

*Ensaios e Ciência*  
Ciências Biológicas,  
Agrárias e da Saúde

Vol. 15, Nº. 3, Ano 2011

**Kleber Algarve**

*Centro Universitário Anhanguera*  
*unidade Leme*  
klebinho\_nefc@hotmail.com

**Claudio de Oliveira Assumpção**

*Centro Universitário Anhanguera*  
*unidade Leme*  
coassumpcao@yahoo.com.br

**Thiago Mattos Frota de Souza**

*Centro Universitário Anhanguera*  
thiago\_mfs@hotmail.com

**Renato Molina**

*Universidade Estadual de São Paulo*  
*UNESP*  
molina.r@terra.com.br

Anhanguera Educacional Ltda.

Correspondência/Contato  
Alameda Maria Tereza, 2000  
Valinhos, São Paulo  
CEP 13.278-181  
rc.ipade@aesapar.com

Coordenação  
Instituto de Pesquisas Aplicadas e  
Desenvolvimento Educacional - IPADE

## EFEITO DO EXERCÍCIO EXCÊNTRICO EM CRIANÇAS

---

### RESUMO

Na prática de jogos desportivos ou brincadeiras a criança realiza grande variedade de movimentos como saltar, correr e girar. Esses movimentos são produzidos em grande parte através da contração excêntrica da musculatura. Desta forma, o objetivo do trabalho foi o de analisar o efeito do exercício excêntrico em crianças. A contração excêntrica é associada a um menor gasto energético e a um maior ganho de massa muscular, porém a sua prática tem sido associada ao relato de dor muscular tardia e a perda de força e *performance* muscular durante o período de recuperação. Em crianças foi possível identificar suscetibilidade a contração excêntrica, através da presença de indicadores de dano muscular. Contudo, em crianças, o grau de dor muscular tardia e diminuição da *performance* são significativamente menores do que o descrito em adultos. Essa diferença tem sido explicada por fatores da resposta imune, menor capacidade aeróbia e estilo de vida das crianças.

**Palavras-Chave:** crianças; contração excêntrica; dor muscular tardia; força muscular; dano muscular.

---

### ABSTRACT

In practice of sports games or games the child performs variety of movements such as jumping, running and turning. These movements occur through eccentric exercise. Thus, the aim of study was to analyze the effect of eccentric exercise in children. The eccentric contraction is associated with a lower energy expenditure and gain more muscle mass, but its practice has been associated with a report of delay onset muscle soreness and loss of muscle strength and performance during the recovery period. In children it was possible to identify susceptibility to eccentric contraction, through the presence of indicators of muscle damage. However, in children, the degree of delay onset muscle soreness and decreased performance are significantly lower than that reported in adults. This difference has been explained by factors of immune response, lower aerobic capacity and lifestyle of children.

**Keywords:** children; eccentric contraction; muscle soreness; muscle strength; muscle damage.

## 1. INTRODUÇÃO

Durante prática de jogos desportivos ou brincadeiras a criança realiza uma grande variedade de movimentos como saltar, correr e girar. Esses movimentos possuem grande componente excêntrico. A principal característica da contração excêntrica é a realização do alongamento com contração, ou seja, uma força contrária maior que a força do grupo muscular solicitado (KOMI, 2000).

A contração excêntrica possui a característica de menor gasto energético, além de possibilitar uma maior hipertrofia muscular, quando comparada com a contração concêntrica. A contração concêntrica possui a característica da diminuição do ventre muscular com deslocamento do corpo no sentido do movimento.

Os exercícios excêntricos estão presentes em quase todas as atividades aplicadas nas aulas de Educação Física. Contudo, esses tipos de atividades têm sido associados com dor muscular tardia, aumento das enzimas creatina quinase e lactato desidrogenase, diminuição da amplitude articular e diminuição da força muscular máxima (HOWARD; SOLEM, 2008).

Essas alterações apresentadas após a contração excêntrica foram bem descritas em adultos e são associadas com a presença de dano muscular (NEDER; NERY, 2003). Todavia, em crianças os efeitos da contração excêntrica têm sido pouco descritos.

Nos dias de hoje, com o aumento do sedentarismo e a obesidade infantil é necessário a prática de atividades físicas que atraiam as crianças proporcionando uma maior adesão às aulas de educação física escolar. Entretanto, exercícios realizados de maneira incorreta ou em quantidades e intensidades inadequadas, sem um ideal tempo de recuperação podem levar o aluno a uma sobrecarga muscular, associada com dor muscular tardia e grande desconforto para o aluno, o que pode causar um desinteresse pelas aulas de Educação Física.

A compreensão dos mecanismos associados à contração excêntrica e o desenvolvimento de indicadores de dano muscular poderiam acrescentar um conhecimento que permitiria ao profissional de Educação Física prescrever um correto protocolo de exercícios somado a um ideal tempo de recuperação, respeitando os limites da criança. Desta forma, o objetivo principal do trabalho foi analisar através de revisão de literatura os efeitos da contração excêntrica em crianças. Para tanto, inicialmente foi apresentada uma revisão sobre os aspectos do desenvolvimento de força muscular em crianças e dos aspectos gerais da contração excêntrica e seus indicadores.

## 2. DESENVOLVIMENTO DE FORÇA MUSCULAR EM CRIANÇAS

De acordo com Gallahue (2005), as crianças estão desenvolvendo constantemente força muscular durante brincadeiras diárias que englobem atividades correndo, andando de bicicleta, erguendo ou carregando objetos e brincando em “playground”.

A força muscular é uma capacidade física descrita por Fleck e Kraemer (1999) como a quantidade máxima de força que um músculo pode gerar em um padrão específico de movimento em uma determinada velocidade de movimento. Segundo Zakharov (1991), é a capacidade de superação da resistência externa e de contra-ação a esta resistência, por meio dos esforços musculares. “A resistência muscular é a habilidade do músculo ou de um grupo de músculos de desempenhar algum tipo de trabalho repetidamente, contra uma resistência moderada” (GALLAHUE, 2005, p. 287).

Estudos longitudinais realizados por Clarke (1971) revelam que ocorrem grandes aumentos na força muscular entre a faixa etária de 7 a 17 anos de idade. Demonstrando que durante a infância a estimulação da força pode proporcionar uma somatória evolução nessa capacidade física e que o sedentarismo pode diminuir o potencial de desenvolvimento do indivíduo.

Beunen e Thomis (2000) relataram que, dos 3 aos 6 anos de idade, as diferenças sexuais são mínimas, e que a força aumenta gradualmente com o passar dos anos. Esses aumentos anuais estão mais intimamente relacionados aos aumentos de tamanho e à melhora nas habilidades motoras fundamentais. Em meninos de 6 anos até o início da puberdade há um aumento linear gradual na força, com uma grande aceleração a partir dos 17 anos. Nas meninas a força linear aumenta até por volta dos 15 anos, seguido de um platô e de uma regressão no final da adolescência e um pouco depois. Os mesmos autores relataram ainda que a força aumenta mais rapidamente que o tamanho muscular, isto devido à melhora nas habilidades motoras e na coordenação, onde a contração máxima pode ser realizada.

Gallahue (2005) descreve que ocorre uma acentuada elevação anual da força muscular para meninos e meninas a partir dos 7 anos. De Ste Croix et al. (2003) relataram que o pico de altura ocorre por volta dos 11,4 a 12,2 anos nas meninas e nos meninos cerca de 13,4 a 14,4 anos e o pico de força ocorre aproximadamente um ano após o pico de altura, ou seja, dos 13 aos 14 anos as meninas estão na fase do pico de força, enquanto os meninos no pico de altura. E somente por volta dos 15 anos os meninos estarão no pico de força.

Gessell (1928) descreveu que a teoria maturacional de crescimento e desenvolvimento enfatiza a maturação do sistema nervoso central como principal condutor dos aspectos físicos e motores do comportamento humano. “A maturação é caracterizada por uma ordem fixa de progressão, na qual o ritmo pode variar, mas a sequência do surgimento das características geralmente não varia” (GALLAHUE, 2005, p. 15).

De acordo com De Ste Croix et al. (2003), a maturação sexual é um fator importante, pois se a maturação neural e a mielinização dos nervos musculares não estiverem completas, a mesma irá afetar o pico de torque, ou seja, com a mielinização dos nervos musculares completos a criança pode alcançar um maior pico de torque.

Com relação aos efeitos dos exercícios de força para crianças, inicialmente algumas descobertas sugeriram respostas negativas, sendo justificadas pelos baixos níveis de andrógenos na circulação em meninos pré-púberes e em mulheres de todas as idades. Legwold (1982) e Vrijens (1978) sugeriram que o treinamento de força era ineficiente para esses grupos. Em 1983, através de um trabalho a Academia Americana de Pediatria (2001) concluiu que o treinamento de força em crianças pré-púberes era aceitável se apropriadamente supervisionado, porém, em sua maior parte ineficiente.

Entretanto Bar-Or (1983) questionou que, se mulheres que têm baixo nível de testosterona são capazes de obter ganhos significativos, por que crianças pré-púberes não poderiam obter ganhos similares? Com isto, outros estudos enfatizaram que crianças podem obter ganhos significativos no aumento de força com duração e intensidade suficiente se realizados e supervisionados por profissionais capacitados (DUDA, 1986; SEWELL; MICHELL, 1984). Payne et al. (1997) relataram que se supervisionado corretamente o treinamento de força em crianças pré-púberes pode auxiliar no aumento de forças, além de contribuir na recuperação de lesões e na melhora de desempenho.

Com estes e outros estudos fizeram com que a Academia Americana de Pediatria (2001) atualizasse sua posição reconhecendo a eficácia do treinamento de força em crianças.

De acordo com Gallahue (2005), os hormônios anabólicos podem facilitar a síntese de proteínas, mesmos nos casos de mulheres de todas as idades e meninos pré-púberes que possuem baixo nível de andrógenos. O controle hormonal da síntese de proteínas no tecido muscular envolve a interação de muitos hormônios tanto hormônios anabólicos que são o hormônio que aumentam os músculos, quanto os hormônios catabólicos que são destruidores musculares.

De acordo com Bernuth et al. (1985), o exercício é o maior estímulo para a liberação do hormônio de crescimento em criança. Sendo que, o GH (Growth Hormone) é o hormônio de crescimento mais importante e é encontrado em crianças pré-púberes (GALLAHUE, 2005) e está diretamente relacionado com o aumento da força muscular. “A testosterona é um hormônio sexual básico vinculado aos enormes ganhos de força muscular em meninos adolescentes” (GALLAHUE, 2005, p. 292).

### 3. CONTRAÇÃO EXCÊNTRICA

Segundo Armstrong (1991), contrações excêntricas ocorrem quando uma força externa é maior que a exercida pelo músculo e, conseqüentemente, leva a um alongamento do músculo, enquanto a tensão é gerada. O torque gerado pela contração excêntrica máxima é importante e pode ser muito superior que contrações concêntricas e isométricas voluntárias máximas (WOLEDGE, 1985).

De acordo com Dudley (1991) torque produzido durante a contração excêntrica excede em muito o produzido em outros tipos de contração, o custo metabólico e a ativação neural é menor por unidade de torque. Durante a contração excêntrica as proteínas não contráteis dos músculos geram adicional tensão gerando menor ativação neural quando comparados com a contração concêntrica e isométrica. Komi (2000) tem descrito a importância das proteínas não contráteis no desenvolvimento do ciclo alongamento-encurtamento durante atividades como o salto. Durante o ciclo alongamento-encurtamento, a energia potencial absorvida será utilizada no movimento posterior gerando menor gasto calórico e menor ativação neural. Byrne e Eston (2002) realizaram comparação entre a sobrecarga durante salto em profundidade, salto contra-movimento e salto não contra-movimento. Os autores verificaram maior solicitação metabólica e menor *performance* quando o exercício era realizado sem anterior contração excêntrica, ou seja, sem a presença do ciclo alongamento-encurtamento (KOMI, 2000).

Apesar desse melhor desempenho durante a contração excêntrica, têm sido largamente descrito na literatura que exercícios excêntricos podem ser associados ao desenvolvimento de dano muscular. Segundo Peake (2005) o exercício excêntrico geralmente resulta em lesão muscular devido à falta de adaptação ao exercício excêntrico.

A lesão muscular associada ao exercício excêntrico tem sido caracterizada por mudanças ultra-estruturais na arquitetura muscular. Segundo Peake (2005), a resposta inflamatória à lesão muscular induzida pelo exercício é caracterizada por infiltração de leucócitos e produção de citosinas pró-inflamatórias dentro do tecido muscular

danificado, liberação sistêmica de citosinas e leucócitos, além de alterações na expressão do receptor de leucócitos e atividade funcional (PEAKE 2005).

Segundo Howatson (2008) a lesão se manifesta como uma redução de produção de força e aumento da tensão passiva e ocorre um aumento de dor e inchaço no grupo muscular envolvido e um aumento no sangue por via intramuscular.

A dor muscular tardia (DMT) é citado na literatura internacional como *delayed onset muscle soreness* (DOMS) é talvez a mais comum e recorrente forma de injúria esportiva (CHEUNG; HUME; MAXWELL, 2003), sendo que a intensidade do desconforto aumenta dentro de 24h e, usualmente, tem o pico dentro de 24h a 72h após o exercício (ARMSTRONG, 1984). Estes sintomas podem persistir por mais de 10 dias (CLARKSON; NOSAKA; BRAUN, 1992), sendo, porém, de 3 a 7 dias o mais comum.

Contudo, outras consequências também são relacionadas com exercícios excêntricos: aumento específico da atividade de enzimas musculares como creatina kinase (CK) e lactato desidrogenase (LDH) (BROWN; DAY; DONNELLY, 1999); aumento da pressão intramuscular (FRIDÉN; SFAKIANOS; HARGENS, 1986); inflamação; edema (CLARKSON; SAYERS, 1999); inchaço (SORICHTER; MAIR; KOLLER; MULLER; KREMSER; JUDMAIER; HAID; CALZOLARI; PUSCHENDORF, 2001); desconforto no local da injúria e pontos de inserção do tendão (MACINTYRE; REID; MCKENZIE, 1995) e; mudança na reposta aferente originada do fuso muscular, órgão tendinoso de Golgi (OTG) e grupos III e IV de nervos aferentes (KOMI, 2000).

As mudanças associadas à dor muscular tardia podem prejudicar a microcirculação do músculo (fluxo sanguíneo capilar). Há evidências de que exercício excêntrico, que resulte em DMT, pode determinar efeitos sobre o metabolismo muscular. A razão do fosfato inorgânico (Pi) e fosfocreatina (PCr) são elevadas em repouso por até alguns dias depois do exercício excêntrico (MCCULLY; SHELLOCK; BANK; POSNER, 1992) e a resposta do lactato sanguíneo, para o padrão submáximo e máximo de exercício, é também elevada (GLEESON; BLANNIN; ZHU; BROOKS; CAVE; 1995; GLEESON; BLANNIN; WALSH; FIELD; PRITCHARD, 1998).

Exercícios excêntricos com intensidades moderadas já podem causar dano muscular afetando o desempenho muscular (PASCHALIS; KOUTEDAKIS, JAMURTAS; MOUGIOS; BALTZOPOULOS, 2005). Esses mesmos autores verificaram que o pico de torque excêntrico e isométrico sofre grandes declínios depois de uma sessão de exercícios excêntricos de alta intensidade, comparados com os de baixa intensidade, confirmando os resultados encontrados por Koutedakis, Frischknecht e Murthy (1997) e Derrick, Hamill e Goldswell (1998), respectivamente. Esses resultados poderiam ser atribuídos ao fato de que

altas intensidades de exercício recrutaram principalmente fibras tipo II, as quais são mais suscetíveis ao dano muscular comparado às fibras tipo I (DUTTO; BRAUN, 2004).

O recrutamento das unidades motoras, com o aumento da produção de força, é direcionado das unidades motoras lentas oxidativas para as unidades motoras rápidas oxidativas e então, para as unidades motoras rápidas glicolíticas. Contudo, há evidências de que durante a contração excêntrica, ocorre preferencialmente recrutamento das unidades motoras glicolíticas rápidas (NARDONE; ROMANO; SCHIEPPATI, 1989). Portanto, este recrutamento preferencial das unidades motoras glicolíticas rápidas pode explicar a grande suscetibilidade deste tipo de fibra muscular ao dano.

Exercícios que não são realizados comumente, e em especial, aqueles com características de intensa contração excêntrica, induzem significativo dano no sarcômero, retículo sarcoplasmático, túbulos-T e sarcolema (PROSKE; ALLEN, 2005).

Segundo Proske (2005), quando miofibrilas dentro de uma fibra muscular são alongadas durante a contração, alguns sarcômeros são mais resistentes ao alongamento do que outros. Consequentemente, os sarcômeros absorvem o mais fraco do trecho, e em função da relação comprimento-tensão, os sarcômeros se tornam mais fracos até que haja pouca ou nenhuma sobreposição entre os miofilamentos. Durante repetidas contrações excêntricas, em primeiro lugar os mais fracos e, em seguida, os sarcômeros são progressivamente mais sobrecarregados. Durante a fase de relaxamento muscular, os miofilamentos de sarcômeros sobrecarregados podem não conseguir reconectar, resultando em sarcômeros interrompidos. Este rompimento estrutural pode se espalhar para áreas adjacentes do músculo, e podem levar a danos nas membranas do retículo sarcoplasmático, túbulos transversais ou o sarcolema. Ao mesmo tempo, acoplamento excitação-contração é interrompida, e  $Ca^{2+}$  move-se livremente no sarcoplasma onde ativa vias proteolíticas relacionadas com a degradação da fibra muscular e reparação.

Segundo Braun e Dutto (2003), os índices bioquímicos associados com dano muscular incluem a elevação das enzimas de degradação do colágeno, aumento da concentração da CK, leucócitos, neutrófilos e mioglobina, nos dias seguintes a sessão de exercício. Destes índices, a CK tem sido a mais utilizada como um indicador de dano muscular, porém, uma alta variabilidade na resposta da enzima tem sido observada em humanos.

A perda da força (potência ou torque muscular) tem sido comumente relatada dentro das primeiras 2h após a sessão de exercício que gerou o dano muscular (MACINTYRE; REID; MCKENZIE, 1995), ao passo que a concentração de CK tem seu pico de 1 a 4 dias (CLARKSON; NOSAKA; BRAUN, 1992). Brachalis, Kostadakis, Jarmantas

Mougiou e Baltzopoulos (2005) verificaram uma dissociação entre o tempo de dano muscular e desempenho muscular. Segundo os autores, enquanto significativo dano muscular foi mensurado ao longo do exercício, o desempenho do músculo foi somente afetado 24h após o exercício. E os parâmetros do desempenho muscular foram recuperados mais rápidos, do que o dano muscular, sugerindo que os exercícios excêntricos prejudicam, principalmente, as fibras musculares fracas e aquelas perto do fim do ciclo de suas vidas, permitindo que as fibras mais jovens sejam menos afetadas.

A dor muscular tardia (PROU; GUEVEL; BENEZET; MARINI, 1999) e a amplitude de movimento (SAYERS, PETERS; KNIGHT; URSO; PARKINGTON; CLARKSON, 2003), também têm sido usadas como indicadores indiretos na avaliação do dano muscular. Esses parâmetros são associados com processo inflamatório (HIKIDA, STARON, HAGERMAN, SHERMAN, COSTILL, 1983) e ativação de receptores intramusculares (McCLOSKEY; CROSS; HONNER; POTTER, 1983). Dor e desconforto associados com DMT são usualmente muito severos nas regiões músculo-tendinosas. Atividade excêntrica, associada à DMT resulta em direta pressão sobre os componentes elásticos do músculo (CRAMERI; AAGAARD; QVORTRUP; LANGBERG; OLESEN; KJAER, 2007).

#### 4. CONTRAÇÃO EXCÊNTRICA NA CRIANÇA

O torque máximo ocorre em um maior ângulo de articulação (maior comprimento muscular) em crianças do que em adultos. Isto ocorre devido à extensibilidade e flexibilidade (passiva) do músculo do quadríceps que é significativamente maior nas crianças do que nos adultos (MARGINSON; ESTON, 2001).

McHugh e Tetro (2003) e McHugh e Pasiskos (2004) relatam que após uma seqüência de exercício excêntricos nos adultos, ocorre uma diminuição de força e mudança da relação comprimento-tensão, que é relacionado à dor muscular após a primeira série de exercícios. Contudo, em crianças a curva do ângulo articular é deslocada para um maior alongamento, o que pode justificar a menor suscetibilidade ao dano muscular por contração excêntrica.

Os estudos de McHugh et al. (2004) que relacionaram o adaptativo efeito protetor de exercícios com músculos alongados após exercício excêntrico suportam a hipótese de que as crianças são menos suscetíveis a dor muscular tardia. Outro fator importante, é que as crianças apresentam níveis mais elevados de atividades físicas diárias do que os adultos (ROWLAND, 1996), que tipicamente envolvem pular, saltar, escalar, ou seja,



atividades protetoras que podem justificar menor presença de dor muscular tardia. Esse resultado foi confirmado por Margison et al. (2005) ao analisar comparativamente a dor muscular tardia de adultos e crianças, após protocolo de 8 séries de 10 saltos. Margison et al. (2005) fizeram uma comparação entre a resposta da dor muscular tardia de crianças e adultos após um protocolo de exercícios excêntricos, demonstrando os menores valores para as crianças. Neste mesmo estudo foi possível ainda identificar o maior efeito protetor do exercício excêntrico nos adultos do que nas crianças, quando analisada a dor tardia após um segundo protocolo de exercícios excêntricos com o intervalo de uma semana.

O efeito do dano muscular associado ao exercício excêntrico tem sido descrito como ter menor efeito sobre a *performance* de crianças do que em adultos (MARGISON et al., 2005; SOARES et al., 1996). Segundo os autores, a força isométrica de crianças diminui logo após o exercício excêntrico, porém 24 h já está recuperada. Por outro lado, no adulto a diminuição da força se prolonga por 72 h. Além disso, o efeito protetor do exercício excêntrico para os adultos, descrito anteriormente, para a dor muscular tardia, também é notado através de uma menor perda de força em um segundo protocolo realizado com uma semana de intervalo.

No estudo de Margison et al. (2005) é possível observar que nos adultos ocorreu interação entre protocolo  $\times$  tempo; a análise mostrou um efeito na repetição do protocolo em que a força foi menor no segundo protocolo do que após o primeiro protocolo em 30 minutos, 24h, 48h e 72h pós-exercício.

No mesmo estudo foi descrito a *performance* em saltos, durante a recuperação, após o protocolo de exercícios excêntricos. Os autores demonstraram que nas crianças ocorreu uma queda logo após da *performance*. Contudo, ocorre rápida recuperação, com os resultados voltando aos valores prévios 24h após o protocolo de exercícios excêntricos. Nos adultos ocorreu um maior efeito do exercício excêntrico, interferindo negativamente na *performance* de saltos logo após e mantida essa característica por vários dias.

A menor perda da *performance*, após um segundo protocolo de exercícios excêntricos, com intervalo de uma semana, confirma o efeito protetor do exercício excêntrico em adultos, porém em crianças esse efeito parece ter um efeito de produzir maior *performance* do que os valores iniciais (MARGISON et al., 2005).

Segundo Timmons (2006) em comparação com os adultos, as crianças geralmente têm perturbações menores para o sistema imunitário em resposta ao exercício com a mesma duração e intensidade. As crianças também demonstram uma recuperação mais rápida dos componentes imunes após o exercício. Pós-exercício a recuperação dos neutrófilos também é mais rápida em crianças do que em adolescentes.

Este estudo fornece provas convincentes de que as crianças possam ser resistentes a uma maior resposta inflamatória relacionada ao exercício agudo. Arnett et al. (2000), Marginson et al. (2005) e Soares et al. (1996) mostraram ainda que os marcadores de lesão muscular após o exercício excêntrico são menores nas crianças do que em adultos. A interleucina IL-6 que é uma citosina antiinflamatórias que pode ser liberada durante a contração do músculo esquelético, podendo refletir as propriedades antiinflamatória do exercício (PETERSEN, 2005).

Tem sido descrito, que durante muitas atividades as crianças oxidam gordura ao invés de carboidratos como fonte de combustível endógena durante o exercício. Assim, se os níveis de glicogênio muscular das crianças não são reduzidos durante o exercício, a sinalização intracelular de IL-6 pode também ser reduzida. Em termos imunológicos, é menor a resposta IL-6 durante e após o exercício que é consistente com uma menor resposta inflamatória em crianças (TIMMONS, 2003; MAHON, 1997; MARTINEZ, 1992).

Como citado anteriormente, outro fator influente que pode contribuir para as respostas inflamatórias é o alongamento que é proposto para diminuir a rigidez passiva ou ativa do músculo esquelético, tornando-o mais compatível com a contração excêntrica e reduzindo assim a quantidade de danos mecânico primário (MARGINSON, 2005). Pizza et al. (2002) mostraram que o alongamento passivo realizado antes do exercício excêntrico reduz a resposta inflamatória, sugerindo que, maior alongamento pode proteger contra o dano da célula muscular induzida pelo exercício excêntrico.

A maior proporção de fibras rápidas em músculos adultos é a melhor explicação para a maior potência em adultos. É possível que a alta potência em adultos resulte em maior sobrecarga por fibra muscular, o que induz maior dano muscular e gera mais severos sintomas de dano muscular. Desta forma, o dano muscular tem sido relatado ocorrer predominantemente em fibras rápidas, devido essas fibras serem mais suscetíveis ao dano. A menor proporção desse tipo de fibras em crianças por ser uma outra explicação para os menores sintomas relacionados ao exercício induzindo dano muscular.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do trabalho foi possível concluir que as crianças são suscetíveis a dano muscular associado ao exercício excêntrico. Contudo, os indicadores de dano muscular como dor tardia e perda de *performance* são menores quando comparados com os níveis descritos em adultos. Fatores como a resposta imune, menor capacidade anaeróbia e estilo de vida tem

tido descritos na literatura como possíveis processos protetores do dano muscular associados ao exercício excêntrico.

## REFERÊNCIAS

- AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS. Strength training by children and adolescents. **Pediatrics**, v.107, n.6, p.1470-1472, 2001.
- ARMSTRONG, R.B. Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: A brief review. **Med Sci Sports Exerc**, v.16, p.529-38, 1984.
- ARMSTRONG, R.B.; WARREN, G.L.; WARREN, J.A. Mechanisms of exercise-induced muscle fibre injury. **Sports Med**, v.12, p.184-207, 1991.
- ARNETT, M.G.; HYSLOP, R.; DENNEHY, C.A.; SCHNEIDER, C.M. Age-related variations of serum CK and CK MB response in females. **Can. J. Appl. Physiol.**, v.25, p.419-429, 2000.
- BAR-OR, O. **Pediatric Sports Medicine for the Practitioner**. New York: Springer-Verlag, 1983.
- BERNUTH, G.A. et al. Age, exercise, and the endocrine system. In: FOTHERBY, K.; PAL, S.B. (Eds.). **Exercise Endocrinology**. New York: Walter The Gruyter, 1985.
- BEUNEN, G.; THOMIS, M. Muscular strength development in children and adolescents. **Pediatric Exercise Science**, v.12, p.174-197, 2000.
- BRAUN, W.A.; DUTTO, D.J. The effects of a single bout of downhill running and ensuing delayed onset of muscle soreness on running economy performed 48 h later. **Eur J Appl Physiol**, Berlin, v.90, p.29-34, 2003.
- BROWN, S.; DAY, S.; DONNELLY, A. Indirect evidence of human skeletal muscle damage and collagen breakdown after eccentric muscle actions. **J. Sports Sci**, London, v.17, p.397-402, 1999.
- BYRNE, C.; ESTON, R.G. Maximal-intensity isometric and dinamoc exercise performance after eccentric muscle actions. **J Spots Sci**, v.20, p.1-9, 2002.
- CHEUNG, K.; HUME, P.A.; MAXWELL, L. Delayed onset muscle soreness: Treatment strategies and performance factors. **Sports Med**, Auckland, v.33, p.145-64, 2003.
- CLARKE, H.H. **Physical motor test in the Medford Boys Growth study**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1971.
- CLARKSON, P.M.; NOSAKA, K.; BRAUN, B. Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. **Med Sci Sports Exerc**, v.24, p.512-520, 1992.
- CLARKSON, P.M.; SAYERS, S.P. Etiology of exercise-induced muscle damage. **Can J Appl Physiol**, v.24, p.234-48, 1999.
- CRAMERI, R.M.; AAGAARD, P.; QVORTRUP, K.; LANGBERG, H.; OLESEN, J.; KJAER, M. Myofibre damage in human skeletal muscle: effects of electrical stimulation versus voluntary contraction. **J. Physiol**, v.583, n.1, p.365-80, 2007.
- DE STE CROIX, M.B.A.; DEIGHAN, A.; ARMSTRONG, N. Assessment and Interpretation of Isokinetic Muscle Strength During Growth and Maturation. **Sports Med**, v.33, n.10, p.727-743, 2003.
- DERRICK, T.R.; HAMILL, J.; CALDWELL, G.E. Energy absorption of impacts during running at various stride lengths. **Med Sci Sports Exerc**, v.30, p.128-35, 1998.
- DUDA, M. Prepubescent strength training gains support. **The Physician and Sports Medicine**, v.14, n.2, p.157-161, 1986.
- DUDLEY, G.A.; TESH, P.A.; MILLER, B.J.; BUCHANAN, P. Importance of eccentric actions in performance adaptations to resistance training. **Aviat Space Environ Med**, v.62, p.543-50, 1991.
- DUTTO, D.J.; BRAUN, W.A. DOMS-associated changes in ankle and knee joint dynamics during

- FLECK, S.J.; KRAEMER, W.J. **Fundamentos do treinamento de força muscular**. Porto Alegre: Ed. Artmed, 1999.
- FRIDÉN, J.; SFAKIANOS, P.N.; HARGENS, A.R. Muscle soreness and intramuscular fluid pressure: comparison between eccentric and concentric load. **J Appl Physiol**, v.61, p.2175-9, 1986.
- GALLAHUE, D.L.; OZMUN, J.C. **Compreendendo o desenvolvimento motor**. Bebês, crianças e adultos. 3.ed. Editora Forte, 2005.
- GESSELL, A. **Infancy and Human Growth**, 1928. New York: Macmillan.
- GLEESON, M.; BLANNIN, A.K.; WALSH, N.P.; FIELD, C.N.; PRITCHARD, J.C. Effect of exercise-induced muscle damage on the blood lactate response to incremental exercise in humans. **Eur J Appl Physiol**, v.77, p.292-5, 1998.
- GLEESON, M.; BLANNIN, A.K.; ZHU, B.; BROOKS, S.; CAVE, R. Cardiorespiratory, hormonal and haematological responses to submaximal cycling performed 2 days after eccentric or concentric exercise bouts. **J Sports Sci**, v.13, p.471-9, 1995.
- HIKIDA, R.S.; STARON, R.S.; HAGERMAN, F.C.; SHERMAN, M.W.; COSTILL, D.L. Muscle fiber necrosis associated with human marathon runners. **J Neurol Sci**, v.59, p.185-203, 1983.
- HOWARD AND SOLEM. Protein-facilitated ribozyme and catalysis 2008. Department of Molecular Biophysics and Biochemistry, Yale University, New Haven, Connecticut 06520, USA.
- HOWATSON, G.; VAN SOMEREN, K.A. The Prevention and Treatment of Exercise-Induced Muscle Damage. **Sports Med**, v.38, n.6, p.483-503, 2008.
- KOMI, P.V. Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. **J Biomech**, v.33, p.1197-206, 2000.
- KOUTEDAKIS, Y.; FRISCHKNECHT, R.; MURTHY, M. Knee flexion to extension peak torque ratios and low-back injuries in highly active individuals. **Int J Sports Med**, v.18, p.290-5, 1997.
- LEGWOLD, G. Does lifting weights harm a prepubescent athlete? **The physician and Sportmedicine**, v.10, n.7, p.141-144, 1982.
- MACINTYRE, D.L.; REID, W.D.; MCKENZIE, D.C. Delayed muscle soreness. The inflammatory response to muscle injury and its clinical implications. **Sports Med**, v.20, p.24-40, 1995.
- MAHON, A.D.; DUNCAN, G.E.; HOWE, C.A.; DEL CORRAL, P. Blood lactate and perceived exertion relative to ventilatory threshold: boys versus men. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.29, p.1332-1337, 1997.
- MARGINSON, V.; ROWLANDS, A.V.; GLEESON, N.P.; ESTON, R.G. Comparison of the symptoms of exercise-induced muscle damage after an initial and repeated bout of plyometric exercise in men and boys. **J. Appl. Physiol.**, v.99, p.1174-1181, 2005.
- MARGINSON, V.F.; ESTON, R.G. The relationship between torque and joint angle during knee extension in boys and men. **J Sports Sci**, v.19, p.875-880, 2001.
- MARTINEZ, L.R.; HAYMES, E.M. Substrate utilization during treadmill running in prepubertal girls and women. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.24, p.975-983, 1992.
- McCLOSKEY, D.I.; CROSS, M.J.; HONNER, R.; POTTER, E.K. Sensory effects of pulling or vibrating exposed tendons in man. **Brain**, Oxford, v. 106(Pt 1), p. 21-37, 1983.
- McCULLY, K.; SHELLOCK, F.G.; BANK, W.J.; POSNER, J.D. The use of nuclear magnetic resonance to evaluate muscle injury. **Med Sci Sports Exerc**, v.24, p.537-42, 1992.
- MCHUGH, M.P.; PASISKOS, S. The role of exercising muscle length in the protective adaptation to a single bout of eccentric exercise. **Eur J Appl Physiol**, v.93, p.286-293, 2004.
- MCHUGH, M.P.; TETRO, D.T. Changes in the relationship between joint angle and torque production associated with the repeated bout effect. **J Sports Sci**, v.21, p.927-932, 2003.
- NARDONE, A.; ROMANO, C.; SCHIEPPATI, M. Selective recruitment of high-threshold human motor units during voluntary isotonic lengthening of active muscles. **J Physiol**, London, v.409, p.451-71, 1989.

- NEDER, J.A.; DAL CORSO, S.; MALAGUTI, C.; REIS, S.; DE FUCCIO, M.B.; SCHIMDT, H.; FULD, J.P.; NERY, L.E. The pattern and timing of breathing during incremental exercise: a normative study. **European Respiratory Journal**, v.21, n.3, p. 530-538, mar. 2003.
- PASCHALIS, V.; KOUTEDAKIS, Y.; JAMURTAS, A.Z.; MOUGIOS, V.; BALTZOPOULOS, V. Equal volumes of high and low intensity of eccentric exercise in relation to muscle damage and performance. **J Strength Cond Res**, v.19, p.121-5, 2005.
- PAYNE, V.G. et al. Resistance training in children and youth: A meta-analysis. **Research Quarterly for exercise and Sports**, v.68, p.80-88, 1997.
- PEAKE, Jonathan; NOSAKA, Kazunori; SUZUKI, Katsuhiko. Characterization of inflammatory responses to eccentric exercise in humans. **Exercise Immunology Review**, v.11, p.64-85, 2005.
- PETERSEN, A.M.; PEDERSEN, B.K. The anti-inflammatory effect of exercise. **J Appl Physiol**, v.98, p.1154-1162, 2005.
- PIZZA, F.X.; KOH, T.J.; MCGRGOR, S.J.; BROOKS, S.V. Muscle inflammatory cells after passive stretches, isometric contractions. **J Appl Physiol**, v.922, p.1873-1878, 2002.
- PROSKE, U.; ALLEN, T.J. Damage to skeletal muscle from eccentric exercise. **Exerc Sport Sci Rev**, v.33, p.98-104, 2005.
- PROU, E.; GUEVEL, A.; BENEZET, P.; MARINI, J.F. Exercise induced muscle damage: absence of adaptive effect after a single session of eccentric isokinetic heavy resistance exercise. **Sports Med Phys Fitness**, v.39, p.226-32, 1999.
- ROWLAND, T.W. Developmental exercise physiology. Champaign, IL: Human Kinetics, 1996.
- SAYERS, S.P.; PETERS, B.T.; KNIGHT, C.A.; URSO, M.L.; PARKINGTON, J.; CLARKSON, D.P.M. Short-time immobilization after eccentric exercise. Part I: Contractile properties. **Med Sci Sports Exerc.**, v.35, p.753-61, 2003.
- SEWELL, L.; MICHELI, L. Strength development in children. Paper presented to the American College of Sports Medicine, San Diego, CA. 1984.
- SOARES, J.M.C.; MOTA, P.; DUARTE, J.A.; APPELL, H.J. Children are less susceptible to exercise-induced muscle damage than adults: a preliminary investigation. **Pediatr Exerc Sci**, v.8, p.361-367, 1996.
- SORICHTER, S.; MAIR, J.; KOLLER, A.; MULLER, E.; KREMSER, C.; JUDMAIER, W.; HAID, C.; CALZOLARI, C.; PUSCHENDORF, B. Creatine kinase, myosin heavy chains and magnetic resonance imaging after eccentric exercise. **J Sports Sci**, v.19, p.687-91, 2001.
- TIMMONS BRIAN, W. Immune Responses to Exercise in Children: A Brief Review. **Pediatric Exercise Science**, v.18, p.290-299, 2006.
- TIMMONS, B.W.; BAR-OR, O.; RIDDELL, M.C. Oxidation rate of exogenous carbohydrate during exercise is higher in boys than in men. **J. Appl. Physiol.**, v.94, p.278-284, 2003.
- VRIJENS, J. Muscle strength development in pre- and postpubescent age. In: BORMS, J.; GEBBELINCK, M. (Eds.). **Pediatric work Physiology**. New York: Karger, 1978.
- WOLEDGE, R.C.; CUTIN, N.A.; HOMSHER, E. Energetic aspects of muscle contraction. **Monogr Physiol Soc**, v.41, p.1-357, 1985.
- ZAKHAROV, A. **Ciência do treinamento desportivo**. Rio de Janeiro: Ed. Grupo Paleta Sport, 1991.

***Claudio de Oliveira Assumpção***

Possui graduação em Educação Física, especialização em Fisiologia do Esforço e mestrado em Educação Física pela Universidade Metodista de Piracicaba (1999, 2001 e 2006 respectivamente). Atualmente é *Personal Trainer* e atua como professor do ensino superior junto a Faculdade Integração Tietê e Faculdade Anhanguera.

***Thiago Mattos Frota de Souza***

Possui graduação (2004) e mestrado (2007) em Educação Física pela Universidade Metodista de Piracicaba. Atualmente é professor das Faculdades Integradas Einstein de Limeira - FIEL, Faculdade Integração de Tietê - FIT, Faculdade Politec de Santa Bárbara d'Oeste - FAP, Centro Universitário Anhanguera - unidade Leme.

***Renato Molina***

Doutor em Educação Física pela Universidade Estadual de São Paulo - UNESP.