

JOSÉ CARLOS DE BRITTO VIDAL FILHO

**Efeitos de diferentes intervalos de recuperação entre séries de
exercícios isocinéticos nas respostas metabólicas e
neuromusculares na performance muscular em crianças e
adolescentes**

Brasília

2009

**Universidade de Brasília
Faculdade de Ciências da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde**

José Carlos de Britto Vidal Filho

**Efeitos de diferentes intervalos de recuperação entre séries de
exercícios isocinéticos nas respostas metabólicas e
neuromusculares na performance muscular em crianças e
adolescentes**

Tese apresentada como requisito
parcial para obtenção do título de
Doutor em Ciências da Saúde pelo
Programa de Pós-Graduação *em*
Ciências da Saúde da
Universidade de Brasília

Orientador: Prof. Dr. MARTIM BOTTARO.

Brasília

2009

José Carlos de Britto Vidal Filho

**Efeitos de diferentes intervalos de recuperação entre séries de
exercícios isocinéticos nas respostas metabólicas e
neuromusculares na performance muscular em crianças e
adolescentes**

Tese apresentada como requisito
parcial para obtenção do título de
Doutor em Ciências da Saúde de
pelo Programa de Pós-Graduação
em Ciências da Saúde da
Universidade de Brasília

APROVADO EM 03 / 12/ 2009

BANCA EXAMINADORA

Prof Dr. Martim Francisco Bottaro Marques (Presidente)
Universidade de Brasília

Prof^o Dr. Ricardo Jacó de Oliveira
Universidade de Brasília

Prof^o Dr. Demostenes Moreira
Universidade de Brasília

Prof^o Dr. José Juan Blanco Herrera
Universidade Católica de Brasília

Prof^a Dra. Nanci Maria de França
Universidade Católica de Brasília

AGRADECIMENTOS

]

Primeiramente gostaria de agradecer ao meu orientador Prof^o Dr. Martim Bottaro pela paciência e orientação durante esta caminhada.

Aos professores participantes da banca de defesa , Ricardo Jacó, Juan Blanco, Desmostenes e a professora Nanci França.

Aos professores Carlos Ernesto, Jesser e Marcelo pela participação fundamental na coleta de dados, sem eles tudo ficaria mais complicado.

Ao Prof^o João Veloso, que em todos momentos esteve presente para ouvir e discutir o estudo , principalmente, na análise estatística.

A professora Zilda e ao Fábio do projeto ciranda da Universidade Católica de Brasília, pela ajuda com as crianças durante a coleta de dados.

Aos amigos Hildeamo e Rocha pela leitura do manuscrito e sugestões pertinentes sobre o presente estudo.

*Dedico este trabalho a
minha esposa Júlia, aos meus
filhos Leonardo e Vitor e aos
meus pais José Carlos e Maria
José*

RESUMO

Objetivo: O propósito do presente estudo foi avaliar e comparar os efeitos de diferentes intervalos de recuperação (IR) entre séries de exercícios isocinéticos nas respostas metabólicas e neuromusculares em crianças e adolescentes.

Materiais e Métodos: Participaram do estudo 36 voluntários, sendo 18 crianças ($11,1 \pm 0,52$ anos; $32,9 \pm 3,32$ kg; e $142,6 \pm 4,78$ cm; estágios 1 e 2 de Tanner) e 18 adolescentes ($15,8 \pm 0,49$ anos; $60,4 \pm 3,21$ kg; e $176,2 \pm 4,56$ cm; estágio 4 de Tanner). Foi utilizado um protocolo de 3 séries de 10 repetições de exercícios isocinéticos em dois IRs (1 min e 2 min) nas velocidades de $60^\circ/s$ e $180^\circ/s$. A concentração de lactato [La] sanguíneo foi medido 3 min após a realização da 3ª série em $60^\circ/s$. Na análise estatística foi aplicado uma ANOVA fatorial de medidas repetidas, como post hoc o método de *Bonferroni*.

Resultados: Foram encontradas diferenças significativas ($p < 0,05$) na queda do pico de torque (PT) e do trabalho total (TT) entre as crianças e adolescentes. Com 1 min e 2 min de IR as crianças conseguiram manter tanto o PT quanto no trabalho total TT em ambas as velocidades durante as 3 séries. Os adolescentes demonstraram uma redução significativa ($p < 0,05$) durante a realização das 3 séries no PT e no TT com 1 e 2 min de IR na velocidade de $60^\circ/s$. Porém, na velocidade de $180^\circ/s$ os adolescentes conseguiram manter o TT ao longo das 3 séries. Também, foi encontrada diferença significativa ($p < 0,05$) na concentração de [La], os adolescentes apresentaram uma concentração significativamente maior do que as crianças.

Conclusões: A menor [La] nas crianças sugere uma vantagem de recuperação da fadiga mais rápida. Além disso, conclui-se que as crianças necessitam de um menor período de recuperação para a manutenção da performance muscular (1min), indicando assim uma maior capacidade de resistência à fadiga em exercícios resistidos isocinéticos de alta intensidade.

Palavras chaves: Intervalo de recuperação; crianças; adolescentes; fadiga; pico de torque; exercício isocinético.

ABSTRACT

PURPOSE: To compare the effect of two different between set RI of isokinetic knee extension exercise on Peak Torque (PT), Total Work (TW), and Blood Lactate (BLa) between children and adolescents. **METHODS:** 18 children (11.1 ± 0.52 yrs) and 18 adolescents (15.8 ± 0.49 yrs) performed 3 sets of 10 unilateral isokinetic knee extension repetitions at $60^\circ/\text{s}$. The between set RI were 1 and 2 minutes and were randomly divided across 2 testing days, separated by a minimum of 72 hours. Pubertal stage was determined according to Tanner and Whitehouse (1976). **RESULTS:** There were no significant differences in PT and TW within any of the 3 sets and any of the RI (1 vs 2min) in the children group at both contraction velocities ($60^\circ/\text{s}$ and $180^\circ/\text{s}$). However, adolescents reported a significant ($p < 0.05$) lower PT and TW in the 2nd and 3rd set when compared to the first set. Also, PT was higher in the 2nd and 3rd sets during the 2min RI in the adolescent group at $60^\circ/\text{s}$ and at $180^\circ/\text{s}$. Bla was significantly higher than baseline after 1 min (1.04 ± 0.23 to 2.55 ± 0.47 mM) and 2 min (1.05 ± 0.20 to 2.58 ± 0.47 mM) RI for the children group, and after 1 min (1.17 ± 0.18 to 6.59 ± 1.07 mM) and 2 min (1.18 ± 0.17 to 6.03 ± 0.84 mM) RI for the adolescents group. However, after exercise, Bla was significantly higher in the adolescents as compared to the children in both RI. **CONCLUSION:** These results suggest that adolescents exhibit the capacity to produce greater muscular force, and as a consequence may develop a higher level of fatigue than children. Also, lower BLa suggests that children's true advantage may decrease in the shorter delay between the onset of exercise or its completion and the peaking of metabolites in the blood, allowing the recovery process to initiate earlier.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema dos vários mecanismos que possam explicar à maior resistência a fadiga em crianças durante o exercício de alta intensidade. Adaptado de Ratel et al. (2006).....	2
Figura 2 – Pico de Torque em crianças e adolescentes na velocidade de 60°/s.....	30
Figura 3 – Pico de Torque em crianças e adolescentes na velocidade de 180°/s.....	32
Figura 4 – Trabalho total em crianças e adolescentes na velocidade de 60°/s.....	34
Figura 5 – Trabalho total em crianças e adolescentes na velocidade de 180°/s.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores médios das características bioquímicas no músculo vasto lateral em adolescentes saudáveis de 11 a 15 anos e adultos.....	6
Tabela 2 – Resultados de estudos experimentais com treinamento resistido em crianças. Adaptado de Malina (2006).....	10
Tabela 3 – Índice de fadiga (%) do pico de torque na velocidade de 60°/s, em crianças e adolescentes.....	30
Tabela 4 – Valores do pico de torque em crianças e adolescentes na velocidade de 60°/s.....	30
Tabela 5 – Índice de fadiga (%) do pico de torque na velocidade de 180°/s....	31
Tabela 6 – Valores do pico de torque em crianças e adolescentes na velocidade de 180°/s.....	32
Tabela 7 – Índice de fadiga (%) do trabalho total na velocidade de 60°/s.....	33
Tabela 8 – Valores do trabalho total em crianças e adolescentes na velocidade de 60°/s.....	33
Tabela 9 – Índice de fadiga (%) do trabalho total na velocidade de 180°/s.....	35
Tabela 10 – Valores do trabalho total em crianças e adolescentes na velocidade de 180°/s.....	35
Tabela 11 – Resultados da concentração de lactato após 3 séries de 10 repetições a 60°/s.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS

TR - Treinamento Resistido

IR - Intervalo de recuperação entre as séries

PT - Pico de torque

TT - Trabalho total

IF - Índice de fadiga muscular

VA – Velocidade Angular

RM - Repetições máximas

PE - Percepção de esforço

ATP - Adenosina trifosfato

CP – Fosfocreatina

N.m - Unidade de medida do torque (Newton * metro)

J - Unidade de medida do trabalho (Joules)

min - Unidade de medida de tempo (minutos)

s - Unidade de medida de tempo (segundos)

°/s - Unidade de medida de velocidade angular (graus por segundo)

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	1
1.0 - INTRODUÇÃO	1
1.1 –Objetivo.....	3
1.2 –Justificativa	3
CAPÍTULO II	5
2.0 - REVISÃO DA LITERATURA	5
2.1 - Crescimento e Maturação.....	5
2.2 - Metabolismo Anaerobico.	7
2.3 - Treinamento Resistido em Crianças e Adolescentes	9
2.4 - Avaliação da Força Muscular.	11
2.5 - Intervalo de Recuperação em Exercícios Isoinerciais.....	12
2.6 - Intervalo de Recuperação em Exercícios Isocinéticos.....	14
2.7 - Avaliação e Treinamento Isocinéticos em Crianças.	15
2.8 - Fadiga Muscular.	17
2.9 - Fadiga Muscular em Crianças.	19
CAPÍTULO III	23
3.0 - MATERIAS E MÉTODOS	23
3.1 - Amostra	23
3.2 - Procedimentos.....	24
3.2.1 - Anamnese	24
3.2.2 - Avaliação antropométrica.....	24
3.2.3 - Estágio maturacional.....	25
3.2.4 - Avaliações isocinéticas.....	25
3.2.5 - Lactato sanguíneo.....	27
3.2.6 - Protocolo experimental.....	27
3.3 - Análise Estatística	28
CAPÍTULO IV	29
4.0 - RESULTADOS	29
CAPÍTULO V	37
5.0 - DISCUSSÃO	37
CAPÍTULO VI.....	44

6.0 - CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
ANEXO I	56
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCE	56
ANEXO II	57
Parecer de Aprovação do Comitê de Ética	57

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a participação de crianças e jovens em atividades físicas tem sido bastante incentivada pelos profissionais de Educação Física. Neste sentido, crianças e jovens estão procurando os programas de treinamento resistido (TR) – popularmente conhecido como musculação – como opção de atividade física que proporcione efeitos positivos para o desenvolvimento físico e, conseqüentemente, para a saúde.

A prescrição do treinamento de força em jovens está se tornando universalmente aceita por organizações profissionais qualificadas. Inicialmente, a American Orthopedic Society for Sports Medicine (1988), o American College of Sports Medicine (1993) e a National Strength and Conditioning Association (1996) declararam que o treinamento resistido em crianças e adolescentes é eficaz e seguro, quando devidamente supervisionado. Mais recentemente, Malina (2006) revisou 22 protocolos experimentais com o treinamento resistido e concluiu que os programas de TR com supervisão técnica adequada são seguros e não têm impactos negativos sobre o crescimento e maturação de pré-adolescentes. Além disso, American Academy of Pediatrics (2008) ratificou os benefícios de um programa de TR para crianças e adolescentes.

Vários estudos realizados com diferentes populações foram conduzidos com intuito de compreender e explicar os efeitos na performance muscular observados com o treinamento resistido (Bottaro et al., 2005; Cheng e Rice, 2005; Hill-Haas et al., 2007; Robinson et al., 1995; Willardson e Burkett, 2005). Esses estudos reportaram que as adaptações oriundas do treinamento resistido são dependentes de variáveis como: frequência; carga; número de séries e repetições; tipo de contração e intervalo entre sessões e séries. Porém, o controle inapropriado e a grande diversidade de manipulação dessas variáveis nos estudos de treinamento resistido têm contribuído para uma grande variação e inconsistência nos resultados apresentados. Portanto, as alterações crônicas e agudas do treinamento resistido

em diferentes programas e populações, principalmente em crianças, ainda precisam ser melhor esclarecidas.

Uma variável do TR muito negligenciada em investigações é o tempo de intervalo de recuperação (IR) entre as séries de exercícios. O IR entre séries de exercícios resistidos determina a magnitude da reposição dos estoques de energia fosfagênica (ATP-PC) e da glicólise anaeróbica. A extensão do período de recuperação aumenta significativamente as respostas agudas metabólicas, hormonais e cardiovasculares do treinamento com pesos, assim como o desempenho das séries subsequentes (Kraemer et al., 1993; Kraemer et al., 1987; 1990; 1991; 1997; Bottaro et al., 2009).

Visando a um melhor entendimento sobre o IR, vários estudos procuraram determinar o tempo ideal de recuperação entre séries de exercícios resistidos, com o intuito de maximizar a produção de força. Esses estudos demonstraram que um IR muito curto não permite recuperação adequada, conseqüentemente afetando o desempenho das séries subsequentes em adultos jovens (Bilcheck et al., 1993; Kraemer et al., 1987; Larson e Potteiger, 1997; Pincivero et al., 1999; Pincivero et al., 1998; Robinson et al., 1995).

Em relação às contrações musculares isocinéticas, dados disponíveis demonstram que os intervalos de descanso influenciam a força durante testes subsequentes. Pincivero et al. (1999) sugerem um IR de aproximadamente 160 segundos entre as séries, para que haja uma recuperação da força muscular em indivíduos jovens. Entretanto, Parcel et al. (2002) relatam que um tempo de 60 segundos entre as séries seria suficiente para recuperação do pico de torque em adultos jovens avaliados em dinamômetros isocinéticos.

Os dinamômetros isocinéticos para avaliação da força muscular em crianças e adolescentes têm sido utilizados por vários pesquisadores desde as décadas de 1970 e 1980 (Gillian et al., 1979; Housh, 1984; Osternig, 1986). De Ste Croix (2007), em um amplo artigo de revisão sobre a avaliação de contrações musculares isocinéticas, durante o crescimento e a maturação, concluiu que as crianças podem ser avaliadas, tanto em contrações concêntricas como excêntricas, com segurança.

Observa-se a utilização de dinamômetros isocinéticos na avaliação da força relacionado com o IR em outras populações. Assim, Bottaro et al. (2005) reportaram que 30 segundos são suficientes para a recuperação da força muscular em testes de contrações isocinéticas em idosos, porém ainda existe uma carência de estudos em

relação ao tempo ideal de recuperação entre séries de exercícios isocinéticos em crianças e adolescentes.

Benson et al. (2008), em uma revisão sistemática de estudos sobre os efeitos do treinamento resistido em crianças e adolescentes, segundo suas alterações metabólicas, verificou que a variável IR não aparece como fator importante de análise. Contudo, o comportamento dos sistemas energéticos nessa faixa etária está relacionado diretamente ao IR. De acordo com Eriksson et al. (1973), a velocidade da glicólise anaeróbica em crianças é limitada pela atividade de algumas enzimas, como a piruvato desidrogenase e a fosfofrutoquinase (PKF). Esta última apresenta uma menor atividade na célula muscular de meninos com idades de 11 a 13 anos (Eriksson et al., 1973) e de 16 a 17 anos (Eriksson et al., 1974), quando comparados a adultos jovens (Kuno et al., 1991). Esses achados sugerem uma menor velocidade da glicólise anaeróbica em crianças e adolescentes.

Desta forma, o tempo ideal de IR entre séries de exercícios resistidos em crianças pode não ser o mesmo adotado com adolescentes, adultos e idosos. Nesse sentido, a prescrição do treinamento envolvendo a manipulação desta variável pode alterar o desenvolvimento da performance muscular nesta faixa etária.

1.1 OBJETIVO

Comparar os efeitos de diferentes intervalos de recuperação entre séries de exercícios resistidos isocinéticos nas respostas metabólicas e neuromusculares em crianças e adolescentes do sexo masculino.

1.2 JUSTIFICATIVA

A desmistificação sobre os efeitos negativos desse tipo de treinamento para indivíduos desta faixa etária, tal como a diminuição da estatura, incentivaram crianças e adolescentes a procurar academias para realização de treinamento com pesos.

Os efeitos da prevenção de lesões durante as práticas esportivas e, principalmente, do controle da obesidade são extremamente positivos para a saúde, demonstrando, assim, a importância da prática de atividade física por meio de exercícios com pesos durante a infância e adolescência.

Entretanto, essa forma de treinamento deve ser bem programada e acompanhada por profissionais qualificados para que seus resultados possam ser efetivos. Nesse sentido, o conhecimento das variáveis que interferem no treinamento, tais como frequência, intensidade, duração e intervalos de recuperação do exercício muscular, é de fundamental importância para a adequada prescrição e acompanhamento desse tipo de atividade física.

Dentre as variáveis ainda pouco estudadas, encontra-se o tempo do intervalo de recuperação entre séries de exercícios, principalmente com exercícios isocinéticos, os quais necessitam da utilização de equipamentos modernos que possam medir com precisão as variáveis envolvidas durante a execução de contrações musculares.

Sendo assim, um melhor entendimento dos processos de recuperação muscular, por meio da identificação dos tempos adequados de intervalo entre os exercícios, poderá ajudar de forma efetiva os profissionais da área da saúde na prescrição do treinamento resistido, tanto no âmbito de treinamento, como de reabilitação para crianças e adolescentes.

CAPÍTULO II

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CRESCIMENTO E MATURAÇÃO

Durante toda a vida, desde o nascimento, passando pela infância, adolescência, fase adulta até o envelhecimento, o indivíduo passa por vários estágios de crescimento, maturação e desenvolvimento. Diversos conceitos são utilizados na literatura em relação ao crescimento, desenvolvimento e maturação. Para Kanaley e Boileau (1988), o crescimento corresponde às alterações físicas nas dimensões do corpo como um todo, ou de partes específicas, em relação ao fator tempo. Por outro lado, o desenvolvimento caracteriza-se pelas modificações evolutivas nas funções do organismo.

De acordo com Malina e Bouchard (1991), o crescimento resulta de um complexo mecanismo, volume celular, podendo envolver três diferentes acontecimentos: aumento no número das células (hiperplasia); aumento no tamanho das células (hipertrofia); aumento na capacidade das substâncias intercelulares de agregar as células (agregação).

Espenschade e Eckert (1980) referem-se ao conceito de crescimento como sendo todas mudanças físicas e biológicas ao longo da vida do indivíduo e ao conceito de desenvolvimento como sendo um produto da maturação e das experiências oferecidas ao indivíduo. A maturação refere-se às sucessivas modificações que se processam em um determinado tecido, sistema ou função, até que sua forma final seja alcançada. Portanto a maturação deve ser entendida como um processo de amadurecimento do indivíduo até a fase adulta.

Nas diferentes idades, observa-se uma diferenciação na intensidade de crescimento de vários segmentos corporais. O cérebro apresenta um desenvolvimento de 90-95% do tamanho adulto, ao contrário do crescimento do corpo, que na criança atinge apenas a metade do valor de um adulto. Um outro aspecto importante em relação ao crescimento é que ele não acontece de forma

contínua e equilibrada, isto é, existem fases em que ocorre um desenvolvimento acentuado, como o período da puberdade, por exemplo.

Nesse sentido, um aumento acentuado da estatura acontece durante o primeiro ano de vida, tendo uma desaceleração gradual até os 10 anos para as meninas e 12 anos para os meninos, em média. Após esse período, haverá um aumento significativo, em que será alcançado um pico de crescimento entre 12 anos para as meninas e 14 anos para os meninos. A partir de então, ocorrerá uma desaceleração e, eventualmente, uma interrupção do crescimento com o alcance da estatura da fase adulta (Malina e Bouchard, 1991).

Algumas alterações ocorrem nas características fisiológicas em relação aos músculos esqueléticos, durante o crescimento. De acordo com Malina e Bouchard (1991), em termos absolutos, a massa muscular aumenta, em média, de 0,78 kg – no nascimento – para 28 kg, quando na fase adulta. Os tipos de fibras aumentam por um pequeno período após o nascimento, porém o diâmetro das fibras aumentam de forma acentuada durante o crescimento. Na idade de um ano, o diâmetro da fibra é de apenas 30% de um adulto, passando a 50% por volta da idade de cinco anos (Colling e Saltin, 1989).

Além das diferenças relativas ao tamanho das fibras musculares, também foram encontradas diferenças nas concentrações de substratos e enzimas nos músculos esqueléticos. Em estudo de Eriksson et al. (1973), realizado por meio de biópsia, foram relatados os seguintes valores entre adolescentes com idade de 11 a 15 anos:

Tabela 1 – Valores médios das características bioquímicas no músculo vasto lateral em adolescentes saudáveis de 11 a 15 anos e adultos

Enzimas (umol/g/min)	Jovens	Adultos
Fosforofrutokinase	8,4	25,2
Desidrogenase succinate	4,7	4,4
ATP(mmol/kg ww)	4,3	5,0
CP	14,5	10,7
Glicogênio	54,0	83,8

Em um estudo de Falgairette et al. (1991), em que foram avaliadas as características bioenergéticas de 144 meninos entre 6 e 15 anos, foi relatado que o

crescimento e a maturação têm, juntos, um importante papel no desenvolvimento do metabolismo anaeróbio.

Entre todas as características relativas ao crescimento e desenvolvimento dos indivíduos, sem dúvida a que está mais relacionada à atividade física e que tem influência fundamental no desempenho físico é o desenvolvimento motor. Portanto, vários dados de pesquisas relativos aos efeitos de treinamento devem levar em consideração o crescimento e a maturação, visto que os resultados de determinado tipo de treinamento podem sofrer grandes influências destes fatores.

Segundo Gallahue (1989), o desenvolvimento motor pode ser dividido em dois aspectos: primeiro, o desenvolvimento das capacidades físicas; segundo, o desenvolvimento das capacidades de movimento. Nas capacidades físicas, estão os componentes relacionados à aptidão física, enquanto as capacidades de movimento dizem respeito à locomoção, manipulação e estabilização. Assim sendo, torna-se fundamental o entendimento dos mecanismos de crescimento, e de desempenho motor, quando analisarmos as mudanças influenciadas por um programa de treinamento.

2.2 METABOLISMO ANAERÓBICO

Ultimamente, o metabolismo anaeróbio vem recebendo maior atenção por parte dos pesquisadores, tanto no aprimoramento de testes, quanto em sua aplicação para o treinamento físico. O sistema energético anaeróbio láctico (glicolítico) pressupõe a dissociação anaeróbia do glicogênio, com a formação de lactato; enquanto o sistema anaeróbio alático está ligado à utilização dos fosfogênios presentes nos músculos em atividade, principalmente da creatinafosfato (CP).

Segundo Bar-or (1989), Falk e Bar-Or (1993) e Inbar e Bar-Or (1986), as crianças têm uma menor potência e capacidade anaeróbia quando comparada aos adolescentes e adultos. Algumas das razões para essas diferenças podem estar relacionadas à baixa capacidade glicolítica, baixa produção de lactato durante o exercício, menor capacidade de diminuição da acidose e baixo limiar de lactato.

Outra suposição importante para o menor desempenho anaeróbico é a baixa atividade da enzima fosforofrucoquinase no músculo da criança.

Eriksson et al. (1973) comentam que tanto as concentrações mais baixas de glicogênio intramuscular quanto um ritmo mais lento de sua utilização em crianças, durante o exercício, podem proporcionar parte da resposta para explicar o desempenho menor em crianças, quando comparadas aos adolescentes e adultos jovens nos testes de potência e capacidade anaeróbica.

Em um estudo realizado com adolescentes, utilizando-se a ressonância magnética para avaliar as concentrações de substratos energéticos musculares, foi concluído que adolescentes entre 12 e 15 anos têm menor capacidade glicolítica durante o exercício quando comparados a adultos (Kuno et al.,1991). Bar-or (1989) relata a possibilidade dessa diferença estar relacionada às características musculares das crianças e também ao controle neuromuscular (ex: taxa de recrutamento das unidades motoras das fibras rápidas), porém essa possibilidade ainda deve ser melhor estudada.

Alguns aspectos determinantes do desempenho anaeróbico nos indivíduos são: quantidade muscular (comprimento e área corte transversal), qualidade muscular (tipos de fibras e disponibilidade de substratos), arquitetura muscular, ativação neuromuscular (recrutamento e coordenação), resistência muscular (enzimas glicolíticas, estoques de CP) e resistência à fadiga (capacidade de tamponamento). Para Martin e Malina (1998), três desses aspectos são de fundamental importância no contexto do crescimento e maturação, a saber:

- a) quantidade muscular;
- b) ativação neuromuscular;
- c) coordenação motora.

Embora seja razoável pensar que os determinantes do desempenho anaeróbico são similares em crianças, adolescentes e adultos, é necessário maior quantidade de informações de ordem morfológica, biomecânica, fisiológica e bioquímica para determinar a performance muscular durante a infância e adolescência (Van Praagh e França,1998).

2.3 TREINAMENTO RESISTIDO EM CRIANÇAS E ADOLESCENTES

O número de fibras musculares é determinado logo após o nascimento. A partir de um ano até a adolescência, o tamanho das fibras musculares aumenta em média três vezes. Essa hipertrofia muscular se reflete na massa corporal total da infância até a fase adulta, mesmo sem haver um treinamento específico para o desenvolvimento da força muscular.

Jones e Round (2000) afirmam que a força muscular se desenvolve mais ou menos linearmente durante a pré-puberdade, entretanto, com a aproximação da puberdade, os aumentos são acelerados devido ao crescimento no nível de testosterona. Além disso, a criança torna-se progressivamente forte com o resultado do aumento do hormônio do crescimento, IGF-I, que promove a síntese protéica e estimula a hipertrofia muscular.

Assim, com carência nos níveis de hormônios que estimulariam a hipertrofia muscular em crianças, acredita-se que adaptações neurais são primariamente responsáveis pelo ganho de força induzidos pelo treinamento durante a infância. Nesse sentido, pesquisadores encontraram significativos ganhos de força em crianças sem o aumento da secção transversa muscular (Blimkie et al., 1989; Ramsay et al., 1990; Ozmun et al., 1994). Assim, inferiram que os aumentos na ativação e no recrutamento da unidade motora, na frequência do disparo dos neurônios motores e o desenvolvimento da coordenação muscular podem explicar o aumento da força muscular em crianças.

Nos anos 70, Vrijens (1978) afirmou que os achados dos pesquisadores até aquele momento eram concordantes, sugerindo que o desenvolvimento da força muscular estaria intimamente relacionado à maturação sexual. Portanto, aumentos significativos de força muscular, por meio de treinamento específico, somente poderiam ser efetivos após a puberdade.

Contudo, desde então, vários estudos demonstraram um aumento da força muscular. Payne et al. (1997), em uma meta-análise, identificaram 28 estudos de treinamento resistido em sujeitos com menos de 18 anos. O treinamento, o qual incluía crianças, foi realizado com pesos, exercícios calistênicos a esportes. Foram

verificados aumentos entre 30% e 40 % em programas de 8 a 12 semanas de duração. Uma importante constatação foi a carência de lesões nos sujeitos submetidos ao treinamento, atestando-se, assim, uma preocupação com a segurança nos programas de treinamento com crianças e adolescentes.

Recentemente, Malina (2006) revisou vários estudos experimentais do treinamento resistido em crianças. Abaixo, apresentam-se os principais estudos da referida revisão.

Tabela 2 – Resultados de estudos experimentais com treinamento resistido em crianças. Adaptado de Malina (2006)

Referência	Idade (anos)	Sexo	Tipo de treinamento	Duração (semanas)	Frequência (por semana)	Medida	Aumento de força muscular
Virjens, (1978)	10	Masculino	Pesos	8	3 x sem	Teste isométrico	Não
Pleiffer e Francis, (1986)	8-11	Masculino	Pesos	9	3 x sem	Nº de repetições	Sim
Weltman et al., (1986)	6-11	Masculino	Pesos	14	3 x sem	Salto vertical e horizontal	Sim
Siegel et al., (1989)	8 - 9	Masculino e feminino	Pesos	12	3 x sem	Nº de repetições	Sim
Ramsay et al., (1990)	9-11	Masculino	Pesos	20	3 x sem	1 RM	Sim
Faigenbaum et al.,(1993)	8-12	Masculino e Feminino	Pesos	8	2 x sem	10 RM	Sim
Ozman et al., (1994)	9-12	Masculino e feminino	Pesos	8	3 x sem	Testes isocinético e isotônico	Sim
Faigenbaum et al., (1996)	7-12	Masculino e feminino	Pesos	8	2 x sem	6 RM	Sim
Faigenbaum et al., (1999)	5- 11	Masculino e feminino	Pesos	8	2 x sem	1 RM	Sim
Sandres et al.,(2001)	9 -10	Masculino	Pesos	72	2 x sem	1 RM	Sim
Faigenbaum et al., (2002)	7-12	Masculino e feminino	Pesos	8	2 x sem	1 RM	Sim
Flanagam et al., (2002)	8-9	Masculino e feminino	Pesos	10	2 x sem	Medicine Ball (1 kg) Salto horizontal e shuttle rum	Relativo ganho na performance motora
Tsolakis et al., (2004)	11-13	Masculino	Pesos	8	2 x sem	Testes isocinético e 10 RM	Sim.

2.4 AVALIAÇÃO DA FORÇA MUSCULAR

A mensuração da força muscular é uma prática comum na avaliação dos programas de treinamento para prescrição mais adequada dos exercícios físicos, principalmente os resistidos. A força muscular pode ser avaliada por meio de teste isométrico, teste isotônico, teste isocinético (Powers e Howley, 2000). A mensuração isométrica é tipicamente realizada em vários ângulos articulares. Cada um destes, usualmente, consiste em três máximas contrações voluntárias, com duração entre quatro e seis segundos. As formas mais usuais dessa mensuração são o uso de dinamômetros isocinéticos ou o tensiômetro de cabo (Brown e Weir, 2001).

O método de avaliação mais comum de força isotônica é a força máxima dinâmica isoinercial, popularmente conhecida como teste de 1 Repetição Máxima (1-RM). Nesse teste, o indivíduo deve realizar apenas uma execução de movimento em toda amplitude articular, em um determinado exercício resistido. O teste 1-RM pode ser realizado com peso livre (barras ou halteres) ou em máquinas de exercício de resistência ajustável (Abernethy et al., 1995).

Outro método para mensurar a força muscular dinâmica e que tem se tornado uma rotina nos laboratórios e centros de pesquisa é o dinamômetro isocinético, que produz uma resistência variável, porém numa velocidade constante durante toda execução do movimento. Alguns parâmetros podem ser avaliados por meio do dinamômetro isocinético, tais como: pico de torque; ângulo específico de torque e trabalho total; média e pico de potência; índice de fadiga e pico de energia de aceleração de torque (Kannus, 1994).

O pico de torque (PT), ou momento máximo, talvez seja a mensuração mais frequentemente avaliada, devido à íntima relação com a força produzida na contração muscular durante os testes isocinéticos. O PT representa o ponto de maior torque ou momento de força na amplitude de movimento. Esse torque é o resultado da força aplicada no sensor do dinamômetro pelo segmento distal da articulação do corpo, a qual é multiplicada pela distância do ponto de aplicação dessa força ao centro de rotação do eixo de movimento (articulação a ser testada); o resultado é calculado em Newton-metro – N/m (Terreri et al., 2001).

De acordo com Spendiff et al. (2002), o PT e a velocidade angular (VA) de movimento são grandezas inversamente proporcionais, ou seja, quanto menor a VA

realizada, maior será o torque; quanto maior a VA, menor será o torque. Infere-se que existe uma fadiga das fibras glicolíticas ou do tipo II maior em altas velocidades, já que essas fibras são as maiores responsáveis pela força dinâmica do músculo. Os autores sugerem que, ao se avaliar o PT, velocidades angulares menores ou iguais a 180°/segundo sejam utilizadas.

Em relação à avaliação isocinética em crianças e adolescentes, De Ste Croix et al. (2003), em artigo de revisão sobre a interpretação da força muscular isocinética durante o crescimento, apontam alguns aspectos metodológicos que devem ser considerados: modificação no equipamento, familiarização e aquecimento, velocidades, nº de ações musculares e intervalos de recuperação entre as velocidades. Sobre o IR, a maioria dos estudos utilizaram intervalo de recuperação de 1 a 2 min, entre as velocidades testadas (De Ste Croix, 1999; De Ste Croix, 2002). Além disso, De Ste Croix et al. (2007) relatam que os estudos indicam que a força isocinética aumenta com a idade, até a fase adulta. Porém, os mecanismos associados para explicar esse aumento ainda precisam de futuras investigações.

2.5 INTERVALO DE RECUPERAÇÃO EM EXERCÍCIOS ISOINERCIAIS

De acordo com Willardson (2006), o IR deve fornecer uma recuperação adequada das fontes de energia adenosina trifosfato (ATP) e fosfocreatina (CP), como também possibilitar a remoção dos subprodutos da contração muscular que levam à fadiga (i.e, íons de H⁺) e, com isso, restabelecer a magnitude da força muscular. Nesse sentido, Lambert e Flynn (2002) sugerem que, para realização de exercícios resistidos com grande carga, seria necessário um tempo mínimo de 120 segundos entre as séries, para recuperação da concentração do glicogênio intramuscular, e um tempo mínimo de 60 segundos de recuperação para que a acidose intramuscular produzida durante o exercício não interfira na performance da série subsequente.

Willardson e Burkett (2005) e Ratamess et al. (2007) enfocam a importância do IR entre as séries de exercício como uma variável fundamental para as adaptações de um programa de treinamento, sugerindo que o desempenho no

número de séries subsequentes está diretamente relacionado ao tempo de intervalo de recuperação entre elas.

Kraemer (1997), ao estudar atletas colegiais masculinos ($21 \pm 1,3$ anos), comparou o efeito de 3 vs 1 min de recuperação no número total de repetições completas após três séries com carga de 10RM, nos exercícios de supino e *leg press*. Com o intervalo de 3 min, os atletas foram capazes de realizar 10 repetições em todas as três séries. Porém, com 1 min, houve uma redução no total de repetições da primeira para segunda e terceira séries.

Também Richmond e Godard (2004) estudaram o efeito de três IRs (1, 3 e 5min) no número de repetições realizadas no supino, durante duas séries, até a exaustão voluntária, com carga de 75% de 1RM. O estudo envolveu 28 homens ($21,5 \pm 3,2$ anos) com experiência mínima de 8 semanas com exercícios resistidos. Os resultados demonstraram uma redução do número de repetições na 2ª série em todos os IRs. Contudo, 1 min de IR obteve a maior queda no trabalho total realizado. Os IRs de 3 e 5min tiveram resultados similares, levando os autores a afirmarem que uma zona de 8 a 12 repetições pode ser mantida por duas séries com IR de 3min.

A fim de verificarem a influência de três IRs (1, 3 e 5min) entre um teste de força máxima (i.e. 1RM) no agachamento, Matuszak et al. (2003) recrutaram 17 homens ($22 \pm 1,4$ anos) com experiência mínima de 2 anos com treinamento de força. Os resultados não mostraram diferenças na habilidade de realizar duas séries de agachamento com carga de 1RM nos intervalos considerados.

Entretanto, Rahimi (2005) avaliou 20 homens ($21,53 \pm 2,5$ anos), com experiência prévia de pelo menos 2 anos com exercícios resistidos, e verificou que 5 minutos de recuperação em quatro séries de agachamento até a exaustão, com utilização de 85% da carga de 1RM, possibilitaram um volume total maior do que 1 e 2min de IR. Willardson e Burkett (2005) também constataram que a utilização de 5min de recuperação permitiu um maior volume de repetições em quatro séries de agachamento e supino com carga de 8RM, quando comparado com 2 e 1min de recuperação em 15 homens jovens ($20,73 \pm 2,6$ anos) treinados (3 anos).

Ratamess et al. (2007) investigaram a influência de cinco IRs (30s, 1, 2, 3 e 5min) na resposta metabólica em oito homens ($21 \pm 2,4$ anos) treinados há pelo menos três anos. Os autores utilizaram dois protocolos distintos na realização do exercício de supino:

- 1) cinco séries de 10 repetições (75% 1RM);

2) cinco séries de 5 repetições (85% 1RM).

Conclui-se que quanto menor o IR, maior a resposta metabólica, sendo que o protocolo de 10 repetições foi superior ao de 5, para todos os IRs observados, exceto com IR de 1min.

Em outro recente estudo, Miranda et al. (2007) analisaram o efeito de dois IRs (1 e 3min) – em uma sessão de treino para membros superiores – no número de repetições por série em cada exercício, no volume total de cada exercício e no volume total da sessão de treino. O estudo envolveu 14 homens ($25,07 \pm 4,46$ anos) treinados ($6,34 \pm 2,65$ anos), em 3 séries de 8 repetições com carga de 8RMs, em seis exercícios de membros superiores. O resultado demonstrou um menor número de repetições para as 3 séries de todos os exercícios com 1min de IR. Tanto em 1 como em 3min, houve uma queda no volume da 1ª para a 3ª série em 4 exercícios. Entretanto, o protocolo de 1min experimentou uma queda no volume da 1ª para a 2ª série em dois exercícios, ou seja, 3min de IR permitiu um maior volume de treino em relação a 1min entre séries de exercício para membros superiores.

Em relação aos estudos com IR em exercícios isoinerciais em crianças, foi encontrado um estudo recente de Faigenbaum et al. (2008), no qual foram comparados três IRs (1,2 e 3 min) entre pré-adolescentes (11,3 anos), adolescentes (13,6 anos) e adultos jovens (21,4 anos). Os sujeitos realizaram 3 séries de 10RM até a exaustão. Os resultados apresentaram diferenças significativas entre os três grupos em todos intervalos de recuperação. Conclui-se, portanto, que os pré-adolescentes são mais capacitados para manter a performance muscular durante séries de exercícios resistidos do que os adolescentes e adultos.

2.6 INTERVALO DE RECUPERAÇÃO (IR) EM EXERCÍCIOS ISOCINÉTICOS

Os aparelhos isocinéticos são usados há mais de 30 anos no aprimoramento e na avaliação do desempenho muscular (Davies et al., 2003). Apesar do custo elevado e da impossibilidade de se realizarem movimentos esportivos ou funcionais, o aparelho isocinético tem a grande vantagem de permitir um isolamento e análise da função muscular sob diversas condições (Pincivero et al., 2001a).

Na tentativa de melhor avaliar-se o efeito do IR na função muscular, estudos utilizaram o dinamômetro isocinético. A maioria investigou os efeitos do IR durante protocolos de avaliação da força muscular – i.e. 2 séries de 3 a 4 repetições – (Bottaro et al., 2005; Parcell et al., 2002). Contudo, poucos estudos consideram o efeito do IR em um protocolo de treinamento em indivíduos sem experiência no treinamento de força (TF).

Na tentativa de se estipular o menor IR necessário na realização de um protocolo de teste isocinético, Parcell et al. (2002) verificaram a influência de quatro IRs (15, 60, 180 e 300s) no pico de torque (PT) em universitários. Participaram da pesquisa 11 homens (30 ± 1 anos), em um protocolo de teste isocinético de extensão de joelhos, o qual consistia na realização de quatro repetições, cujas velocidades eram 60, 120, 180, 240 e 300°/s. Nos resultados, os autores concluíram não haver diferenças nos torques produzidos em nenhuma velocidade com IR de 60, 180 e 300s.

Pincivero et al. (1997) verificaram o efeito de dois IR no pico de torque em 15 voluntários ($21,7 \pm 1,9$ anos) destreinados. O estudo consistia na realização de quatro séries de 10 extensões e flexões isocinéticas unilaterais de joelho, a 90°/s com IR de 40s e 160s, três vezes por semana, durante quatro semanas. Na conclusão do estudo, constatou-se um maior aumento da força (i.e. pico de torque) com a utilização de 160s de IR.

Em outro estudo de Pincivero et al. (1998), foi verificado o efeito de dois IRs no pico de torque, no trabalho total e na potência média em 15 voluntários – 8 homens e 7 mulheres ($21,7 \pm 1,9$ anos) –, destreinados, em quatro séries de 10 extensões isocinéticas de joelho a 90°/s, com IR de 40s e 160s. Os autores verificaram, ao longo das quatro séries, uma diminuição nas três variáveis consideradas no IR de 40s, o que não ocorreu com a utilização de 160s.

2.7 AVALIAÇÃO E TREINAMENTO ISOCINÉTICOS EM CRIANÇAS

Estudos iniciais, na avaliação da força durante a infância e adolescência, foram preliminarmente baseados em testes que consistiam em avaliar o número de repetições executadas durante o intervalo de tempo de 1 minuto em exercícios, tais

como abdominais e flexões de braço. Essencialmente esses testes mesuravam mais a resistência muscular do que a força e eram associados ao acompanhamento das mudanças no desenvolvimento da força (Wilmore e Costil, 2004). Historicamente também se utilizaram testes isométricos com diferentes grupos musculares para avaliar a força em crianças, apesar das limitações de âmbito mecânico e neuromuscular destes tipos de testes (Wilson e Murphy, 1996).

Com relação à avaliação da força com a utilização do dinamômetro isocinético, os estudos iniciais ponderaram a força de contração da coxa, mais especificamente do quadríceps femoral (Alexander e Molnar, 1973; Gilliam et al., 1979), utilizando-se como sujeitos preferencialmente atletas (McCubbin e Shasby, 1985; MacPhail e Kramer, 1995).

Em um recente estudo longitudinal, Holm et al. (2005) acompanharam, dos 11 até 17 anos, doze garotos, com os quais foram realizadas 6 avaliações durante este período. Os autores verificaram que a performance muscular aumentou em todos os anos, sendo que na 1ª avaliação o pico de torque medido com velocidade de 60°/sec foi de 67,4 Nm e, na última avaliação, alcançou 238,8 Nm, demonstrando uma mudança significativa durante a fase da infância até a adolescência.

Um mecanismo importante que deve ser compreendido nos estudos relacionados à manutenção da performance muscular durante determinada atividade física é a fadiga muscular, em todas as faixas etárias. Nesse sentido, Kotzamanidou et al. (2005) verificaram as diferenças entre adultos e pré-adolescentes do sexo masculino, em relação ao processo de recuperação após um teste de fadiga isocinético. Os resultados do pico de torque inicial foram 216 Nm nos adultos e 80,1 nos pré-adolescentes.

Após a realização dos testes de fadiga, os autores observaram uma maior diminuição no pico de torque nos indivíduos adultos e concluíram que os dados indicavam uma recuperação melhor da performance muscular nos pré-adolescentes do que nos adultos. Além disso, atribuíram os achados aos fatores neurais no processo de contração muscular.

Também Paraschos et al. (2007) compararam adultos aos pré-adolescentes utilizando o dinamômetro isocinético. Os resultados encontrados para o pico de torque foram: adultos 216Nm e pré-adolescentes 85Nm. Em relação à fadiga, os autores concluíram que os adultos parecem ser mais propensos à fadiga do que os pré-adolescentes, durante o teste isocinético.

Entretanto, até o presente momento, não foram encontrados estudos conduzidos com crianças e adolescentes para verificar-se o intervalo de recuperação durante um protocolo de treinamento (ex: 3 séries de 10 repetições) em exercícios isocinéticos.

2.8 FADIGA MUSCULAR

Nas áreas de fisiologia e bioquímica, durante o exercício, o estudo da fadiga muscular tem se mostrado extremamente importante, visto que a diversidade dos processos fisiológicos e metabólicos envolvidos no processo de aparecimento da fadiga necessita de uma melhor compreensão.

A fadiga muscular pode ser definida como a incapacidade de o músculo esquelético gerar elevados níveis de força ou mantê-los por um determinado tempo (Sargeant, 1994). Para Williams e Klug (1995), pode-se entender a fadiga como um mecanismo de defesa contra possíveis efeitos deletérios em funções orgânicas e celulares da fibra muscular esquelética. Então, antes que ocorram lesões irreversíveis, o músculo entra em fadiga (Williams e Klug, 1995).

Pode-se dividir a fadiga em três dimensões, a fadiga central, a fadiga periférica e a fadiga bioenergética. A primeira é caracterizada por falha na condução do impulso nervoso, promovendo redução do número de unidades motoras (UM) ativas e diminuição da frequência de disparos dos motoneurônios (Sunnerhagen et al., 2000). Parte desse processo está relacionado aos neurotransmissores. Neste sentido, Guyton (2000) relata que a redução de dopamina e elevação dos níveis de serotonina poderiam inibir as sinapses, além de poder contribuir negativamente para o sistema nervoso central (SNC), prejudicando, assim, a termorregulação e o desempenho motor (Davis e Bailey, 1997).

A acetilcolina é outro neurotransmissor relacionado à produção de força, cuja diminuição durante o exercício pode colaborar para a diminuição da velocidade de transmissão dos impulsos nervosos para os músculos esqueléticos (Davis e Bailey, 1997).

A segunda dimensão, a fadiga periférica, diz respeito à falha ou limitação de um ou mais componentes da unidade motora (motoneurônios, nervos periféricos, ligações neuromusculares ou fibras musculares) e caracteriza-se pela deterioração

dos processos bioquímicos e contrateis do músculo. As alterações na capacidade de liberação ou captação de cálcio também são apontadas como fatores que afetam a fadiga. No exercício intenso de curta duração, há uma redução na liberação de cálcio pelo retículo sarcoplasmático, comprometendo a tensão desenvolvida pelas fibras musculares (Williams e Klug, 1995).

Em relação à fadiga bioenergética, observa-se que a diminuição dos substratos energéticos que fornecem energia para a contração muscular, bem como a velocidade de resíntese desses substratos interferem de forma decisiva para o aparecimento e manutenção do processo de fadiga muscular. Verificou-se que, durante o exercício de alta intensidade e curta duração, o pH cai com aumento de difosfato de adenosina (APD) e fosfato inorgânico (Pi) (Lambert e Flynn, 2002). Já o aumento nas concentrações H^+ é acompanhado também por aumento NH_3 e Pi, influenciando de maneira significativa a fadiga.

A maior parte do ATP e CP depletados no músculo durante o exercício é restaurada rapidamente. Cerca de 50% até 70% são repostos em menos de 30 segundos. McMahon e Jenkins (2002) sugerem que, após a realização da atividade, aproximadamente 50% do ATP-CP utilizado é repostado em 20 segundos e 85%, em três minutos. Já Fleck e Kraemer (2004) apontam que 50% do ATP-CP são repostos entre 20 e 48 segundos; 75%, entre 40 a 96 segundos e 87%, entre 60 a 144 segundos, o restante é repostado entre três e quatro minutos.

No entanto, se o exercício de curta duração e alta intensidade se prolonga por mais alguns segundos, a principal fonte de energia utilizada para contração muscular provém do sistema da glicólise anaeróbia para formação de ATP. Esse sistema resulta em produção e acúmulo de lactato, dissociação dos íons de H^+ e queda do pH. Esse aumento na acidez do músculo, provavelmente, faz parte do processo ligado à fadiga, por não ativar algumas enzimas que participam da transferência de energia. Uma dessas enzimas é a fosfofrutoquinase, a qual regula o ritmo da glicólise durante o exercício com esforços máximos. Fleck e Kraemer (2004) destacam que o tipo de protocolo e a magnitude do treinamento afetam as adaptações das enzimas associadas à fonte de energia do lactato, da mesma forma que afetam as enzimas associadas ao sistema ATP-CP.

Com relação à remoção do lactato, estima-se que o tempo necessário para que seus níveis diminuam de forma significativa após o exercício de alta intensidade é de quatro a dez minutos (Hultman e Sjöholm, 1986). Por outro lado, é importante

destacar que, apesar do lactato estar diretamente ligado à fadiga, a relação causa/efeito ainda não é totalmente aceita. Nesse sentido, Robergs et al. (2004) demonstraram que não existe suporte bioquímico para confirmar que o lactato cause a acidose. Kowalchuk et al. (1988), afirma que a produção de lactato retarda a acidose e não é sua causa, sendo que entre os fatores que favorecem as mudanças no H^+ estão os íons K^+ , Na^+ e Ca^{2+} .

2.9 FADIGA MUSCULAR EM CRIANÇAS

Pesquisadores com experiência em avaliações de exercícios em crianças observaram que estas têm menor fadiga do que os adultos, em atividades curtas e intensas. Adultos que realizam atividades até a exaustão necessitam de várias horas para recuperação do esforço. Entretanto, crianças que desempenham frequentemente atividades intensas precisam de um período de recuperação entre 15 e 30 minutos, podendo após este período até aumentar sua performance (Bar-Or e Rowland, 2004).

Nesse sentido, Hebestreit et al. (1993) verificaram que garotos entre 8 e 12 anos de idade foram capazes de reproduzir em 100% sua performance no teste de Wingate, com apenas 2 min. de recuperação, quando comparados a adultos jovens, os quais necessitaram de 10 minutos.

Ratel et al. (2004) também reportaram uma diferença na performance na realização de *sprints* em cicloergômetros de 10 segundos, com intervalo de recuperação de 15 segundos. As crianças apresentaram um decréscimo no pico de torque de 14% e adultos, de 40%. Similarmente, Lazaar et al. (2002), em atividades de corridas de 10s, com intervalo de recuperação de 30s, encontraram queda na distância percorrida de 12% em garotos e 20% em homens.

Diferentemente dos adultos, as repostas fisiológicas e metabólicas sobre a fadiga em crianças é pouco documentada. Essa carência de informações mais precisas a respeito deste fenômeno pode ser atribuída a questões éticas e metodológicas, associadas à testagem em crianças e adolescentes. Assim, investigações com métodos invasivos, como biopsias, materiais radioativos ou

cateteres arteriais, são raramente utilizados, visto que eticamente deve-se evitar o mínimo risco à saúde.

Apesar disso, análises estão sendo conduzidas para uma melhor compreensão da fadiga em crianças, um fenômeno que tem por base quatro fatores principais: massa muscular, estrutura muscular, metabolismo muscular e ativação neuromuscular (Ratel et al., 2006).

Estudos demonstram que a recuperação mais rápida em crianças coincide com a menor capacidade de produção de potência muscular devido à relação com a quantidade de massa muscular das crianças (Dotam et al., 2003). Assim, a grande resistência à fadiga, i.e. em 88,2%, das crianças pode ser explicada pelo menor volume muscular envolvido durante o exercício. Ratel et al. (2004) relatam, ainda, que o declínio na produção de potência mecânica está especialmente relacionado ao volume muscular.

No que diz respeito à estrutura muscular, observou-se que a fadiga muscular difere de forma individual, dependendo dos tipos de fibras que atuam durante um determinado esforço. Especificamente, durante exercício de alta intensidade, uma estrutura muscular com maior quantidade de fibras tipo II pode levar a um aumento da fadiga muscular (Hamada et al., 2003). A fadiga durante esse tipo de exercício pode estar relacionada à incapacidade de as fibras tipo II manterem uma alta taxa de ressíntese de PCr, resultando em uma rápida depleção dos estoques de PCr e em uma insuficiente glicogenólise para compensar a falta de ATP (Huktman et al., 1991).

O metabolismo muscular é considerado um aspecto fundamental de investigação da fadiga em crianças. Erikson et al. (1973) foram os primeiros autores a sugerir uma baixa capacidade glicolítica em crianças, consequência da menor atividade da PKF durante o processo de glicólise. Corroborando esse estudo inicial de Erikson, outros autores reportaram uma menor quantidade de enzimas em repouso (lactato desidrogenase, aldolase, piruvato cinase) em crianças, comparado-as aos adultos (Kaczor et al., 2005; Kuno et al., 1991). Entretanto, em divergência a esses estudos, Haralambie (1982) com garotos entre 13-15 anos e Pertsem et al. (1999), utilizando um aparelho de ressonância magnética (^{31}P -MRS) não encontram diferenças significativas entre as enzimas e o pH em crianças e adultos.

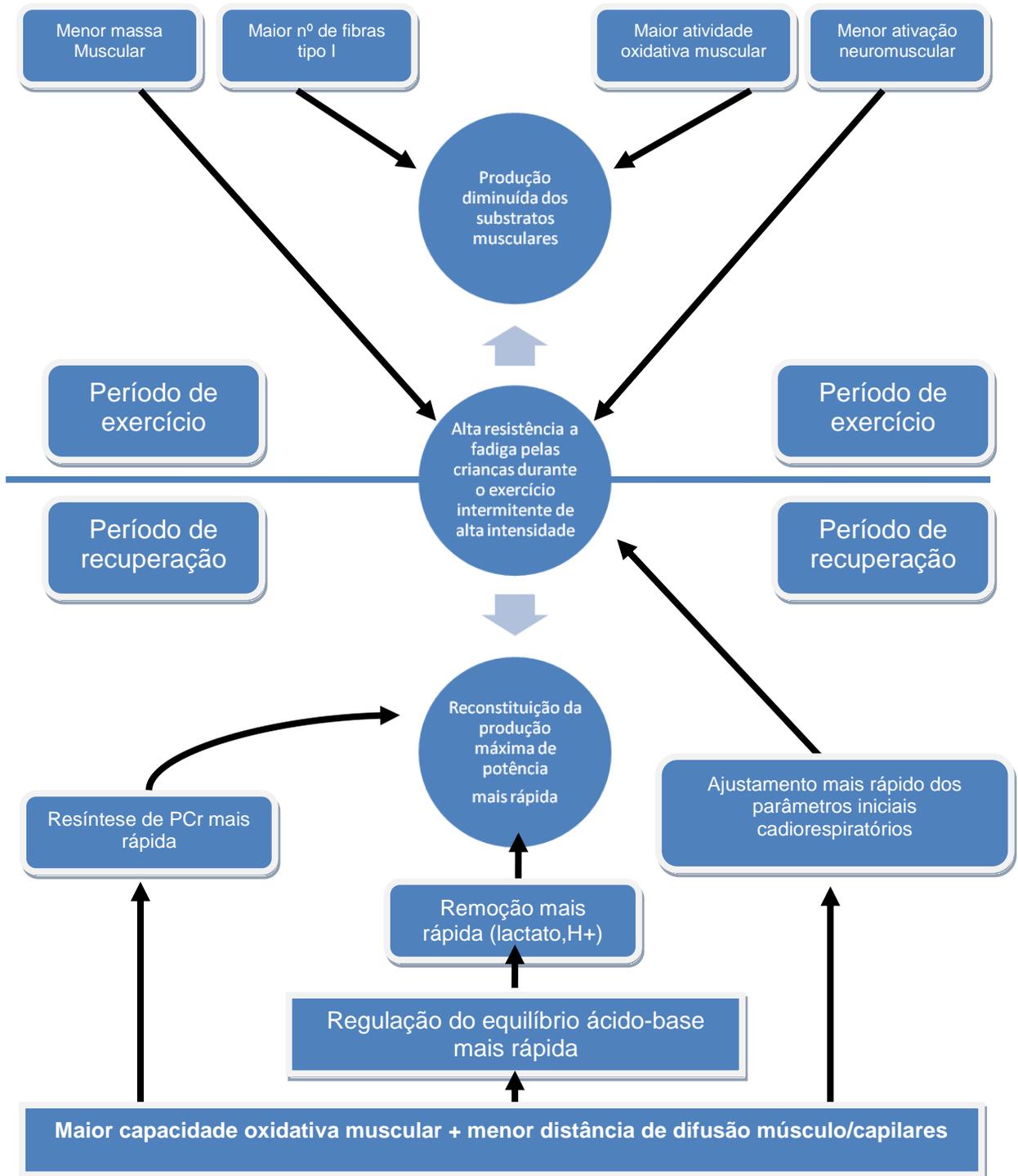
Sendo assim, a aceitação de que a alta resistência à fadiga pelas crianças poderia ser explicada pela baixa atividade glicolítica é presentemente equivocada. O menor acúmulo de H^+ e lactato nos compartimentos intra e extracelulares em crianças pode ser explicado pelas diferentes taxas de crescimento dos tecidos musculares e, conseqüentemente, pela menor massa muscular envolvida durante o exercício (Ratel et al., 2006).

Informações sobre o metabolismo oxidativo em crianças comparado com adultos podem fornecer uma explicação mais consistente. Zanconato et al. (1991) e Armon (1991) afirmam que o perfil metabólico das crianças é melhor equipado para o metabolismo oxidativo, podendo ser um dos fatores de explicação para os menores níveis de lactato sanguíneo e muscular, bem como dos íons de H^+ em crianças e adolescentes em comparação aos adultos. Conseqüentemente, poderia estar relacionado, ainda, à rápida produção de energia pela via oxidativa no início do exercício.

O último fator que pode contribuir para o entendimento das diferenças na resistência à fadiga entre crianças e adultos é o desenvolvimento neuromuscular. Em estudos iniciais, Blimkie et al. (1989) encontraram em adolescentes (16 anos) uma maior porcentagem de recrutamento de unidades motoras durante uma contração muscular voluntária máxima do joelho do que em pré-adolescentes (11 anos). Nesse sentido, Paasuke et al. (2000) relataram que o desenvolvimento da força isométrica voluntária, durante e após a puberdade, está associado ao aumento da ativação das unidades motoras. Portanto, sugere-se que, ao contrário dos adolescentes e adultos, os indivíduos pré-adolescentes tenham maior dificuldade de ativação e recrutamento voluntário das unidades motoras, demonstrando a falta de maturação do sistema neuromuscular.

Com a finalidade de uma melhor visão do processo da fadiga em crianças, Ratel et al. (2006) elaboraram um esquema com os principais fatores que podem explicar este processo durante o exercício e na sua recuperação.

Fig. 1 - Esquema dos vários mecanismos que possam explicar à maior resistência a fadiga em crianças durante o exercício de alta intensidade. Adaptado de Ratel et al. (2006)



CAPÍTULO III

3 MATERIAIS E MÉTODOS

De acordo com Thomas e Nelson (2002) o presente estudo é classificado como descritivo de pesquisa desenvolvimental com delineamento transversal. A pesquisa desenvolvimental tem como foco as comparações entre idades que são testadas no mesmo período de tempo.

3.1 AMOSTRA

Participaram do estudo 36 voluntários, sendo 18 crianças ($11,1 \pm 0,52$ anos; $32,9 \pm 3,32$ kg; $142,6 \pm 4,78$ cm; e estágios de Tanner 1 e 2) e 18 adolescentes ($15,8 \pm 0,49$ anos; $60,4 \pm 3,21$ kg; $176,2 \pm 4,56$ cm; e estágio de Tanner 4).

Foram excluídos do estudo crianças com história de doença cardiovascular, ou doenças osteomioarticulares de qualquer segmento corporal que impeçam a realização dos exercícios propostos. Para participar do estudo os voluntários do grupo de crianças estavam nos estágios 1 ou 2 de maturação e os voluntários do grupo de adolescentes estavam nos estágios 4 ou 5 de maturação de acordo com a classificação de Tanner (1962). Os voluntários que atenderam aos critérios de inclusão foram encaminhados pelo médico responsável do programa, após exames, para a participação no estudo.

Foi apresentado um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido a cada responsável, conforme a resolução nº 196/96 do Comitê Nacional de Ética em Pesquisa do Ministério da Saúde, que contém as diretrizes e normas que regulamentam as pesquisas envolvendo seres humanos (anexo I). Esse projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Católica de Brasília, processo nº 121/05. (anexo II) Antes da assinatura do referido termo, todos os indivíduos e seus responsáveis foram informados dos propósitos, riscos e benefícios do estudo.

3.2 PROCEDIMENTOS

3.2.1 Anamnese

Junto à ficha de coleta de medidas antropométricas, foi feita uma anamnese composta por algumas perguntas esclarecedoras, com informações quanto à prática de atividade física e a acontecimentos médicos. Realizou-se um levantamento histórico familiar relacionado a doenças coronarianas, cardiopatias, diabetes e doenças pulmonares, o qual forneceu segurança para o bom andamento da pesquisa.

3.2.2 Avaliação Antropométrica

As medidas usadas para caracterização da amostra foram utilizadas as seguintes variáveis:

1. Peso corporal: é a resultante do sistema de forças exercidas pela gravidade (g) sobre a massa corporal. Considera-se, em valor absoluto, que o peso (P) é igual à massa (m). Outrossim, para mensuração do peso, utilizou-se uma balança digital com resolução de 50 g.
2. Estatura: estatura é a distância máxima compreendida entre as plantas dos pés e o ponto mais alto da cabeça (vértex), estando o indivíduo em pé e na posição fundamental. Um estadiômetro, construído para esse fim, foi usado.

3.2.2 - Estágio Maturacional

Foi utilizada a classificação proposta por TANNER (1962) onde são descritos cinco estágios de desenvolvimento da genitália e da pilosidade pubiana para os meninos, sendo que por uma inspeção visual, as características sexuais secundárias do avaliado são classificadas em índices de 1 a 5 por comparação a um padrão fotográfico. A utilização deste procedimento visou classificar os sujeitos deste estudo dentro destes parâmetros de maturação biológica, tendo em vista que o estágio de maturação dos indivíduos influencia a performance física dos indivíduos.

3.2.4 Avaliações Isocinéticas

O torque isocinético, a potência muscular, o trabalho total e a taxa de fadiga foram mensurados pelo Dinamômetro Isocinético Biodex System III (Biodex Medical, Inc., Shirley, NY). A velocidade de movimento foi ajustada para 60 e 180°/s. Antes do teste, cada sujeito realizou um aquecimento em uma bicicleta ergométrica por 5 min. Os sujeitos foram instruídos a selecionarem uma resistência e uma cadência que lhes fossem confortáveis e não os levassem à fadiga (Bottaro et al., 2005; Pincivero et al., 2000).

Os sujeitos sentaram na cadeira do dinamômetro em uma posição confortável e foram fixados pelo cinto de segurança no tronco, pélvis e coxa, a fim de minimizar movimentos corpóreos extras, possibilitando um menor pico de torque (Weir et al., 1994). O epicôndilo lateral do fêmur foi usado como um marcador para alinhar o eixo de rotação do joelho e o do aparelho.

Com o posicionamento do sujeito na cadeira, permitindo-se um movimento livre e confortável de flexão e extensão do joelho de uma posição de 90° de flexão até a extensão terminal, foram averiguadas a altura da cadeira, a regulagem do encosto, a posição da cadeira e do dinamômetro e a regulagem do braço de resistência. Essas medidas foram gravadas para padronizar a posição de teste de cada sujeito, individualmente.

A correção da gravidade foi obtida medindo-se o torque exercido pelo braço de resistência e pela perna do avaliado (relaxada), na posição de extensão terminal.

Os valores das variáveis isocinéticas foram automaticamente ajustados para gravidade pelo programa Biodex Advantage Software.

A calibração do dinamômetro Biodex foi realizada de acordo com as especificações contidas no manual do fabricante. Com o intuito de reduzir o efeito da desaceleração do membro na repetição seguinte, a regulagem do movimento do braço de resistência no final da amplitude foi ajustada para o menor nível, *Hard*, durante o procedimento de teste (Taylor et al., 1991).

Na realização do teste, solicitou-se aos voluntários que mantenham seus braços cruzados na altura do tórax (Stumbo et al., 2001). Além disso, foi dado um encorajamento verbal e um *feedback* visual pelo monitor do computador do Biodex, na tentativa de se alcançar o nível de esforço máximo (Hald e Sander, 1987; Kim & Kraemer, 1997; McNair et al., 1996). O procedimento de teste foi realizado por dois técnicos treinados pertencentes ao Laboratório de Avaliação Física e Treinamento (LAFIT) da Universidade Católica de Brasília.



Fonte do autor

3.2.5 Lactato Sanguíneo

As coletas das amostras de 25 μ L de sangue foram realizadas no lóbulo da orelha, após 3min do término do exercício, na velocidade de 60 $^{\circ}$ /s. Para a coleta, utilizar-se-ão capilares de vidro heparinizados e calibrados, os quais serão depositados em tubos *Eppendorf*, contendo 50 μ L de fluoreto de sódio (NaF 1%). As dosagens das amostras de lactato sanguíneo foram realizadas a partir de um analisador de lactato sanguíneo, pelo método eletroenzimático (YSI 1500 STAT).

3.2.6 Protocolo de Exercício

Para familiarização com o exercício, os voluntários realizaram uma avaliação do pico de torque, seguindo o seguinte procedimento: aquecimento com 10 repetições com velocidade de 120 $^{\circ}$ /s; em seguida, realizou-se 2 séries de 4 repetições com a velocidade de 60 $^{\circ}$ /s, com o intervalo de 1 minuto.

No protocolo experimental; os voluntários fizeram três séries de 10 repetições, nas velocidades de 60 e 180 $^{\circ}$ /s, com o IR de 1 e 2min. Os protocolos foram realizados na ordem crescente em relação à velocidade, e 10min de intervalo separaram os testes nas distintas velocidades (Bottaro, 2005; Parcel, 2002).

O membro direito foi utilizado para padronização do teste, uma vez que estudos anteriores não encontraram diferença nas variáveis isocinéticas entre os membros inferiores, dominante e não dominante, em indivíduos destreinados (Davies et al., 2003). Além disso, setenta e duas horas separaram os dias de teste dos diferentes intervalos de recuperação, e a ordem de realização dos distintos protocolos (i.e. IR de 1 e 2min) foi determinada de forma aleatória.

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A estatística descritiva foi dada pela média e desvio padrão. A normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de normalidade *Kolmogorov-Smirnov*. Para a avaliação da influência do tempo de recuperação nas variáveis dependentes ao longo das 3 séries, foi realizada uma análise de variância (ANOVA) fatorial de medidas repetidas 2 X 3 [intervalo de recuperação (1 e 2min) X séries (1ª, 2ª e 3ª séries)] para cada velocidade considerada (60 e 180°/s) em crianças e adolescentes.

Para a variável lactato sanguíneo foi aplicada uma análise de variância (ANOVA) fatorial 2 X 2 X 2 [(pré x pós) (crianças x adolescentes) (1min x 2min)]. Como processo *post hoc*, utilizou-se comparação múltipla com correção do intervalo de confiança pelo método *Bonferroni*. Os dados foram analisados em um computador pessoal, com o programa estatístico *Statistical Package for the Social Sciences* – SPSS (versão 13,0). Foi estabelecido um nível de significância de $\alpha < 0,05$ para todas as avaliações.

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS

A Tabela 3 apresenta o índice % de fadiga, e a Tabela 4, os valores brutos do pico de torque (PT) em crianças e adolescentes a 60°/s ao longo de três séries, com 10 extensões isocinéticas unilaterais de joelho, com 1 e 2 min de intervalo de recuperação (IR). Com 1min de IR, as crianças apresentaram uma redução de 2,02% da 1ª série para a 2ª ($p = 0,920$), de 4,48% da 1ª para 3ª série ($p = 0,368$) e da 2ª para 3ª série de 2,51%, ($p = 0,424$). Nas três séries, não foram encontradas diferenças significativas nos valores do PT.

No grupo dos adolescentes com 1min de IR, encontrou-se uma redução significativa de 9,42% da 1ª série para a 2ª ($p = 0,001$). Da 1ª para 3ª série, houve uma redução de 17,53%, ($p = 0,001$) e da 2ª para 3ª série, de 8,95%, ($p = 0,001$). Nas três séries, foram verificadas diferenças significativas no PT.

Em relação ao IR de 2min, as crianças apresentaram uma redução de 3,76% da 1ª para a 2ª série ($p = 0,355$), de 2,82% da 1ª para 3ª ($p > 0,431$) e da 2ª para 3ª série, de 0,97% ($p = 1,000$). Também nas três séries não foram encontradas diferenças significantes nos valores do PT. Entretanto, no grupo dos adolescentes com 2min de IR, verificou-se uma redução de 2,33% da 1ª série para a 2ª ($p = 0,01$), da 1ª para 3ª série foi de 4,70% ($p = 0,001$) e da 2ª para 3ª série, de 2,43% ($p = 0,01$).

Ao compararmos 1min e 2min, não foram observadas diferenças significativas no grupo de crianças ($p = 0,565$). Porém, nos adolescentes, constatou-se na 2ª e 3ª série uma maior manutenção do PT no intervalo de 2min ($p = 0,001$ – Tabela 4).

Para uma melhor visualização dos resultados, apresenta-se a Figura 2, a qual demonstra o comportamento do PT nas crianças e nos adolescentes durante as 3 séries.

Tabela 3 – Índice de fadiga (%) do pico de torque na velocidade de 60°/s, em crianças e adolescentes

Grupos	IR	Série		
		1 ^a → 2 ^a	1 ^a → 3 ^a	2 ^a → 3 ^a
Crianças (n=18)	1min	-2,02	-4,48	-2,51
	2min	-3,76	-2,82	-0,97
Adolescentes (n=18)	1min	-9,42	17,53	-8,95
	2min	-2,33	-4,70	-2,43

Tabela 4 – Valores do pico de torque em crianças e adolescentes na velocidade de 60°/s

Grupos	IR	1 ^a Série		2 ^a Série		3 ^a Série	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP
Crianças (n=18)	1min (N.m)	78,19	3,37	76,60	3,40	74,68	3,54
	2min (N.m)	81,65	3,27	78,58	3,08	79,35	2,94
Adolescentes (n=18)	1min (N.m)	214,73	3,28	194,50*	3,31	177,08*‡	3,45
	2min (N.m)	214,16	3,18	209,17*†	3,00	204,08**††	2,86

IR = Intervalo de Recuperação; DP = Desvio Padrão;

* (p < 0,05) menor que a 1^a série;

‡ (p < 0,05) menor que a 2^a série;

† (p < 0,05) maior que 1min.

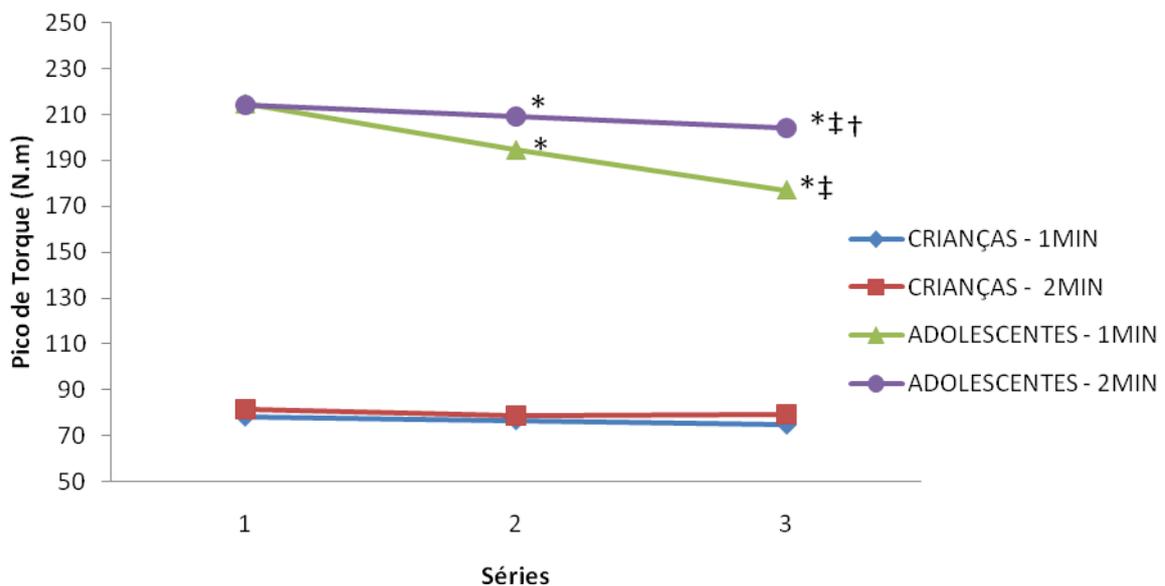


Figura 2 – Pico de Torque em crianças e adolescentes na velocidade de 60°/s

* (p < 0,05) menor que a 1^a série; ‡ (p < 0,05) menor que a 2^a série; † (p < 0,05) maior que 1min

A Tabela 5 apresenta o índice % de fadiga, e a Tabela 6, os valores brutos do

pico de torque (PT) em crianças e adolescentes a 180°/s ao longo de três séries, com 10 extensões isocinéticas unilaterais de joelho, com 1 e 2 min de intervalo de recuperação (IR). Com 1min de IR, as crianças apresentaram uma redução de 2,33% da 1ª série para a 2ª ($p = 0,351$), de 2,95% da 1ª para 3ª série ($p = 0,609$) e da 2ª para 3ª série, de 0,63%, ($p = 1,000$). Já no grupo dos adolescentes, foram verificadas diferenças significativas nas 3 séries com 1min de IR. Encontrou-se, ainda, uma redução de 5,47% da 1ª para a 2ª série ($p = 0,001$), da 1ª para 3ª série foi de 11,07%, ($p = 0,001$) e da 2ª para 3ª série, de 5,92% ($p = 0,001$). Nas três séries, foram verificadas diferenças significativas no PT.

Em relação ao IR de 2min, as crianças apresentaram uma redução de 0,66% da 1ª para a 2ª série ($p = 1,000$), de 2,24% da 1ª para 3ª série ($p = 0,462$) e da 2ª para 3ª série, de 1,60% ($p = 0,439$). Além disso, nas três séries, não foram encontradas diferenças significativas nos valores do PT, com velocidade de 180°/s. Contudo, no grupo dos adolescentes com 2min de IR, percebeu-se uma redução de 2,15% da 1ª série para a 2ª ($p = 0,01$), da 1ª para 3ª série, foi de 4,37% ($p = 0,001$) e da 2ª para 3ª série, de 2,27% ($p = 0,01$).

Em relação aos IRs 1min e 2min, não foram observadas diferenças significativas no grupo de crianças ($p = 0,320$). Porém nos adolescentes também constatou-se uma maior manutenção do PT na velocidade de 180°/s, no intervalo de 2min ($p = 0,001$ – Tabela 6). Para uma melhor visualização dos resultados, apresenta-se a Figura 3, que aborda o comportamento do PT nas crianças e nos adolescentes durante as 3 séries.

Tabela 5 – Índice de fadiga (%) do pico de torque na velocidade de 180°/s

Grupos	IR	Série		
		1ª → 2ª	1ª → 3ª	2ª → 3ª
Crianças (n=18)	1min	-2,33	-2,95	-0,63
	2min	-0,66	-2,24	-1,60
Adolescentes (n=18)	1min	-5,47	-11,07	-5,92
	2min	-2,15	-4,37	-2,27

Tabela 6 – Valores do pico de torque em crianças e adolescentes na velocidade de 180°/s

Grupos	IR	1ª Série		2ª Série		3ª Série	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP
Crianças (n=18)	1min (N.m)	56,17	2,53	54,86	2,50	54,52	2,62
	2min (N.m)	57,21	2,30	56,83	2,20	55,92	2,02
Adolescentes (n=18)	1min (N.m)	141,34	2,46	133,63*	2,44	125,71**‡	2,55
	2min (N.m)	142,99	2,24	139,92*	2,14	136,74**†	1,97

IR = Intervalo de Recuperação; DP = Desvio Padrão;

* ($p < 0,05$) menor que a 1ª série;

‡ ($p < 0,05$) menor que a 2ª série;

† ($p < 0,05$) maior que 1min.

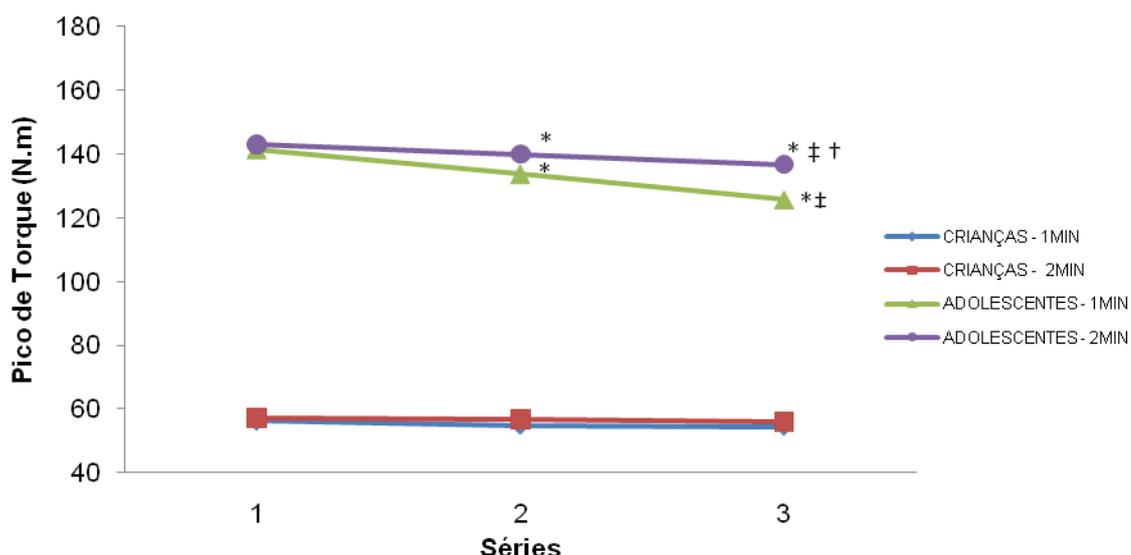


Figura 3 – Pico de Torque em crianças e adolescentes na velocidade de 180°/s

* ($p < 0,05$) menor que a 1ª série; ‡ ($p < 0,05$) menor que a 2ª série; † ($p < 0,05$) maior que 1min

A Tabela 7 apresenta o índice % de fadiga, e a Tabela 8, os valores brutos do Trabalho Total (TT) em crianças e adolescentes a 60°/s ao longo de três séries, com 10 extensões isocinéticas unilaterais de joelho, com 1min e 2 min de intervalo de recuperação (IR). Com 1min de IR, as crianças apresentaram uma redução de 0,3% da 1ª série para a 2ª ($p = 1,000$), de 4,1% da 1ª para 3ª série ($p=1,000$) e da 2ª para 3ª série, de 3,8% ($p=1,000$). Nas três séries, não foram encontradas diferenças significativas nos valores do TT.

No grupo dos adolescentes com 1min de IR, encontrou-se uma redução de 7,66% da 1ª para a 2ª série ($p = 0,001$), da 1ª para 3ª série foi de 20,94% ($p=0,001$) e da 2ª para 3ª série, de 14,39% ($p=0,001$). Nas três séries, foram verificadas diferenças significativas no TT.

Em relação ao IR de 2min, as crianças apresentaram uma redução de 0,3% da 1ª série para a 2ª ($p = 1,000$), de 0,75% da 1ª para 3ª série ($p = 0,710$) e da 2ª para 3ª série, de 0,44% ($p = 1,000$). Nas três séries, não foram encontradas diferenças significantes nos valores do TT. Diferentemente ao encontrado em relação ao PT, verificou-se que, no TT, no grupo dos adolescentes houve uma redução não significativa durante as 3 séries. Com 2min de IR, encontrou-se uma redução de 0,50% da 1ª série para a 2ª ($p = 0,12$), da 1ª para 3ª série foi de 0,89% ($p = 0,08$) e da 2ª para 3ª série, de 0,39% ($p = 0,14$).

Ao compararmos 1min e 2min, não foram observadas diferenças significativas no grupo de crianças ($p= 0,580$). Porém, nos adolescentes, constatou-se uma maior manutenção do TT no intervalo de 2min ($p= 0,02$) – Tabela 8). Para uma melhor visualização dos resultados, apresenta-se a Figura 4, a qual apresenta o comportamento do TT durante as 3 séries.

Tabela 7 – Índice de fadiga (%) do trabalho total na velocidade de 60°/s

Grupos	IR	Série		
		1ª → 2ª	1ª → 3ª	2ª → 3ª
Crianças (n=18)	1min	-0,3	-4,1	-3,8
	2min	-0,3	-0,75	-0,44
Adolescentes (n=18)	1min	-7,66	-20,94	-14,39
	2min	-0,50	-0,89	-0,39

Tabela 8 – Valores do trabalho total em crianças e adolescentes na velocidade de 60°/s

Grupos	IR	1ª Série		2ª Série		3ª Série	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP
Crianças (n=18)	1min (J)	557,17	27,86	555,48	27,66	534,54	61,80
	2min (J)	576,56	26,90	574,81	26,06	572,25	26,20
adolescentes (n=18)	1min (J)	1864,40	27,12	1721,65*	26,92	1476,98*‡	60,15
	2min (J)	1816,11	26,18	1807,04*	25,36	1800,00†	25,50

* ($p < 0,05$) menor que a 1ª série;

‡ ($p < 0,05$) menor que a 2ª série;

† ($p < 0,05$) maior que 1min.

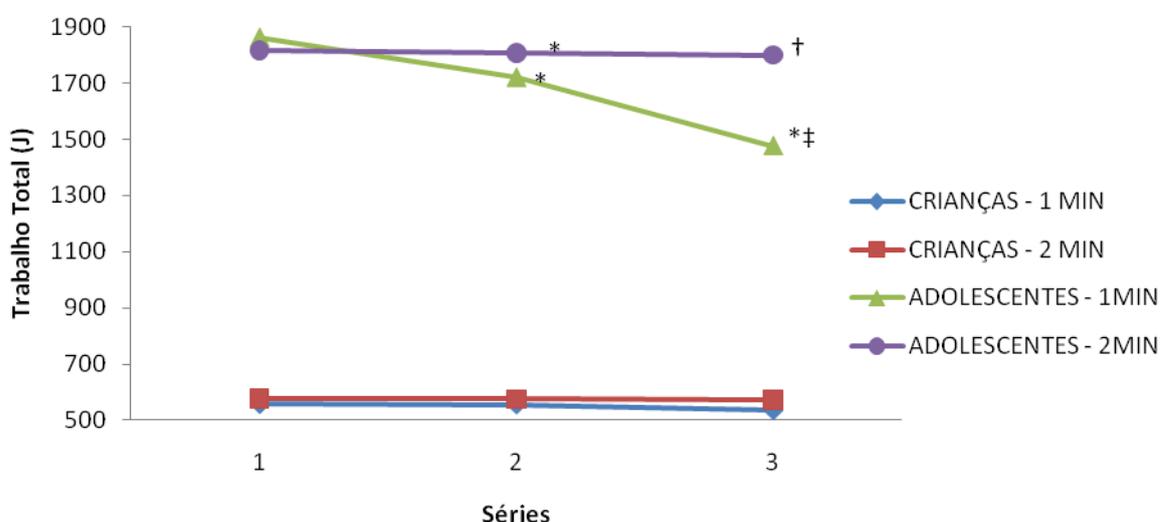


Figura 4 – Trabalho total em crianças e adolescentes na velocidade de 60°/s
 * ($p < 0,05$) menor que a 1ª série; ‡ ($p < 0,05$) menor que a 2ª série; † ($p < 0,05$) maior que 1min

A tabela 9 apresenta o índice % de fadiga, e a tabela 10, os valores brutos do Trabalho Total (TT) em crianças e adolescentes a 180°/s ao longo de três séries, com 10 extensões isocinéticas unilaterais de joelho, com 1 e 2 min de intervalo de recuperação (IR). Com 1min de IR, as crianças apresentaram uma redução de 1,8% da 1ª série para a 2ª ($p = 0,90$), de 4,4% da 1ª para 3ª série ($p = 1,00$) e da 2ª para 3ª série, de 2,7%, ($p = 1,000$). Nas três séries, não foram encontradas diferenças significantes nos valores do PT.

No grupo dos adolescentes com 1min de IR, encontrou-se uma redução de 5,91% da 1ª série para a 2ª série ($p = 0,001$), da 1ª para 3ª série foi de 16,20% ($p = 0,001$) e da 2ª para 3ª série, de 10,95% ($p = 0,02$). Nas três séries, foram verificadas diferenças significativas no TT.

Em relação ao IR de 2min, as crianças apresentaram uma redução de 0,21% da 1ª série para a 2ª ($p = 1,00$), de 0,09% da 1ª para 3ª série ($p = 1,00$) e da 2ª para 3ª série, de 0,12% ($p = 1,00$). Também nas três séries não foram encontradas diferenças significantes nos valores do TT. Além disso, no grupo dos adolescentes com 2min de IR, encontrou-se uma pequena redução de 0,48% da 1ª série para a 2ª série ($p = 0,78$), da 1ª para 3ª série foi de 0,84% ($p = 0,37$) e da 2ª para 3ª série, de 0,34% ($p = 1,00$), demonstrando que o com IR de 2min os adolescentes conseguem

manter uma melhor performance muscular nas séries subsequentes.

Ao compararmos 1min e 2min, foram observadas diferenças significativas no grupo de crianças e de adolescentes ($p = 0,01$). Para uma melhor visualização dos resultados, verifica-se a Figura 5, que apresenta o comportamento do TT durante as 3 séries.

Tabela 9 – Índice de fadiga (%) do trabalho total na velocidade de 180°/s

grupos	IR	Série		
		1 ^a → 2 ^a	1 ^a → 3 ^a	2 ^a → 3 ^a
Crianças (n=18)	1min	-1,8	-4,4	-2,7
	2min	-0,21	-0,09	-0,12
Adolescentes (n=18)	1min	-5,91	-16,20	-10,95
	2min	-0,48	-0,84	-0,34

Tabela 10 – Valores do trabalho total em crianças e adolescentes na velocidade de 180°/s

grupos	IR	1 ^a Série		2 ^a Série		3 ^a Série	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP
Crianças (n=18)	1min (J)	390,06	22,82	383,17	23,17	372,77	41,07
	2min (J)	394,36	19,22	395,19	18,04	394,70	17,94
Adolescentes (n=18)	1min (J)	1077,61	22,21	1013,97*	22,55	902,99*‡	39,98
	2min (J)	1073,61	18,70	1068,45	17,56	1064,78†	17,46

IR = Intervalo de Recuperação; DP = Desvio Padrão;

* ($p < 0,05$) menor que a 1^a série;

‡ ($p < 0,05$) menor que a 2^a série;

† ($p < 0,05$) maior que 1min.

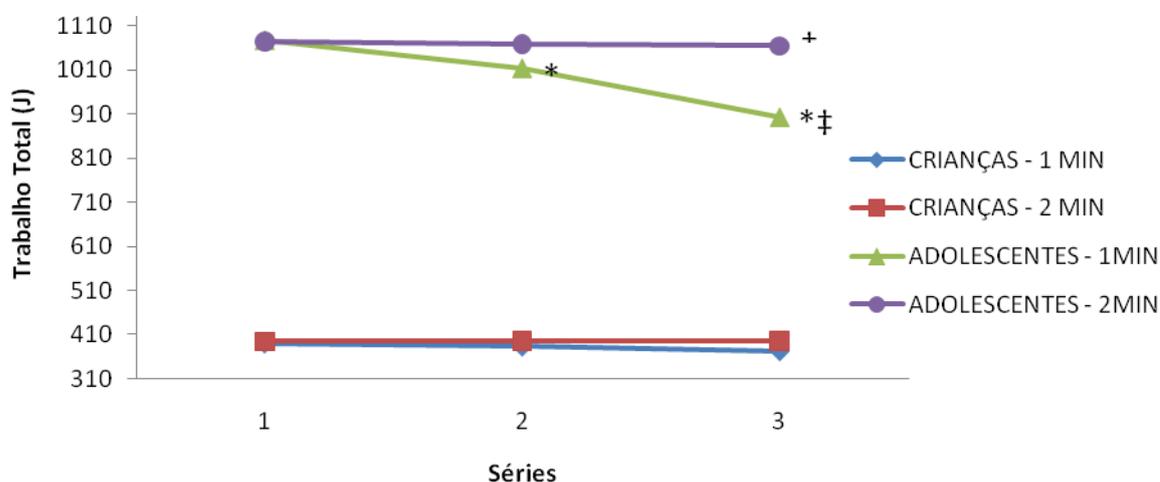


Figura 5 – Trabalho total em crianças e adolescentes na velocidade de 180°/s

* ($p < 0,05$) menor que a 1ª série; ‡ ($p < 0,05$) menor que a 2ª série; † ($p < 0,05$) maior que 1min

Na Tabela 11, observam-se os valores da concentração de lactato após a realização de 3 séries de 10 repetições, na velocidade de 60º/s, com 1 e 2 minutos de intervalo de recuperação. Com os IRs de 1 min e 2 min, verificou-se nas crianças uma diferença significativa entre a concentração de lactato antes e depois da realização do protocolo, ($p = 0,002$) e ($p = 0,001$), respectivamente. Também no grupo dos adolescentes foram verificadas diferenças significativas entre as concentrações de lactato antes e depois da realização do protocolo, tanto no IR de 1min ($p = 0,001$), quanto no IR de 2min ($p = 0,001$).

Com relação à comparação dos grupos, foram encontradas diferenças significativas na concentração de lactato após a realização do protocolo ($p = 0,001$). Verificou-se, portanto, que os adolescentes apresentaram uma concentração de lactato significativamente maior do que as crianças nos 2 IRs.

Tabela 11 – Resultados da concentração de lactato após 3 séries de 10 repetições a 60º/s

		Crianças (n = 15)		Adolescentes (n = 15)	
		Pré	Pós	Pré	Pós
Lactato (mmol)	1min	1.04 ± 0.23	2.55 ± 0.47 *	1.17 ± 0.18	6.59 ± 1.07 *‡
	2min	1.05 ± 0.20	2.58 ± 0.47 *	1.18 ± 0.17	6.03 ± 0.84 *‡

* $p < 0.05$ maior que o pré-teste

‡ $p < 0.05$ maior do que as crianças.

CAPÍTULO V

5 DISCUSSÃO

A variável intervalo de recuperação é fundamental na prescrição do treinamento resistido, sendo também um fator determinante no processo da fadiga muscular em todas as populações. Assim, para um melhor entendimento dos resultados encontrados no presente estudo, a discussão foi estruturada da seguinte forma:

a) estudos dos IRs em diferentes faixas etárias com exercícios isoinerciais e isocinéticos; b) valores de referência em relação ao PT em crianças e adolescentes; c) estudos dos IRs comparando crianças, adolescentes e adultos com exercícios de corridas, ciclismo, isoinerciais e isocinéticos; d) estudos que avaliaram a concentração de lactato em exercícios resistidos.

Estudos envolvendo movimentos isoinerciais com adultos jovens (Kraemer, 1997; Rahimi, 2005; Ratamess et al., 2007; Willardson e Burkett, 2005) reportaram que 1min de IR é insuficiente para manter o número de repetições em séries subsequentes e, conseqüentemente, evitar a fadiga muscular em protocolos de treinamento resistido. Por outro lado, Matuszak et al. (2003) e Weir et al. (1994) verificaram não haver diferenças entre 1min e intervalos maiores em protocolos de avaliação da força muscular.

Com exercícios isocinéticos, Pincivero et al. (1997) verificaram o efeito crônico de dois IRs nos ganhos de força muscular em 15 voluntários ($21,7 \pm 1,9$ anos) destreinados. O estudo consistia na realização de quatro séries de 10 extensões e flexões isocinéticas unilaterais de joelho, a $90^\circ/s$, com IR de 40s e 160s, três vezes por semana, durante quatro semanas. Constataram um maior aumento da força (i.e. pico de torque) com a utilização de 160s de IR.

Bottaro et al. (2005), ao estudarem idosos, mostraram que 30 e 60s são suficientes para recuperar o PT durante um teste isocinético entre séries de

contrações concêntricas do quadríceps. No entanto, esse estudo utilizou um protocolo de 2 séries e 4 repetições. Na tentativa de também estipular o menor IR necessário na realização de um protocolo de teste (2 séries de quatro repetições) isocinético, Parcell et al. (2002) verificaram a influência de quatro IRs (15, 60, 180 e 300s) no pico de torque em universitários. Participaram da pesquisa 11 homens, que realizaram um teste isocinético de extensão de joelhos, o qual consistia na realização de quatro repetições, nas velocidades de 60, 120, 180, 240 e 300°/s. Os autores concluíram não haver diferenças nos picos de torques produzidos em nenhuma velocidade com os IRs de 60, 180 e 300s.

Recentemente, Celes et al. (2009) verificaram a influência de dois IRs (1min e 2 min) no PT em adultos jovens. O protocolo realizado foi igual ao do presente estudo, 3 séries de 10 repetições de contrações isocinéticas do quadríceps, com velocidades de 60°/s e 180°/s. Concluíram que os intervalos de recuperação utilizados foram insuficientes para a manutenção da performance muscular durante as séries. Avaliando 20 idosos, Ernesto et al. (2009), em três séries de 10 repetições de contrações isocinéticas concêntricas do quadríceps, a 60°/s, verificaram que 2min de IR foram suficientes para a manutenção do PT nas três séries.

Os dinamômetros isocinéticos para avaliação da força muscular em crianças e adolescentes têm sido utilizados por vários pesquisadores desde as décadas de 1970 e 1980 (Gillian et al., 1979; Housh, 1984; Osternig, 1986). Entretanto, estudos com valores de referência para PT em crianças são poucos. Recentemente, Wiggin et al. (2006) avaliaram o PT em 3587 crianças dos 6 aos 13 anos. Com idade média de 11,3 anos, foram avaliados 194 sujeitos e verificou-se um PT médio de 80 Nm, valor semelhante ao do presente estudo (79,5 Nm).

Em outros estudos, encontraram-se resultados similares aos deparados neste trabalho. Holm et al. (2005), em um estudo longitudinal, acompanharam a variação do PT desde 10 até 21 anos e descobriram, para a idade de 11,6 anos, um PT de 85 Nm. Kotzamanidou et al. (2005) relataram um valor de PT em garotos de 10,5 anos de 80,1 Nm, e Paraschos et al. (2007) relataram dados similares, 85 Nm com garotos de 10,5 anos.

Em relação aos adolescentes, o PT médio do presente estudo foi de 214,6 Nm. No estudo de Holm et al. (2005), na idade de 16 anos, o PT verificado foi de 202,8 Nm. Gerodimos et al. (2003) avaliaram 60 atletas amadores de basquetebol, com idade média de 15,6 anos, e encontraram um PT médio de 201,5 Nm.

Em uma revisão sistemática de Benson et al. (2008), sobre os efeitos do treinamento resistido em crianças e adolescente, a variável IR não aparece como fator importante de análise. Porém, tendo em vista que um dos principais objetivos de se praticar exercícios resistidos é o desenvolvimento da força e massa musculares, o conhecimento do IR mais indicado para crianças e adolescentes torna-se imprescindível.

Estudos iniciais, com objetivo de investigar a performance e recuperação muscular em crianças, foram realizados com corridas de alta intensidade e *sprints* de curta duração em cicloergômetros. Com essa finalidade, Hebestrit et al. (1993) verificaram que garotos entre 8 e 12 anos de idade foram capazes de reproduzir em 100% sua performance no teste de Wingate, com apenas 2 min. de recuperação, comparado-os aos adultos jovens, que necessitaram de 10 minutos.

Similarmente, Lazaar et al. (2002), em atividades de corridas de 10s, com intervalo de recuperação de 30s, encontraram queda na distância percorrida de 12% em garotos e 20% em homens. Ratel et al. (2002), com intervalos de 30s, reportaram que garotos conseguem manter o pico de potência inicial, enquanto os adultos apresentaram um decréscimo de 28,5%. Em outro estudo de Ratel et al. (2004), verificou-se uma diferença no desempenho na realização de *sprints* de 10s em cicloergômetros, com intervalo de recuperação de 15s. As crianças apresentaram um decréscimo no pico de potência de 14%, e os adultos, de 40%.

Pesquisas recentes utilizaram contrações isocinéticas com diferentes IRs para comparação do processo de fadiga em diferentes faixas etárias. Assim, Kotzamanidou et al. (2005) verificaram as diferenças entre adultos e pré-adolescentes do sexo masculino em relação ao processo de recuperação após um teste de fadiga isocinético, de 25 repetições, com a velocidade de 60°/s. Os autores avaliaram o PT após IRs de 1, 2 e 3 minutos.

Foi observado que, após 3 minutos, os garotos alcançaram 89,1% do PT inicial, enquanto os adultos, somente 69,4%. Concluíram, portanto, que os dados indicavam uma recuperação melhor da performance muscular em todos IRs nos pré-adolescentes do que nos adultos e atribuíram os achados aos fatores neurais no processo de contração muscular.

Similarmente ao estudo acima citado, Zafeiridis et al. (2005) reportaram uma recuperação mais rápida em garotos do que em adolescentes e adultos, utilizando um protocolo de alta intensidade 30s (4 séries de 18 repetições, com 1 min de IR) e

60s (2 séries de 34 repetições, com 2 min de IR) em exercícios isocinéticos de extensão do joelho, tanto para o PT como para o TT, durante as 4 séries. Os autores sugeriram a grande relação entre a produção de energia e a capacidade anaeróbica e constataram que as diferenças entre as contribuições das vias anaeróbicas e aeróbicas para a produção de energia podem explicar parte do processo de fadiga entre as crianças e os adolescentes.

Também, Paraschos et al. (2007) compararam adultos com pré-adolescentes utilizando o dinamômetro isocinético, com o protocolo de 25 repetições e velocidade de 60°/s. Os resultados demonstram uma queda ao final do teste (após a execução das 35 repetições), 25,7% para os garotos e 36,1% para os adultos. Em relação ao processo de fadiga, os autores apontaram que os adultos parecem ser mais propensos à fadiga do que os pré-adolescentes, devido, principalmente, a fatores neuromusculares. Portanto, os três estudos supracitados estão em concordância com os resultados do presente estudo, o qual demonstrou uma melhor capacidade de recuperação da performance muscular das crianças, quando comparados aos adolescentes.

Estudo recente de Dipla et al. (2009), que comparou à resistência a fadiga entre crianças (11,3 anos), adolescentes (14,7 anos) e adultos (24,0 anos), utilizando um protocolo de 4 séries de 18 repetições, na velocidade de 120°/s, verificou um PT de 75 Nm para o grupo de crianças e de 150 Nm para os adolescentes. Esses valores são menores que os encontrados no presente estudo, principalmente os dos adolescentes, o que pode ser explicado pela diferença na idade da amostra. Na análise de Dipla et al. (2009), as crianças estavam na fase inicial da puberdade e, no presente estudo, os adolescentes avaliados encontravam-se na fase mais tardia da puberdade. Outra explicação para essa diferença foi a velocidade escolhida pelos referidos autores, 120°/s, a qual é dessemelhante à deste estudo, no qual o pico de torque foi avaliado com a velocidade de 60°/s, que é a velocidade mais utilizada para determinação do PT.

Sobre o intervalo de recuperação, Dipla et al. (2009) utilizaram um IR de 1 min entre as séries, verificando-se uma redução significativa do PT e do TT entre a 1ª e a 4ª série, tanto no grupo dos adultos quanto nos adolescentes. Entretanto, as crianças foram capazes de manter a performance muscular. Logo, os autores inferiram que diferenças entre mecanismos intramusculares e tipos de fibras contribuem para explicar a menor fadiga nas crianças e, então, concluíram que a

resistência à fadiga diminui gradativamente da infância até a adolescência. Esses resultados estão em conformidade com do presente estudo, visto que, com o IR de 1min, as crianças não apresentaram redução significativa no PT e no TT durante as 3 séries.

Em outra análise, também com uma finalidade similar ao do presente estudo, isto é, verificar os efeitos de diferentes intervalos de recuperação na performance muscular, Faigenbaum et al. (2008) verificaram 3 intervalos de recuperação (1, 2 e 3min) em três grupos: garotos (n=13, 11,3 anos), adolescentes (n =13, 13,6 anos) e homens (n=17, 21,4 anos), utilizado exercícios isoinerciais (3 séries de 10 repetições máximas).

Foram encontradas diferenças significativas no número de repetições nos três IRs entre as crianças, os adolescentes e os adultos. Com IR de 1 min, os resultados foram 27,9; 26,9 e 18,2, respectivamente; com IR de 2 min, 29,6; 27,8 e 21,4, respectivamente, e com IR de 3 min, 30,0; 28,8 e 23,9, respectivamente. Dessa forma, os autores concluíram que os garotos e os adolescentes têm melhor capacidade para manutenção da performance muscular do que adultos, em exercícios intermitentes de intensidade moderada.

Apesar da diferença metodológica no que diz respeito ao tipo de exercício utilizado no estudo de Faigenbaum et al.(2008), os resultados encontrados são semelhantes no presente estudo, tanto em exercícios intermitentes de alta intensidade (3 séries de 10 repetições a 60°/s), quanto nos exercícios de intensidade moderada (3 séries de 10 repetições a 180°/s). Ou seja, as crianças têm maior capacidade de recuperação da performance muscular, independentemente do tipo de exercício realizado.

A avaliação da concentração de lactato como variável importante para um melhor entendimento dos processos metabólicos durante o exercício físico e a fadiga tem sido utilizada de forma consistente por vários pesquisadores. Nesse sentido, em estudos iniciais comparando crianças aos adultos que realizaram exercícios anaeróbicos de alta intensidade, foram reportadas menores concentrações de lactato em crianças do que em adultos (Zanconato et al., 1995; Gaul et al., 1995).

Ratel et al. (2002), utilizando séries de *sprints* em cicloergômetros, e Lazaar et al. (2002), com corridas de 10s e intervalo de recuperação de 30s, também verificaram diferenças significativas entre crianças, adolescentes e adultos na produção de lactato.

Utilizando exercícios isocinéticos intermitentes de alta intensidade, Zafeiridis et al. (2005) reportaram uma menor concentração de lactato (6,0 mmol/L) em crianças do que em adolescentes (8,5mmol/L). A diferença entre essa concentração nos dois estudos pode ser explicada pelos contrastes entre os protocolos; no protocolo de Zafeiridis et al. (2005), o número de repetições em cada série foi maior que o do presente estudo.

Recentemente, Dipla et al. (2009), comparando crianças, adolescentes e adultos após realização de protocolo de 4 séries de 18 repetições, em exercícios isocinético, reportaram diferenças significativas na produção de lactato, 6,0 mmol/L; 8,5mmol/L e 12,0mmol/L, respectivamente. Esses valores são maiores que o do presente estudo, diferença que poder ser elucidada pelo protocolo realizado pelos autores citados anteriormente, os quais tinham como objetivo levar os sujeitos à exaustão. Além disso, o tempo de execução foi maior que o do presente estudo, o que provavelmente aumentou a produção de lactato. Por outro lado, a diferença encontrada entre crianças e adolescentes por Dipla et al. (2009) corrobora os resultados do presente estudo.

Eriksson et al. (1973) foram os primeiros autores a sugerir que o metabolismo glicolítico é menos desenvolvido em crianças do que em adultos, pela descoberta de uma menor concentração de lactato nelas. Além disso, Eriksson et al. (1973) reportaram uma menor concentração da enzima fosfofrutoquinase, que tem papel fundamental nas reações químicas da via anaeróbica. Outros estudos também examinaram a atividade enzimática na via anaeróbica (lactato desidrogenase, aldolase e piruvatukinase) e verificaram concentrações menores em crianças do que em adultos (Berg et al., 1986; Kaczor et al., 2005). Contudo, contrastando com estes resultados, Haralambie (1982) reportou valores similares a estas enzimas em garotos de 13,5 anos e adultos de 22 anos.

A noção que as crianças têm uma recuperação mais rápida que os adultos após a realização de um exercício físico intenso parece ser bem aceita por profissionais que trabalham com a atividade física. Entretanto, Falk e Dotam (2006) afirmam que os dados os quais demonstram essa diferença são surpreendentemente escassos.

Nos estudos de revisão sobre o tema, Ratel et al. (2006) e Falk e Dotam (2006) verificaram que os fatores que explicam a vantagem da recuperação mais rápida em crianças após um exercício de alta intensidade intermitente são: 1) maior

porcentagem de fibras musculares tipo I; 2) menor atividade do metabolismo glicolítico; 3) menor ativação neuromuscular; 4) menor habilidade de ativação das fibras tipo II; 5) melhor regulação do mecanismo ácido-base; 6) Maior taxa de ressíntese de CP.

Além desses fatores, estudo recente de Ratel et al. (2009), comparando a capacidade oxidativa muscular, por meio de ^{31}P -MRS, entre crianças e adultos, comprovou que os resultados encontrados refletiam uma grande capacidade oxidativa mitocondrial em crianças. Assim, concluíram que uma alta capacidade de regeneração do ATP, por meio do sistema aeróbico em crianças, poderia ser um fator importante para a melhor resistência à fadiga nas crianças, em exercícios intermitentes de alta intensidade.

Finalmente, nesses importantes estudos de revisão sobre a fadiga em criança, os autores afirmam que os vários fatores que explicam essa capacidade de resistência influenciam, principalmente, a magnitude da produção de potência muscular nas crianças, afetando, portanto, a extensão da fadiga e, conseqüentemente, sua recuperação.

CAPÍTULO VI

6 CONCLUSÃO

Os resultados encontrados no presente estudo sugerem que a variável intervalo de recuperação é um fator importante para uma adequada prescrição de treinamento resistido durante o crescimento. Assim, verificou-se uma diferença significativa entre crianças e adolescentes na manutenção da performance muscular, após a realização de 3 séries de 10 contrações isocinéticas unilaterais do joelho, a 60°/s e a 180°/s, tanto no pico de torque (PT) quanto no trabalho total (TT). Nesse sentido, nos dois intervalos de recuperação utilizados, verificou-se que as crianças necessitam de um menor intervalo de recuperação, isto é, 1 minuto foi suficiente para a realização de séries subsequentes, sem a diminuição da performance muscular.

Em relação aos adolescentes, conclui-se que é necessário um período maior de recuperação, pois os resultados demonstraram que, para o PT nas duas velocidades de contração, 2 min de recuperação foram insuficientes para a manutenção da performance nas séries subsequentes. Entretanto, constatou-se que no TT, na velocidade de 180°/s, os adolescentes foram capazes de manter a performance muscular com 2 min de IR. Também foram encontradas diferenças expressivas em relação à concentração de lactato [La] entre os dois grupos; os adolescentes apresentaram uma *La* significativamente maior que as crianças.

Sendo assim, é necessário que sejam consideradas essas diferenças na prescrição do treinamento resistido nas faixas etárias estudadas, com o intuito otimizar os ganhos físicos e motores, os quais são fundamentais para um desenvolvimento adequado do indivíduo. Além disso, sugerem-se novos estudos que visem elucidar os efeitos das principais variáveis relacionadas ao treinamento resistido (volume de treino, frequência, intervalo de recuperação, etc.) durante a infância, bem como uma melhor compreensão do processo da fadiga muscular em crianças.

Referências Bibliográficas

Abernethy, P., Wilson, G., Logan, P. Strength and power assessment. Issues, controversies and challenges. **Spor Medicine**. 1999; 19: 401-417.

American Academy of Pediatrics. Strength training by children and adolescents. **Pediatrics**. 2008;121: 835–840.

American College of Sports Medicine. The prevention of sports injuries of children and adolescents. **Med Sci Sports Exerc**. 1993; 25(8 Supplements) : 1-7.

American Orthopedics Society of Sports Medicine. Proceedings of the conference on strength training and the prepubescent. Chicago: **American Orthopedica Society for Sports Medicine**. 1988.

Alexander, J. and Molnar, G.E. Muscular strength in children: preliminary report on objective standards. **Arc in phys reha**. 1973; 54 : 424-7.

Armon Y, Cooper DM, Flores R, et al. Oxygen uptake dynamics during high-intensity exercise in children and adults. **J Appl Physiol** 1991; 70: 841-8

Bar-Or,O. **Future Directions in Exercise and Sport Science Research**, Champaign-IL: Human Kinetics, 1989.

Bar-Or O, and Rowland T, editors. **Pediatric exercise medicine:from physiological principles to health care application**.Champaign (IL): Human Kinetics, 2004

Benson, AC , Torode ME. Singh M.A.F. Effects of resistance training on metabolic fitness in children and adolescents: a systematic review. **Obesity Reviews**. 2008; 9: 43-66.

Berg A, Kim SS, Keul J. Skeletal muscle enzyme activities in healthy young subjects. *Int J Sports Med* 1986; 7: 236-9

Bilcheck, H. M., Kraemer, W. J., Maresh, C. M., Zito, M. A. The effects of Isokinetic fatigue on recovery of maximal Isokinetic concentric and eccentric strength in women. **J Strength Cond Res**. 1993; 7:43-50.

Blimkie CJR, Ramsay J, Sale D, et al. Effects of 10 weeks of resistance training on strength development in prepubertal boys. In: Oseid S, CarlsonKH, eds. **Children and Exercise XIII**. Champaign, IL: Human Kinetics; 1989:183–197.

Bottaro, M., Russo, A., Oliveira, R. J. The effects of rest interval on quadriceps torque during an isokinetic testing protocol in elderly. **J Sports Sci Med**. 2005; 4: 285-290.

Bottaro, M., Martins B., Gentil, P., Wagner, D., . Effects of rest duration between sets of resistance training on acute hormonal responses in trained women. **J Sports Sci Med.** 2009;12: 73-78.

Brown, L. E., Weir, J. P. Asep Procedures recommendation I: Accurate assessment of muscular strength and power. **J of Exerc Phys..** 2001; 4: 2001.

Celes R., Bottaro M., Veloso J., Ernesto C., Brown LE. Efeito do intervalo de recuperação entre séries de extensões isocinéticas de joelho em homens jovens destreinados **Rev Bras Fisioter.**2009.

Cheng, A. J., & Rice, C. L. Fatigue and recovery of power and isometric torque following isotonic knee extensions. **J Appl Physiol**, 2005; 99: 1446-1452.

Colling J., Saltin B. Skeletal muscle development in the humanus fetu and during childhood. In: ZANUER, Christiam, et al. Physiological considerations in training young athetes. **Sports Medicine.** 1989; 8: 15-31.

Davies, G. J., Heiderscheit, B., & Brinks, K. Test interpretation. In *Isokinetics in human performance* (1^a ed., pp. 3-24). Champaign, IL: Human Kinetics.2003 .

Davis JM, Bailey SP. Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. **Med Sci Sports Exerc.** 1997; 29(1):45-57.

Dipla K, Tsirini T, Zafeiridis A, et al. Fatigue resistance during high-intensity intermittent exercise from childhood to adulthood in males and females. **Eur.J.Appl Physiol**, 2009;106:645-653

Dotan R, Ohana S, Bediz C, et al. Blood lactate disappearance in boys and men following exercise of similar and dissimilar peak-lactate concentrations. **J Pediatr Endocrinol Metab.** 2003; 16: 419-29

Falk B, Dotan R .Child–adult differences in the recovery from high-intensity exercise. **Exerc Sport Sci** . 2006; Rev 34(3):107–112.

Ernesto, C., Bottaro, M., M., S. F., Sales, M. P. M., Celes, R. S., & Oliveira, R. J.. Efeitos de diferentes intervalos de recuperação no desempenho muscular isocinético em idosos. **Rev Bras Fisioter.** 2009; 13(1), 65-72.

Eriksson B.O., Gollnick P.D., Saltin B. Muscle metabolism and enzyme activities after training in boys 11 to 13 years old. **Acta Physiol Scand.** 1973 ;87: 485-487.

Eriksson B.O., Gollnick P.D., Saltin B. The effects os physical training on muscle enzyme activities and fiber composition in 11 years old boys. **Acta Paediatr Belg** 1974; 28(Suppl.):245-252.

Espenshade, A.S., Eckert, H.M. **Motor development.** 2^aed, Columbus Ohio,: Charles Merrill Publishing Company, 1980.

Faigenbaum AD, Zaichkowsky LD, Westcott WL, et al. The effects of twice-a-week strength training on children. **Pediatr Exerc Sci**. 1993;5:339–346.

Faigenbaum AD, Westcott WL, Micheli LJ, et al. The effects of strength training and detraining on children. **J Strength Cond Res**. 1996; 10:109–114.

Faigenbaum AD, Westcott WL, Loud RL, et al. The effects of different resistance training protocols on muscular strength and endurance development in children. **Pediatrics**. 1999;104:1–7.

Faigenbaum AD, Milliken LA, Loud RL, et al. Comparison of 1 and 2 days per week of strength training in children. **Res Quart Exerc Sport**. 2002;73:416–424.

Faigenbaum AD, Ratamess N., Macfariand, J. et al. Effect of rest interval length on bench press performance in boys, teens and men. **Pediatr Exerc Sci**. 2008; 20: 457-469

Falgairrette, G., Bedu, M., Fellmann N., Van-Praagh, E., Coudert, J. Bio-energetic profile in 144 boys aged from 6 to 15 years with special reference to sexual maturation. **Eur. J. Appl Physiol**, 1991; 62: 151-156.

Falk, B., Bar-Or, O. Longitudinal changes in peak aerobic and anaerobic mechanical power of circumcubital boys. **Pediatr Exerc Sci**. 1993; 5: 318-331.

Falk B, Dotan R (2006) Child–adult differences in the recovery from high-intensity exercise. **Exerc Sport Sci Rev** 34(3):107–112.

Flanagan SP, Laubach LL, De Marco GM, et al. Effects of two different strength training modes on motor performance in children. **Res Q Exerc Sport**. 2002;73:340–344.

Fleck, S.J. And Kraemer, W.J. **Designing Resistance training Programs**. Champaign, IL: Human Kinetics, 2004.

Gallahue, D.L. **Understanding motor development** – Infants, children, adolescents. Indianapolis: 2nd ed., Houghton Mifflin Press, 1989.

Gerondimos, V., Mandou, V., Zafeiridis, A. et al. Isokinetic peak torque and hamstring/quadriceps ratios in Young basketball players. Effects of age, velocity and contraction mode. **J. Sports Med Phys Fitness**. 2003;43(4):444-52.

Gilliam, T.B., Villanacci, J.F., Freedson, P.S. and Sady, S.P. Isokinetic torque in boys and girls ages 7 to 13: Effect of age, height and weight. **Res Q Exerc Sport**. 1979; 50: 599-609.

Guyton AC, Hall JE. **Textbook of medical Physiology**. 10 ed. Philadelphia: WB Saunders Company, 2000.

Hald, N. A. S., & Sander, E. J. Effect of visual feedback on maximal and submaximal isokinetic test measurements of normal quadriceps and hamstrings. **J Orthop Sports PhysTher.** 1987; 9: 86-93.

Hamada T, Sale DG, MacDougall JD, et al. Interaction of fibre type, potentiation and fatigue in human knee extensor muscles. **Acta Physiol Scand.** 2003; 178: 165-73

Haralambie G. Enzyme activities in skeletal muscle of 13-15 years old adolescents. **Bull Eur Physiopathol Respir** 1982; 18: 65-74

Hebestreit H, Mimura KI, Bar-Or O. Recovery of muscle power changes in after high-intensity short-term exercise: comparing boys. **J. Appl Physiol** 1993; 74: 2875-80

Hill-Haas, S., Bishop, D., Dawson, B., Goodman, C., & Edge, J. Effects of rest interval during high-repetition resistance training on strength, aerobic fitness, and repeated-sprint ability. **J Sports Sci.** 2007; 25(6): 619-628.

Holm, I. , Steen, H. and Olstad, M. Isokinetic muscle performance in growing boys from pre-teen to maturity. An eleven year longitudinal study. **Isok ExerSci.** 2005; 13: 153-158

Housh, T.J., Thorland, W.G., Tharp, G.D., Johnson, G. and Cisar, C. Isokinetic leg flexion and extension strength of elite adolescent female track and field athletes. **Res Quart Exerc Sport.** 1984; 55: 347-50.

Hultman E, Sjoholm H. **Biomechanical causes of fatigue.** Champaign: Human Kinetics, 1986.

Hultman E, Greenhaff PL. Skeletal muscle energy metabolism and fatigue during intense exercise in man. **Sci Prog.** 1991; 75 28: 361-70

Imbar,O.,Bar-Or,O. Anaerobic characteristics in male children and adolescents. **Med Sci Sports Exerc.** 1986; 18: 264-26 .

Jones,D.A., Round,J.M. **Strength and muscle growth.** In Pediatric exercise science and medicine. N.Arnstrong Ane W. Van Mechelem (eds). Oxford University Press, 133-142, 2000.

Kaczor JJ, Ziolkowski W, Popinigis J, et al. Anaerobic and aerobic enzyme activities in human skeletal muscle from children and adults. **Pediatr Res** 2005; 57: 331-5

Kanaley, J.A., Boileau, R.A. The onset of the anaerobic threshold at three stages in physical maturity. **J. Sports Med.** 1988; 28: 367-374.

Kannus, P. Isokinetic Evaluation of Muscular Performance: Implications for Muscle Testing and Rehabilitation. **Inter J Sports Med.** 1994; 15: S11-S18.

Kim, H. J., & Kraemer, J. F. (1997). Effectiveness of visual feedback during isokinetic exercise. **J Orthop Sports Phys Ther**, 1997; 26: 318-323.

Kotzamanidou, M., Michailidis, K., Hatzikooulas, A. et al. Differences in recovery between adult and prepubertal males after a maximum isokinetic fatigue task. **Isokinetic as Exercise Science.** 2005; 13: 261-266.

Kowalchuk JM, Heigenhauser GJ, Lindinger MI, Sutton JR, Jones NL. Factors influencing hydrogen ion concentration in muscle after intense exercise. **J Appl Physiol.** 1988; 65(5):2080-2089.

Kraemer, J.B., Stone, M.H., O'bryant, H.S. Conley, M.S., Johnson, R.L. Nieman, D.C., Honeycutt, D.R. And Hoke, T.P. Effects of single vs. multiple exercise sets of weight training: Impact of volume, intensity and variations. **J Strength Cond Res.** 1997; 11:149-147

Kraemer, W. J. & Fry, A. C. **Strength testing: Development and evaluation of methodology** In Physiological assessment of human fitness, ed. P.J. Maud and C. Foster, 115-138. Champaign, IL: Human Kinetics, 1995

Kraemer, W.J. A series of studies: The physiological basis for strength training in American football: Fact over philosophy. **J Strength Cond Res** 1997; 11:131-142.

Kraemer, W.J., Dziados, J.E., Marchitelli, L.J. , Gordon, S.E., Harman, E.A., Mello, R. Fleck, S.J. Frykman, P.N., And Tripplett, N.T. Effects of different heavy-resistance exercise protocols on plasma B-endorphin concentrations. **J Appl Physiol.** 1993;74: 450-459.

Kraemer, W.J., Fleck, S.J., Dziados, J.E., Harman, E.A., Marchitelli, L.J. , Gordon, S.E., Mello, R., , Frykman, P.N., Koziris, L.P. And Tripplett, N.T. Changes in hormonal concentrations following different heavy-resistance exercise protocols in women. **J Appl Physiol.** 1993; 75:594-604.

Kraemer, W.J., Gordon, S.E., Fleck, S.J., Marchitelli, L.J., Mello, R., Dziados, J.E., Friedl, K., Harman, E.A., Maresh, C. And Fry, A.C. Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance training exercise in male and female. **Int. J. Sports Med.** 1991; 12:228-235.

Kraemer, W.J., Marchitelli, L.J., Mccurry, D., Mello, R., Dziados, J.E., Harman, E.A., Frykman, P.N., Gordon, S.E. And Fleck, S.J. Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise. **J Appl Physiol.** 1990; 69:1442-1450.

Kraemer, W.J., Noble B. J., Culver, B.W., And Clark, M.J. Physiology responses to heavy-resistance exercise with very short rest periods **Int. Res Quart Exerc Sport** 1987; 8: 247-252.

Kraemer, W.J., Vogel, J.A., Patton, J.F., Dziados, J.E., And Reynolds K.L. The effects of various physical training programs on short duration high intensity load bearing performance and the Army physical fitness test. **Technical Report**, 30/87 August, 1987.

Kuno,S.,Takahasshi, H., Fugimo, K., Akima,H., Miyamaru, M., Nemoto,I., Itai, Y., Katsuta,S. Muscle metabolism during exercise using phosphorus 31 nuclear magnetic resonancespectroscopy in adoslescents. **Eur.J.Appl Physiol**. 1991; 62: 151-156.

Lambert, C. P., Flynn, M. G. Fatigue during High-Intensity Intermittent -Exercise: Application to Bodybuilding. **Sports Medicine**. 2002; 8: 511-522.

Larson, G.D., Jr, And, Potteiger. A comparison three differents rest intervals between multiples squat bouts. **J Strength Cond Res**. 1997 11(2):115-118.

Lazaar N, Ratel S, Rudolf P, et al. Performance during intermittent running exercise: effect of age and recovery duration [in French]. **Biom Hum Anthropol**. 2002; 20: 29-34.

Lohman, T. G.; Roche, A. F.; & Martorell, R. **Anthropometric standardization reference manual**. Champaign, IL: Human Kinetics, 1991.

.

Malina,R.M.,Bouchard,C. **Growth, maturation, and physical actyivity**. Champaingn ,IL: Human Kinetics , 1991.

Malina, R.M. Weight training in youth-growth , maturation, ande safety: An evidence-based review . **Clinical J Sport Med**. 2006; 16 : 478-487

Martin, J. & Malina R. Developmental variations in anaerobic performance associated with age and sex. In: Van Praagh, E. (ed.) **Pediatric Anaerobic Perfomance**. Champaing-IL: Human Kinetics, p.45-54,1998.

Matuszak, M. E., Fry, A. C., Weiss, L. W., Ireland, T. R., & McKnight, M. M. Effect of rest interval length on repeated 1 repetition maximum back squats. **J Strength Cond Res**. 2003; 17(4): 634-637.

McCubbin, J.A. and Shasby, G.B. Effects of isokinetic exerciseon adolescents with cerebral palsy. **Adapted Physical ActivityQuarterly**.1985; 2: 56-64.

Mcmahon, S., Jenkins, D. Factors Affecting the Rate of Phosphocreatine Resynthesis Following Intense Exercise. **Sports Medicine**. 2002; 32: 12, 761-784.

McNair, P. J., Depledge, J., BrettKelly, M., & Stanley, S. N. Verbal encouragement: effects on maximum effort voluntary muscle action. **Br J Sports Med**. 1996. 30(3), 243-245.

MacPhail, H.E.A. and Kramer, J.F. Effect of isokinetic strengthtraining on functional ability and walking efficiency in adolescentswith cerebral palsy. **Developmental Medicine and Child Neurology**. 1995; 37: 763-775.

Miranda, H., Fleck, S. J., Simao, R., Barreto, A. C., Dantas, E. H., & Novaes, J. Effect of two different rest period lengths on the number of repetitions performed during resistance training. **J Strength Cond Res**. 2007; 21(4): 1032-1036.

Naughton G, Carlson J, Fairweather I. Determining the variability of performance on Wingate anaerobic tests in children aged adolescence 6-12 years. **Int J Sports Med** 1992; 13: 512-7

National Strength And Conditioning Association. **Youth resistance training: Position statement paper and literature review**. Colorado Springs: NSCA, 1996.

Osternig, L. Isokinetic dynamometry: Implications for muscle testing and rehabilitation. **Exercise and Sport Science Reviews** . 1986; 144: 45-79.

Ozmun JC, Mikesky AE, Surburg PR. Neuromuscular adaptations following prepubescent strength training. **Med Sci Sports Exerc**. 1994;26: 510–514.

Pa"asuke M, Erelne J, Gapeyeva H. Twitch contraction properties of plantar flexor muscles in pre- and post-pubertal boys and men. **Eur J Appl Physiol**. 2000; 82: 459-64.

Paraschos, A. , Hassani, A., Bassa, E. et al. Fatigue differences between adults and prepubertal males. **Int J Sports Med**. 2007; 28:958-963

Parcell, A. C., Sawyer, R. D., Tricoli, V. A., Chinevere, T. D. Minimum rest period for strength recovery during a common Isokinetic testing protocol. **Med Sci Sports Exerc** . 2002 ; 34: 1018-1022.

Payne V. et al. Resistance training in children and youth: A meta-analysis **Res Quart Exerc Sport**. 1997; 68 : 80-88

Petersen SR, Gaul CA, Stanton MM, et al. Skeletal muscle metabolism during short-term, high-intensity exercise in prepubertal and pubertal girls. **J Appl Physiol**. 1999; 87: 2151-6.

Pfeiffer RD, Francis RS. Effects of strength training on muscle development in prepubescent, pubescent, and postpubescent males. **Phys Sportsmed**. 1986; 14:134–143.

Pincivero, D. M., Lephart, S. M., & Karunakara, R. G. Effects of rest interval on isokinetic strength and functional performance after short-term high intensity training. **Br J Sports Med**., 1997; 31: 229-234.

Pincivero, D. M., Lephart, S. M., & Karunakara, R. G. Effects of intrasession rest interval on strength recovery and reliability during high intensity exercise. **J Strength Cond Res**. 1998; 12(3): 152-156.

Pincivero, D. M., Gear, W. S., Sterner, R. L., & Karunakara, R. G. Gender differences in relationship between quadriceps work and fatigue during high-intensity exercise. **J Strength Cond Res**, (2000). 14(2), 202-206.

Pincivero, D. M., Gear, W. S., & Sterner, R. L. Assessment of the reliability of high-intensity quadriceps femoris muscle fatigue. **Med Sci Sports Exerc**, 2001a; 33(2): 334-338.

Pincivero, D. M., Gear, S. M., Moyna, N. M., and Robertson, R. J. The effects of rest interval on quadriceps torque and perceived exertion in healthy males. **J of Sports Med and Phys Fit**. 1999 ; 39, 4: 294-299.

Powers, S. K., Howley, et al. **Fisiologia do Exercício: Teoria e Aplicação ao Condicionamento e ao Desempenho**. 3. ed. São Paulo: Manole, 2000. . 145.

Rahimi, R. (2005). Effect of different rest intervals on the exercise volume completed during squat bouts. **J Sports Sci and Med**. 2005; 4: 361-366.

Ramsay JA, Blimkie CJR, Smith K, et al. Strength training effects in prepubescent boys. **Med Sci Sports Exerc**. 1990; 22:605–614.

Ratel, S., M. Bedu, A. Hennegrave, E. Dore, and P. Duche. Effects of age and recovery duration on peak power output during repeated cycling sprints. **Int. J. Sports Med**. 2002; 23:397Y402, 2002.

]

Ratel S, Williams CA, Oliver J, et al. Effects of age and recovery duration on performance during multiple treadmill sprints. **Int J Sports Med**. 2006; 27: 1-8

Ratel S, Lazaar N, Dore´ E, et al. High-intensity intermittent activities at school: controversies and facts. **J Sports Med Phys Fitness**. 2004; 44: 272-80

Ratel, S., Tonson, A., Le Fur, Y., Cozzone, P., Bendahau, D. Skeletal muscle oxidative capacity in children: a 31P-MRS study. **Fund Clinical Pharm**. 2009; 23: 79-85

Ratamess, N. A., Falvo, M. J., Mangine, G. T., Hoffman, J. R., Faigenbaum, A. D., & Kang, J. The effect of rest interval length on metabolic responses to the bench press exercise. **Eur J Appl Physiol**. 2007; 100(1): 1-17.

Richmond, S. R., & Godard, M. P. The effects of varied rest periods between sets to failure using the bench press in recreationally trained men. **J Strength Cond Res**. 2004; 18(4), 846-849.

Robergs, R.A., Ghiasvand, F. and Parker, D. Biochemistry of exercise - induced metabolic acidosis. **Amer J Phys.** , 2004; **287**, 502-516.

Robinson J.M., M.H., Stone, R.L., Johnson, C.M. Penland, B.J. Warren And R.D. Lewis. Effects of different weight training exercise/rest interval on strength, power and high intensity exercise endurance. **J Strength Cond Res** 1995; 9(4): 216-221.

Sadres E, Eliakim A, Constantini N, et al. The effect of long-term resistance training on anthropometric measures, muscle strength, and self-concept in pre-pubertal boys. **Pediatr Exerc Sci.** 2001;13:357–372.

Sargeant AJ. Human power output and muscle fatigue. **Int J Sports Med** .1994; 15: 116-21

Siegel JA, Camaione DN, Manfredi TG. The effects of upper body resistance training on prepubescent children. **Pediatr Exerc Sci.** 1989;1: 145–154.

Spendiff, O., Longford, N. T., Winter, E. M. Effects of fatigue on the torque-velocity relation in muscle. **British J of Sports Med.** 2005 v. 36, p.

Sunnerhagen KS, Carlsson U, Sandberg A, Stalberg E, Hedberg M, Grimby G. Electrophysiologic evaluation of muscle fatigue development and recovery in late polio. **Arch Phys Med Rehabil.** 2000; 81(6):770-776.

De Ste Croix, M.B.A., Armstrong, N. and Welsman, J.R. Concentric isokinetic leg strength in pre-teen, teenage and adult males and females. **Biology of Sport.** 1999; 16: 75-86.

De Ste Croix, M.B.A., Armstrong, N., Welsman, J.R. and Sharpe, P. Longitudinal changes in isokinetic leg strength in 10-14- year olds. **Annals of Human Biology.** 2002; 29: 50-62.

De Ste Croix, M.B.A., Deighan, M.A. and Armstrong, N. Assessment and interpretation of isokinetic muscle strength during growth and maturation. **Sports Medicine.** 2003; 33: 727-743.

De Ste Croix, M.B.A. Advances in paediatric strength assessment: changing our strength development. **J Sports and Med.** 2007; 6: 292-304.

Stumbo, T. A., Merriam, S., Nies, K., Smith, A., Spurgeon, D., & Weir, J. P. The effect of hand-grip stabilization on isokinetic torque at the knee. **J Strength Cond Res.** 2001 15(3), 372-377.

Tanner, J.M. Growth at adolescence. Oxford, **Blackwell Scientific Publications**, 1962.

Taylor, N. A., Sanders, R. H., Howick, E. I., & Stanley, S. N. Static and dynamic assessment of the Biodex dynamometer. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, 1991; 62(3): 180-188.

Terreri, A. S. A. P., Greve, D. M. J., AmatuZZi, M. M. Avaliação isocinética no joelho do atleta. **Rev Bras de Med do Esporte**. 2001; 7: 62-66.

Thomas, J. R. & Nelson, J. K. **Métodos de pesquisa em atividade física**. Porto Alegre, RS: Artmed, 2002.

Tsolakis CK, Vagenas GK, Dessypris AG. Strength adaptations and hormonal responses to resistance training and detraining in preadolescent males. **J Strength Cond Res**. 2004;18:625–629.

Van Praagh,E., França,N. Measuring maximal short-term power output during growth. In Van Praagh, E. (ed.) **Pediatric Anaerobic Performance**. Champaign-IL: Human Kinetics, 1998

Vrijens J. Muscle strength development in the pre- and post-pubescent age. In: Borms J, Hebbelinck M, eds. **Pediatric Work Physiology**. Basel: Karger; 1978:152–158.

Weir, J. P., Wagner, L. L., & Housh, T. J. The effect of rest interval length on repeated maximal bench presses. 1994; **J Strength Cond Res**. 8, 58-60.

Weltman A, Janney C, Rians CB, et al. The effects of hydraulic resistance strength training in pre-pubertal males. **Med Sci Sports Exerc**. 1986; 18: 629–638.

Wiggin,M.,Wilkinson, B., Habetz,M. et al. Percentile values of isokinetics peak torque in children six through thirteenn years old. *Pediatric Physical Therapy*.2006;3-18

Wilmore, J.H. and Costill, D.L. **Physiology of Sport and Exercise**, Human Kinetics, Champaign, Ill. 2004.

Williams J, Klug G. Calcium exchange hypothesis of skeletal muscle fatigue: a brief review. *Muscle Nerve*. 1995; 18(4): 421-434.

Wilson, G.L. and Murphy, A.J. (1996) The use of isometric tests of muscular function in athletic assessment. **Sports Medicine** .1996; 22: 19-37.

Willardson, J.M., And L.N. Burket. A comparison of three different rest intervals on the exercise volume completed during a workout. **J. Strength Cond. Res**. 2005; 19:23-26.

Willardson, J. M. A brief review: factors affecting the length of the rest interval between resistance exercise sets. **J Strength Cond Res**, 2006; 20(4): 978-984.

Willardson, J. M., & Burkett, L. N. . The effect of rest interval length on the sustainability of squat and bench press repetitions. **J Strength Cond Res**. 2006; 20(2): 400-403.

Woods, S., T. Bridge, D. Nelson, K. Risse, and Pincivero D.M.. The effects of rest interval length on ratings of perceived exertion during dynamic knee extension exercise. **J Strength Cond Res** 2004 ; 18(3):540–545.

Zafeiridis A, Dalamitros A, Dipla K, Manou V, Galanis N, Kellis S. Recovery during high-intensity intermittent anaerobic exercise in boys, teens, and men. **Med Sci Sports Exerc.** 2005; 37:505–512.

Zanconato S, Cooper DM, Armon Y. Oxygen cost and oxygen uptake dynamics and recovery with one minute of exercise in children and adults **J Appl Physiol.** 1991; 71: 993-8