que a transição na resistência elástica entre as faixas branca, amarela, vermelha, azul, verde e preta pode ser utilizada com segurança durante o tratamento fisioterapêutico.

Agradecimentos : : : .

Este estudo contou com a colaboração das empresas: Carbor Tecnologia da Borracha Ltda, na confecção dos corpos

de prova; Mercur S.A., pela doação das faixas elásticas. Agradecemos, também, o apoio do Laboratório de Instrumentação (LABIN), da UDESC, em especial aos professores Noé Gomes Borges Júnior e Susana Domenech.

Referências bibliográficas : : : .

1. Simoneau GG, Bereda SM, Sobush DC, Starky AJ. Biomechanics of elastic resistance in therapeutic exercise programs. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2001;31(1):16-24.
2. Hughes CJ, Hurd K, Jones A, Sprigle S. Resistance properties of theraband tubing during shoulder abduction exercise. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1999;29(7):413-20.
3. Mikesky AE, Topp R, Wigglesworth JK, Harsha DM, Edwards JE. Efficacy of home based training program for older adults using elastic tubing. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1994;69(4):316-20.
4. Patterson RM, Stegink Jansen CW, Hogan HA, Nassif MD. Material properties of theraband tubing. *Phys Ther.* 2001;81(8):1437-45.
5. Pereira MIR, Gomes PSC. Efeito do treinamento contra-resistência isotônico com duas velocidades de movimento sobre os ganhos de força. *Rev Bras Med Esporte.* 2007;13(2):91-6.
6. Azevedo F, Alves N, Carvalho A, Negrão-Filho R. Avaliação da atividade elétrica do músculo bíceps braquial durante o exercício com uma resistência elástica, comparado ao exercício com uma resistência fixa. *Anais do II Congresso Latinoamericano de Engenharia Biomédica;* 2001 Maio 23-25; Havana. Cuba: Sociedade Cubana de Bioengenharia; 2001.
7. Benatti LN. Estudo da força gerada pelo grupo muscular isoquiotibial em exercícios resistidos [dissertação]. São Paulo (SP): Biblioteca Nacional de Teses e Dissertação da USP; 2005.
8. Resistance band & tubing: instruction manual. Akron: The Hygenic Corporation; 2006. Acesso em 08 de agosto de 2008. Disponível em: http://www.uwex.edu/ces/flp/conference/pdfs/06_current_concepts_Graf_manual.pdf.
9. Hostler D, Ischwirian CI, Campos G, Toma K, Crill MT, Hagerman GR, et al. Skeletal muscle adaptations in elastic resistance-trained young men and women. *Eur J Appl Physiol.* 2001;86(2):112-8.
10. Page PA, Labbe A, Topp RV. Clinical force production of theraband elastic bands. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2000;30(1):47-8.
11. Sakanoue N, Katayama K. The resistance quantity in knee extension movement of exercise bands (Thera-Band®). *J Phys Ther Sci.* 2007;19(4):287-91.
12. Rudio FV. Introdução ao projeto de pesquisa científica. 19ª ed. Petrópolis: Vozes; 1995.
13. EMIC Equipamentos e Sistemas de Ensaio LTDA [homepage na Internet]. Catálogos e folhetos em formato eletrônico. Máquinas universais de ensaios eletromecânicas e microprocessadas digital line. São José dos Pinhás (PR). 5ªed; [atualizada em 26 Jun 2007; acesso em 30 Mar 2008]. Disponível em: <http://www.emic.com.br/>.
14. American Society for Testing and Materials. ASTM D 412-06ae2: Standard test methods for vulcanized rubber and thermoplastic elastomers-tension. United States; 2006.
15. O'Brien JM. Isokinetic evaluation of the posterior rotator cuff musculature following a strengthening program utilizing rubber tubing. Springfield: Springfield College; 1992.
16. Hibbeler RC. Resistência dos materiais. 5ª ed. São Paulo: Prentice Hall; 2004.