

Meline Mendes Morato

**EFEITOS DO TREINAMENTO AERÓBICO EM CRIANÇAS
NO AUMENTO DO VO₂MAX : uma revisão**

Belo Horizonte
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
2014

Meline Mendes Morato

EFEITOS DO TREINAMENTO AERÓBICO EM CRIANÇAS

NO AUMENTO DO VO₂MAX : uma revisão

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em Educação Física da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito à obtenção do título de bacharel em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Sales Prado

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

2014

RESUMO

A prescrição do exercício para a melhora da capacidade aeróbica máxima em crianças é pouco conclusiva (BAQUET *et al.*, 2003; ARMSTRONG, TOMKINSON, EKELUND, 2011). Este estudo revisa as bases científicas dos programas de treinamento em crianças e apresenta as influências do sexo, maturação sexual e mudanças fisiológicas sobre as respostas do treinamento, além de sugerir recomendações capazes de induzir a melhora da capacidade aeróbica máxima (VO_{2max}) em crianças entre 5-14 anos de idade. Foram utilizados os seguintes critérios de exclusão para os artigos encontrados: ausência de grupo controle, protocolo de treinamentos inadequadamente monitorados e documentados e os participantes não deveriam estar engajados em nenhuma outra atividade física regular e sistematizada. Portanto, foram analisados 11 estudos experimentais. Na maioria deles, constatou-se a existência de uma literatura escassa sobre indivíduos pós-púberes e, particularmente, em meninas. As melhoras são em menor magnitude quando comparadas aos adultos, porque crianças estão comprometidas com uma maior atividade física habitual, o que as mantém mais próximas do VO_{2max} . Os resultados sugerem que a frequência de treinamento deve ser de pelo menos três sessões semanais, com duração acima de 30 minutos e intensidade superior a 80% da frequência cardíaca máxima para melhorar significativamente o VO_{2max} .

Palavras-chave: Crianças. Prescrição de exercício. Consumo de oxigênio.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	5
1.1 Objetivo	7
2 MÉTODOS.....	8
3 VO_{2max}	9
4 INFLUÊNCIAS DO SEXO SOBRE AS RESPOSTAS AO TREINAMENTO.....	10
5 INFLUÊNCIAS DA MATURAÇÃO SEXUAL SOBRE A MELHORA DA CAPACIDADE AERÓBICA.....	12
6 INFLUÊNCIA DAS MUDANÇAS FISIOLÓGICAS SOBRE O DESEMPENHO AERÓBIO.....	14
7 PRESCRIÇÃO DO EXERCÍCIO.....	16
7.1 Intensidade	16
7.2 Duração.....	18
7.3 Frequência semanal.....	18
7.4 Tempo total de treinamento.....	19
7.5 Treinamento Contínuo X Treinamento Intervalado.....	19
8 CONCLUSÃO.....	20
REFERENCIAS.....	22

1 INTRODUÇÃO

Estudos acerca da melhora da capacidade aeróbica em adultos são bastante conclusivos estudados (POLLOCK, 1973; JONES E CARTER, 2000; HELGERUD *et al.* 2007). Sendo assim, alguns pesquisadores têm recomendado programas de treinamento semelhantes para crianças, que muitas vezes são questionados por alguns autores (BAXTER- JONES e MAFFULLI, 2003; ROWLAND e BOYAJIAN, 1995). Dentre os motivos de se estudar a resistência aeróbica em crianças estão a identificação precoce de atletas, aumentando assim a chance de êxito no futuro, entender como se dá a interferência dessa capacidade no crescimento e na vida adulta e como se prescrever com intuito de melhorar o desempenho e o estilo de vida saudável como prevenção de doenças crônicas. No entanto, as adaptações causadas e a treinabilidade nesses sujeitos não são bastante claras (NAUGHTON *et al.*, 2000; STRATTON, 2006).

Segundo Hoff *et al.* (2002) o desempenho aeróbico é determinado pelo limiar anaeróbico, economia de movimento e, finalmente, pelo consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}). O VO_{2max} durante muito tempo foi considerado o fator biológico discriminador dessa capacidade e por esse motivo ainda é o mais comumente utilizado também nos estudos com crianças, apesar de os outros dois fatores serem treináveis e provocarem adaptações (REGAZZINI *et al.*, 2003; CYRINO *et al.*, 2002; ARMSTRONG, 2006).

No estudo de Rowland *et al.* (1991), foi verificada uma melhora significativa de 9,9% no VO_{2max} em crianças pós-púberes com um treinamento de 11 semanas. Tolfrey *et al.* (1998) também observaram uma melhora significativa de 7,9% no VO_{2max} de meninas pré-púberes após o treino na bicicleta com intensidade contínua. Corroborando esses achados Obert *et al.* (2003), observaram uma melhora significativa de 8,1% no VO_{2max} em meninas com intensidade controlada a 80% da frequência cardíaca máxima para os treinos contínuos e superior a 90% para os intervalados. Todavia, nos meninos o aumento foi de 15,4% no VO_{2max} sendo mais evidente.

Em contrapartida, a treinabilidade do VO_{2max} não foi verificada nos estudos de Stodefalke *et al.* (2000) com meninas que treinavam com uma frequência semanal de três vezes, sendo duas nas aulas de educação física. Welsman *et al.* (1997) não observaram uma melhora significativa em nenhum grupo experimental em meninas de 9-10 anos após o treinamento sistematizado na esteira ou bicicleta com intensidade de moderada a intensa. Por sua vez,

Rowland e Boyajian (1995) observaram que as adaptações foram menores em pré-púberes quando comparados aos maduros.

Essa pequena ou inexistente melhora é baseada na hipótese de gatilho proposta por Astrand (1976) e Katch (1983). Segundo esses autores, essa, que também é conhecida como hipótese de disparo, é resultado dos efeitos modulares de hormônios que iniciam na puberdade, e que exigem precursores fisiológicos tais como, maturidade neuromuscular, níveis suficientes do sistema endócrino e um aumento na proporção entre massa magra e gordura. Em outras palavras, após esse período são desencadeadas modificações que possibilitam a melhora da aptidão física.

Associada à essa treinabilidade, a atividade física habitual influencia também numa melhora pouco significativa do VO_{2max} para esse grupo, pois crianças se comprometem em seu cotidiano com uma maior prática de exercícios físicos, conseqüentemente, obtêm uma pequena melhora para o VO_{2max} (PAYNE *et al.*, 1997; TOURINHO FILHO e TOURINHO, 1998; WILLIAMS *et al.*, 2000; BAQUET *et al.*, 2002).

Além disso, a interação entre os componentes da carga volume, frequência e intensidade também deve ser relatada para auxiliar na prescrição do treinamento.

1.1 Objetivo

A presente revisão tem com objetivo identificar quais são os fatores que influenciam a melhora da capacidade aeróbica e orientar a prescrição para o treinamento eficaz em crianças.

2 MÉTODOS

Para a seleção de artigos, foi feita uma busca eletrônica no acervo bibliográfico do Portal de Periódicos da CAPES (foram utilizados os artigos com acesso concedido pela Universidade Federal de Minas Gerais), Scielo, Pubmed e Google Acadêmico sem limite de data até Outubro de 2014. Para tanto, foram utilizados os descritores capacidade aeróbica, treinamento aeróbico, exercício físico, treinamento de resistência, associados à palavra crianças bem como os seus correspondentes em inglês: aerobic capacity, aerobic training, exercise, endurance training, também associados à palavra children. Além disso, foram excluídos os artigos que tinham doenças nos títulos e nas palavras-chave. Essas restrições foram feitas em função do elevado número de publicações sobre o tema.

A partir disso, foram utilizados também os seguintes critérios de exclusão: ausência de grupo controle, protocolo de treinamentos inadequadamente monitorados e documentados, pequena amostragem e os participantes não deveriam estar engajados em nenhuma outra atividade física regular e sistematizada. Finalmente, foram analisados 11 artigos experimentais.

3 VO_{2max}

Segundo McArdle, Katch e Katch (2008) o pico de consumo de oxigênio (VO_{2pico}) refere-se ao valor mais alto do consumo de oxigênio medido durante um teste com exercício progressivo. Em crianças, a predição do VO_{2max} não é fácil de ser determinada pelo tradicional platô, pela dificuldade de se obter um esforço máximo. (ARMSTRONG e WELSMAN, 2001; BAXTER- JONES e MAFFULLI, 2003, AMSTRONG *et al.*, 2011) Logo, dentre os motivos para utilização de testes submáximos e do VO_{2pico} em estudos pediátricos estão: fadiga muscular localizada, período de concentração limitada durante o teste, pequena motivação e limiar baixo para o desconforto (NICOLAO, 2010 e ARMSTRONG e WELSMAN, 1994).

Além disso, Astrand (1952) notou que 50% das crianças não exibiam um platô para determinar o VO_{2max}, apesar das evidências de que tenham realizado o exercício até a exaustão verdadeira, o que implica na utilização de procedimentos com o VO_{2pico} para esses sujeitos. Para a predição, crianças a partir de 3 anos devem apresentar sintomas claros de cansaço, acompanhado de uma frequência cardíaca de aproximadamente 200 batimentos por minuto⁻¹ e uma razão de troca respiratória > 1,0 (ARMSTRONG, WESLMAN e WISLEY, 1996).

Crianças, quando treinadas, podem apresentar o VO_{2max} consideravelmente alto, com valores variando entre 48 e 58 ml/kg/min, bem acima de valores que indicam um bom nível de condicionamento físico para adultos, ou seja, acima de 42 ml/kg/min (ROWLAND e BOYAJIAN, 1995; WELSMAN *et al.*, 1997; WILLIAMS *et al.*, 2000)

No entanto, indivíduos classificados como pré-púberes de elite apresentam um VO_{2max} de 10 a 20% maior que os seus companheiros não atletas. Essas diferenças não são tão evidentes se compararmos, por exemplo, o VO_{2max} de corredores de elite adultos com indivíduos sedentários, o qual pode ser até 100% maior (ROWLAND, 1985).

4 INFLUÊNCIAS DO SEXO SOBRE AS RESPOSTAS AO TREINAMENTO

A maioria dos estudos com treinamento aeróbico em crianças utilizam meninos em detrimento das meninas (ARMSTRONG *et al.*, 2007; ROWLAND e BOYAJIAN, 1995).

Poucos estudos tem abordado as diferenças entre os sexos em resposta ao treinamento de resistência aeróbica e por isso é difícil obter conclusões acerca da variável analisada (MANDIGOUT *et al.*, 2001; PAYNE *et al.*, 1997). No entanto, meninos tem apresentado maiores valores de VO_{2max} quando comparados às suas parceiras de mesma idade (TOLFREY *et al.*, 1998; OBERT *et al.*, 2003).

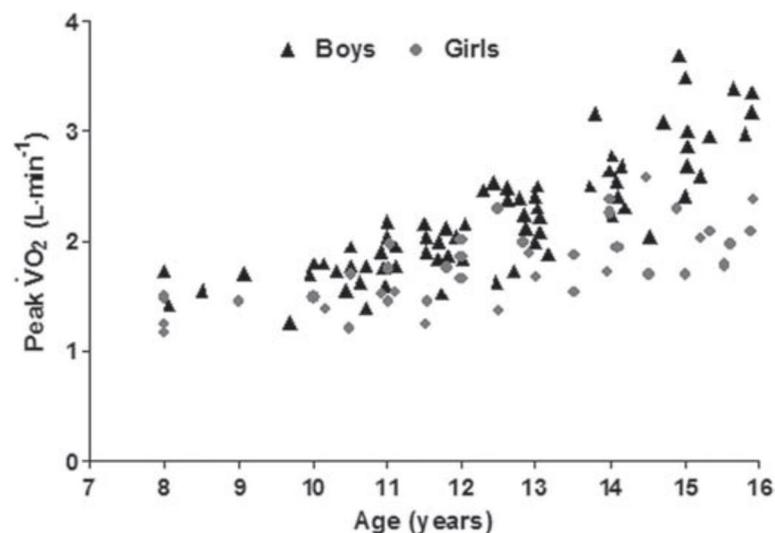


Figura 1 Aumento do pico de consumo de oxigênio em relação à idade cronológica. Fonte Armstrong e Welsman, 1994.

Conforme demonstrado na figura 1 por Armstrong e Welsman (1994), nota-se um aumento quase linear do pico de VO_2 em relação à idade cronológica nos meninos. Contudo, apesar de existir esse aumento, nas meninas é possível observar um platô a partir dos 14 anos de idade.

Essa diferença se torna mais clara quando o VO_{2max} passa a ser demonstrado de maneira relativa à massa corporal ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$). Isso acontece porque os homens apresentam uma maior massa magra quando comparadas as mulheres, sobretudo na maior massa muscular ativa ou envolvida na produção de ATP a partir das vias oxidativas, o que poderá potencializar ainda mais o desempenho aeróbico (POLLOCK e WILMORE, 1993; NAUGHTON *et al.*, 2000). Em meninos, essa adaptação é ainda mais perceptível durante o estirão (ARMSTRONG, TOMKINSON, EKELUND, 2011; MCARDLE, KATCH e KATCH, 2008).

Além disso, esses sujeitos possuem maior quantidade de hemoglobina o que acarreta em uma maior capacidade do sangue de transportar o oxigênio e, conseqüentemente, de gerar mais energia aerobiamente (MCARDLE, KATCH e KATCH, 2008; TURLEY e WILMORE 1997).

Finalmente, Cowell *et al.* (1997) verificaram que a predominância de hormônios adrenérgicos em meninos na fase da puberdade contribuiu para a lipólise e inibiu a capacidade de armazenamento de gordura pela a ativação da enzima lipoproteína lipase. Em contraste, o aumento da secreção de estrogênio em meninas nessa mesma fase, promoveu um maior estoque de gordura armazenada que seria usada como energia para o corpo. Em razão desse aumento da gordura subcutânea em meninas (diminuição da eficiência mecânica), principalmente após a puberdade, nota-se um aumento de menor magnitude no VO_{2max} quando comparados aos meninos. (BAXTER-JONES e MAFFULLI, 2003; NAUGHTON *et al.*, 2000).

Fatores que podem ter influenciado esses menores resultados em meninas incluem os níveis de aptidão iniciais, as influências sociais, os padrões de comportamento físico e uma menor atividade física habitual (PAYNE e MORROW, 1993; PAYNE *et al.*, 1997) . Em virtude dessa menor magnitude, jovens do sexo feminino podem ser mais treináveis do que os meninos da mesma idade (CYRINO *et al.*, 2007; PAYNE *et al.*, 1997; McMANUS *et al.*, 1997).

Acima da faixa etária de 8-16 anos, os valores de VO_{2max} para meninos aumentam em aproximadamente 150% e o das meninas em 80% (ARMSTRONG, 2006).

5 INFLUÊNCIAS DA MATURAÇÃO SEXUAL SOBRE A MELHORA DA CAPACIDADE AERÓBICA

Diferentes estudos têm relatado as alterações no VO_{2max} que ocorrem durante os anos de crescimento, todavia, levando-se em conta a maturação sexual, há poucas publicações conclusivas (ARMSTRONG e WELSMAN, 2001; BAQUET *et al.*, 2003; BAXTER-JONES e MAFFULLI, 2003).

Nesses estudos, geralmente os autores classificaram a maturação de acordo com os índices de pêlos pubianos e genitália descritos por Tanner (1962). Esses índices ou estágios são divididos de um a cinco, sendo o primeiro estágio definido quando a criança se encontra no nível considerado pré-púbere e o último estágio (pós-púbere) quando o processo maturacional está finalizado.

Neto *et al.* (2004) compararam as melhoras do VO_{2max} com a interação maturacional em meninos praticantes de futebol e aos seus pares não praticantes. Foi observado que essas melhoras acontecem independentemente do nível de treinamento. Contudo, no grupo com treinamento sistematizado esses valores foram significativamente superiores quando comparados aos cinco estágios de maturação do grupo controle e que a magnitude dessas diferenças ficam mais evidentes a partir do estágio três.

A não significância entre os estágios um e dois para o VO_{2max} ($L \cdot min^{-1}$), independentemente do estado de treinamento, indica que, possivelmente crianças pré-púberes ou que estejam no início do processo de maturação sexual sofram adaptações menores ao treinamento aeróbio do que as que se apresentem em estágios mais avançados, corroborando a hipótese de gatilho proposta por Astrand (1976) e Katch (1983).

De forma semelhante, Williams *et al.* (2000) observaram que houve uma melhora de 5,1% do VO_{2max} em sujeitos considerados pré-púberes (estágio 1). No entanto, a atenuação dos resultados pode ter sido influenciada pelos altos níveis de atividade habitual desses voluntários.

No estudo de método do co-gêmeo realizado por Danis, Kyriazis e Klissouras (2003) com 9 pares de gêmeos, sendo 3 pré-púberes (estágio 1 de maturação) e 6 púberes (estágios de maturação entre 2-5), foi observado que os gêmeos mais maduros não inclusos no treinamento sistematizado também obtiveram uma melhora no VO_{2max} . Esse aumento aconteceu devido a

um aumento na estatura, ou seja, apesar de destreinados e mais velhos foi feita uma comparação separada para se observar o efeito da maturação, que não ocorreu.

Além disso, algumas limitações são observadas na literatura quando o VO_{2max} é expresso relativo à massa corporal, limitando as inferências sobre resultados (ARMSTRONG, 2006; WILLIAMS *et al.*, 2000). Isso acontece segundo BARBOSA (2007), porque a taxa metabólica do organismo muda por interferência do tamanho, geralmente caracterizado pela massa corporal. Como solução alguns autores sugerem que os sujeitos sejam ajustados às escalas alométricas para que os efeitos positivos da maturação sejam mais evidentes sobre o VO_{2max} , independente da massa corporal (CYRINO et al, 2002, ARMSTRONG,2006).

6 INFLUÊNCIA DAS MUDANÇAS FISIOLÓGICAS SOBRE O DESEMPENHO AERÓBIO

Tem se verificado uma crescente busca sobre como se dá o desenvolvimento e crescimento fisiológico das crianças (NOTTIN *et al.*, 2001; VINET *et al.*, 2002). Como maneira de explicação, alguns autores tem atribuído essas modificações fisiológicas ao nível de maturação sexual apresentado por esse público, já que a medida que se tornam mais maduros, quase todas as suas capacidades funcionais se desenvolvem (TOURINHO FILHO e TOURINHO, 1998; FALGAIRETTE *et al.*, 1991)

No que diz respeito ao sistema cardiovascular, as crianças apresentam comportamento para a frequência cardíaca (FC), o volume sistólico, o débito cardíaco e diferença arteriovenosa de oxigênio diferente dos descritos para os adultos (TURLEY e WILMORE, 1997; ARMSTRONG, BARRET e WELSMAN, 2007, NAUGHTON *et al.*, 2000).

A FC é um dos parâmetros mais utilizados para controle da intensidade no treinamento da resistência aeróbica (HOFF *et al.*, 2002; LÉGER e THIVIERGE, 1988). Segundo McArdle, Katch e Katch (2008), a FC de repouso diminui com os passar dos anos, ou seja, crianças apresentam maiores valores quando comparadas aos adultos. Isso acontece também quando essas são submetidas a um exercício progressivo. Essa maior atividade cardíaca está relacionado a um mecanismo compensatório que busca amenizar a menor dimensão do coração e, conseqüentemente, de um menor volume sistólico (VINET *et al.*, 2002, TURLEY e WILMORE, 1997).

De acordo com Vinet *et al.* (2002), o volume sistólico é definido pela quantidade de sangue ejetado pelo ventrículo esquerdo a cada batimento cardíaco. Uma vez que crianças apresentam um menor volume ventricular, possuirão também um menor volume sistólico de repouso.

Nottin *et al.* (2002), após realização de um treinamento sistematizado em crianças, sugeriram que essas conseguiram aumentar o VO_{2max} , apenas melhorando o seu volume sistólico. Esse aumento aconteceu pela maior hipertrofia cardíaca e pelo relaxamento do miocárdio. Associado a isso, houve uma diminuição do volume sistólico de repouso.

Esses achados são corroborados no estudo de Obert *et al.* (2003) com meninos e meninas que melhoram o VO_{2max} em 15,4 e 8,1%, respectivamente, após o treinamento sistematizado, em consequência do aumento do volume sistólico máximo. Entretanto, não houve diferenças no volume sistólico de repouso.

O débito cardíaco, por sua vez, pode ser definido como o volume de sangue ejetado do ventrículo esquerdo a cada minuto e é expresso pelo produto da frequência cardíaca pelo volume sistólico (MCARDLE, KACTH e KATCH, 2008). Em consequência de um menor volume sanguíneo e cardíaco, crianças apresentam menores valores para débito cardíaco quando comparado aos adultos para uma mesma demanda de trabalho (VINET *et al.*, 2002). Para compensar esse menor débito cardíaco em crianças há um aumento da diferença arteriovenosa de oxigênio mensurada pelo Princípio de Fick. Porém, a maneira através da qual essa adaptação ocorre continua inconclusiva (TURLEY e WILMORE, 1997; MCARDLE, KACTH e KATCH, 2008).

Finalmente, parte das melhoras do volume sistólico e do débito cardíaco se dão pelo aumento do coração em resposta ao processo maturacional (YOSHIZAWA *et al.*, 1997, OBERT *et al.*, 2003 NOTTIN, *et al.*, 2002.).

Com relação às concentrações de lactato, acredita-se que durante o crescimento ocorra predominância do sistema oxidativo, uma vez que as concentrações de lactato sanguíneo são menores em crianças (NICOLAO, 2010; DANIS, KYRIAZIS, KLISSOURAS, 2003). Além disso, o público infantil possui um maior volume de mitocôndrias, corroborando a ideia de que as crianças tem maior capacidade de gerar energia por metabolismo aeróbio (BOISSEAU e DELAMARCHE, 2000). Finalmente, nesse público, ainda segundo Boisseau e Delamarche (2000), foi observada uma menor concentração das enzimas fosfofrutoquinase e lactato desidrogenase (enzimas-chave da glicólise).

7 PRESCRIÇÃO DO EXERCÍCIO

Programas de treinamento para a melhora da capacidade aeróbica em crianças são dependentes da intensidade, da duração diária, da frequência semanal, do tempo total de treinamento e do tipo de exercício (treinamento contínuo ou intervalado). Cada um destes elementos é discutido nas seções seguintes e serão avaliados a partir dos dados fornecidos na tabela, a fim de desenvolver diretrizes e métodos para o treinamento adequado.

7.1 Intensidade

Aumentos significativos no VO_{2max} acontecem quando a intensidade do treino era determinada acima de 85% da frequência cardíaca máxima (MANDIGOUT *et al.* 2001; BAQUET *et al.*, 2002; OBERT *et al.*, 2003; DANIS, KYRIAZIS e KLISSOURAS, 2003). Segundo Baquet *et al.* (2002) exercícios intermitentes (velocidades altas e de curta duração) são semelhantes aos praticados pelas crianças no cotidiano. Por esse motivo, em seu estudo, crianças foram inclusas em um treinamento sistematizado com *sprints*, sendo que o VO_{2pico} foi aumentado apenas com melhora da velocidade máxima sem uma mudança concomitante no custo de energia de corrida.

No estudo de Williams *et al.* (2000), para intensidades próximas de 80% da FC máxima, meninos não obtiveram melhoras significativas no VO_{2pico} . Com o mesmo protocolo de treino, McManus *et al.* (1997) demonstraram que as meninas apresentaram uma melhora significativa no pico de VO_2 de 7,2% nos treinos. O que explica esses resultados tão conflitantes para o grupo sprint foram os picos de VO_2 iniciais altos para rapazes do primeiro estudo quando comparados às meninas do segundo (54,8 versus 48,3 mL/kg/min).

Stoedefalke *et at.* (2000), em seu estudo com meninas também não obtiveram melhoras, apesar da intensidade ser controlada entre 75-85% da frequência cardíaca máxima.

Por sua vez, no estudo de Welsman, Armstrong e Withers (1997), meninas não obtiveram melhoras significativas no VO_{2max} quando a intensidade era a 80% da frequência cardíaca máxima ou entre 75-85% da frequência cardíaca máxima.

Estudo	Idade	N	Tipo de Exercício	Período	Intensidade	Frequência dias/sem.	Duração	VO2 (mL/kg/min) pre/post/ Δ (%)
Rowland e Boyajian 1995	10.9 - 12.8	13M e 24F	Treino em circuito, corrida ou caminhada e jogos aeróbicos	12 semanas	87.5% FCmax	3	30 min	E: 44.7/47.6/+6.5* C: 44.3/44.7/+0.9
		13M e 24F	Grupo controle					
Welsman, Armstrong e Withers 1997	10.1 - 10.2	18F	Bicicleta contínua	8 semanas	80% FCmax	3	20 min	E1: 51.8/52.2/+0.7
		17F	Exercícios aeróbicos		75-85% FCmax		20 - 25 min	E2: 47/47.8/+1.7
		16F	Grupo controle					C: 44.6/43.1/-3.4
McManus et al. 1997	9.3 - 9.8	12F	Ciclo ergômetro contínuo	8 semanas	80-85% FCmax	3	20 min	E1: 45/48.5/+7.2*
		11F	Corrida intervalada		Sprints máx		16 min	E2: 48.3/ 50.9/ +6*
		7F	Grupo controle					C: 44.6/ 43.1/ -3.4
Yoshizawa et al. 1997	5.0 - 6.0	8F	Corrida	18 meses	abaixo de 80% Fcmax	6	Corrida de 915 metros	E: 42.2/50.4/+19.4*
		8F	Grupo controle					C: 42.4/45.9/+8.2*
Toelfrey, Campbell e Batterham 1998	10.3- 10.6	12M e 14F	Bicicleta contínua	12 semanas	80% FCmax	3	30 min	EM: 46.6/47.2/+1.3 EF: 39.3/42.3/+7.9 CM: 44.7/40.3/-3.8 CF: 40.8/40.2/-1.5
		10M e 9F	Grupo controle					
Williams et al. 2000	10.1	12M	Corrida intervalada	8 semanas	Sprints	3	3 x 10 ou 90 seg., pausa de 30 ou 90 seg.	E1: 54.8/53.9/-1.6
		13M	Bicicleta contínua		80-85% FCmax		20 min	E2: 54.7/57.5/+5.1
		14M	Grupo controle					C: 56.4/56.7/+0.5
Stoedefalke et al. 2000	13.6 - 13.7	20F	Corrida, bicicleta e remo ergométrico e dança	20 semanas	75-85% FCmax	3	20 min	E: 40.8/40.2/-1.5
		18F	Grupo controle					C: 41.9/41.4/-1.3
Mandigout et al. 2001	10.5 - 10.7	18 M e 17 F	Corrida contínua e Corrida intervalada	13 semanas	M: 75 -80% FCmax para o contínuo , F: 90% FCmax para o intervalado	3	60-90 min(1500m - 4500m 10 x 100 , 6 x 200, 4 x 600m)	EM: 47.2/ 49.2/+4.2* EF: 38.6/ 41.9/ +8.5* CM: 46.1/ 45.5/ -1.3 CF: 39.6/ 39.5/ +0.2
		28 M e 22 F	Grupo controle		M:15 - 20 min para o contínuo F: 60 - 90 min para o intervalado			
Baquet et al. 2002	8.5- 9.5	13M e 20F	Corrida intervalada	7 semanas	80 - 95% FCmax	2	30 min	E: 43.9/47.5/+8.2*
		10M e 10 F	Grupo controle					C: 46.2/ 45.3/ -1.9
Obert et al. 2003	10.4 - 10.7	10F e 9M	Corrida contínua e Corrida intervalada	13 semanas	Superior a 90% FCmax para o intervalado 80% FCmax para o contínuo	3	60-90 min	EM: 44.1/50.9/ +15.4* EF: 40.9/ 44.2/ +8.1* CM: 51.5/ 50.3/ -2.3 CF: 42.4/ 42.6/ +0.5
		7F e 9M	Grupo controle					
Danis, Kyriazis e Klissouras 2003	11.0 - 14.0	9M	Corrida contínua e Corrida intervalada	6 meses	75-97% do VO2max	3	60-90 min	E: 52.0/57.4/ +10.3* C: 54.0/55.3/ +2.4
		9M	Grupo controle					

M, meninos; F, meninas; FCmax, frequência cardíaca máxima; * indicador para P < 0.05;

7.2 Duração

Em geral, sessões de treinamento com duração entre 40 a 60 minutos têm sido mais bem sucedidas em aumentar o VO_{2max} (BAQUET *et al.*, 2003; ARMSTRONG, TOMKINSON, EKELUND, 2011).

Obert *et al.*, (2003), com um volume maior de treino diário (60-90 min.), em consequência do aumento do volume sistólico relataram um melhora de 15,4% e 8,1% no VO_{2max} em meninos e meninas, respectivamente. No entanto, apesar desse mesmo número de treino diário, Danis, Kyriazis e Klissouras, (2003) não obtiveram uma diferença de VO_{2max} tão expressiva quando compararam gêmeos treinados (52,0 para 57,4 ml/kg/min) e destreinados (54,0 para 55,3 ml/kg/min). Isso aconteceu nesse estudo, porque o controle genético pareceu desempenhar um papel preponderante na expressão das adaptações ao treino.

Rowland e Boyajian (1995) relataram uma melhora de 6,5% de VO_{2max} após realizarem treinos em circuito, jogos, corrida e caminhada durante 30 minutos. Esse resultado foi similar em magnitude com os valores induzidos de 7,9% VO_{2max} em meninas do estudo de Tolfrey *et al.* (1998).

McManus *et al.* (1997), apesar da menor duração avaliada (16-20 min), obtiveram um aumento significativo do VO_{2max} em ambos os grupos experimentais.

7.3 Frequência semanal

A frequência semanal dos estudos avaliados variou entre 2-6 sessões por semana. No entanto, não há evidências sobre o tempo total de treinamento sobre a melhora do VO_{2max} (ARMSTRONG, BARRETT, WELSMAN, 2007)

Curiosamente, no estudo realizado por Baquet *et al.* (2002) o VO_{2pico} melhorou em 8.2% com apenas 2 sessões por semana. Entretanto, Mandigout *et al.* (2001), relatou um aumento significativo no VO_{2max} de meninos de 4,2% com 3 sessões semanais. Com o dobro de sessões Yoshizawa *et al.* (1997), obtiveram um aumento de 19,4% em meninas de 4 a 6 anos de idade.

Nos estudos selecionados, frequências de treino entre 2-6 sessões por semana parecem não ser um fator decisivo na obtenção de um ganho significativo no VO_{2max} . Apesar de o ganho ser em maior magnitude quando o número de sessões também é maior (ROWLAND e

BOYAJIAN, 1995 YOSHIZAWA *et al.*, 1997; McMANUS *et al.*, 1997; MANDIGOUT *et al.*, 2001; OBERT *et al.*, 2003).

7.4 Tempo total de treinamento

O tempo total de treinamento aeróbico variou entre 7 semanas e 18 meses. Todavia, não há inferências claras sobre a extensão do programa na maior elevação possível do VO_{2max} . Por exemplo, Baquet *et al.* (2002) após 7 semanas de treino obtiveram uma melhora significativa de 8,2% no VO_{2max} de crianças pré-púberes, enquanto Stoedelfalke *et al.* (2000) não induziram melhoras após treinamento aeróbico variado (danças, corrida, bicicleta e remo ergômetro) em meninas durante 20 semanas.

No estudo conduzido por Yoshizawa *et al.* (1997), o programa de treinamento só provocou melhoras no VO_{2max} 12 meses após o início. Isso só foi possível de ser observado, porque neste estudo o VO_{2max} foi mensurado 4 vezes.

Comparando ainda com os outros estudos apresentados, Danis, Kyriazis e Klissouras, (2003), mesmo com um tempo significativo de treinamento sistematizado (6 meses), não foram obtidas respostas tão expressivas na melhora do VO_{2max} .

7.5 Treinamento Contínuo X Treinamento Intervalado

Treinos contínuos e intervalados são capazes de propiciar melhoras no VO_{2max} (ARMSTRONG *et al.*, 2007; YOSHIZAWA *et al.* 1997; ROWLAND e BOYAJIAN, 1995;)

McManus *et al.* (1997) no estudo realizado somente com meninas, verificou uma melhora significativa de 8,1% e 7,2% no VO_{2max} do grupo de bicicleta contínua e *sprint*, respectivamente.

Williams *et al.* (2000) também realizaram estudos com treinos de *sprint* e bicicleta contínua, porém seus voluntários eram meninos. O grupo contínuo aumentou o VO_{2max} em 5,1%, entretanto na corrida intervalada o treinamento não foi capaz de induzir melhoras.

Todavia, a combinação entre esses dois tipos de treinamento obteve maiores magnitudes para melhora do VO_{2max} (ARMSTRONG, BARRETT, WELSMAN, 2007; MANDIGOUT *et al.*, 2001; OBERT *et al.*, 2003. ROWLAND e BOYAJIAN, 1995; DANIS, KYRIAZIS E KLISSOURAS; 2003).

8 CONCLUSÃO

Os fatores que influenciaram a capacidade aeróbica na presente revisão foram semelhantes aos observados em outros estudos (PAYNE *et al.*, 1997; NAUGHTON *et al.*, 2000; CYRINO *et al.*, 2002, BAXTER-JONES E MAFFULLI, 2003; BAQUET *et al.*, 2003).

Como nem sempre a idade cronológica corresponde exatamente à idade biológica, o acompanhamento das modificações no VO_{2max} de acordo com a idade cronológica devem ser analisadas com cautela. Isso acontece porque, o estresse fisiológico induzido pelo exercício físico responde de maneira diferenciada as características maturacionais (McARDLE, KATCH e KATCH, 2008; OBERT *et al.*, 2003 NOTTIN, *et al.*, 2002.)

Apesar da treinabilidade da capacidade aeróbica ser reduzida nesse público, são sugeridos, através de uma análise cuidadosa dos artigos experimentais, que os exercícios físicos capazes de induzir a melhora do VO_{2max} devem possuir uma frequência de pelo menos três sessões semanais, com duração acima de 30 minutos e intensidade superior a 80% da frequência cardíaca máxima.

Contudo, estímulos diferentes dos recomendados também podem ser capazes de melhorar essa capacidade, conforme demonstrado, por exemplo, por Baquet *et al.*, (2002).

A magnitude desses ganhos, no entanto, está inversamente relacionada ao nível de aptidão física, por isso as crianças tendem a apresentar uma menor melhora do que adultos, uma vez que essas estão mais engajadas em atividades aeróbicas, diminuindo assim, a magnitude das alterações provocadas por intervenções de treinamento (BAXTER-JONES e MAFFULLI, 2003; CYRINO *et al.*, 2007).

Programas a longo prazo para esse público também podem ser mais interessantes, pois as melhoras foram mais perceptíveis a medida que as crianças aumentavam o índice de maturação (ROWLAND e BOYAJIAN, 1995; DANIS, KYRIAZIS E KLISSOURAS; 2003 TOLFREY, CAMPBELL, BATTERHAM, 1998)

Segundo Baquet *et al.* (2003) seria interessante ainda explorar as características típicas de atividades espontâneas das crianças e, conseqüentemente, outras estratégias de exercício para tornar os programas mais atraentes e, assim, criar condições para a melhora, através de uma maior motivação. Um exemplo é a combinação ou alternância de treinos contínuos e intervalados.

O conhecimento das características das crianças e de que tipos de exercícios (intensidade, duração) levam à maior adaptação fisiológica a estímulos aeróbicos é fundamental, uma vez que é possível que as aulas convencionais de Educação Física não consigam gerar frequências cardíacas suficientes para ocasionar uma melhora dessa capacidade (STRATTON, 1996).

A atividade aeróbica em crianças deve acontecer para a promoção dos bons hábitos na vida adulta. Nota-se isso, por exemplo, na diminuição dos fatores de risco cardiovascular na adolescência quando se treina essa capacidade na infância, uma vez que a melhora do VO_{2max} é inversamente proporcional ao aumento da adiposidade na região abdominal, conforme demonstrado por Janz, Dawson e Mahoney (2002).

Finalmente, indivíduos que são treinados durante essa fase apresentam maior capacidade aeróbica quando mais velhos (ROWLAND *et al.*, 1991; WELSMAN, ARMSTRONG, WITHERS, 1997; JANZ, DAWSON E MAHONEY 2002).

REFERÊNCIAS

- ARMSTRONG, N., WELSMAN, J. Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. **Exerc Sport Sci Rev** v. 22, p. 435-676, 1994.
- ARMSTRONG, N., WELSMAN, J., WINSLEY, R. Is peak VO₂ a maximal index of children's aerobic fitness. **Int J Sports Med** v.17, p.356-9, 1996.
- ARMSTRONG, N., WELSMAN, J. Peak oxygen uptake in relation to growth and maturation. **Eur J Appl Physiol** v. 85, p.546-51, 2001.
- ARMSTRONG, N. Aerobic fitness of children and adolescents **J. Pediatr.** v. 82(6), p. 406-408, 2006.
- ARMSTRONG, N., BARRETT, L., WELSMAN, J. Cardiorespiratory training during childhood and adolescence. **J. Exerc. Sci. Physiother** v. 3, p. 17-25, 2007.
- ARMSTRONG N, TOMKINSON G, EKELUND U: Aerobic fitness and its relationship to sport, exercise training and habitual physical activity during youth. **Br J Sports Med** v. 45, p.849-858, 2011.
- ASTRAND, P. Experimental Studies of Physical Working Capacity in Relation to Sex and Age. Thesis, Copenhagen, 1952.
- ASTRAND, P. The child in sport and physical activity: Physiology. In J. G. Albinson & G.M. Andrew (Eds.), *Child in sport and physical activity* (p. 19-33), 1976. Baltimore: University Park.**on**
- BAQUET, G., BERTHOIN, S., DUPONT, G., *et al.* Effects of high intensity intermittent training on peak VO₂ in prepubertal children. **Int J Sports Med** v.23: p.439-44, 2002.
- BAQUET, G., VAN PRAAGH, E., BERTHOIN, S. Endurance training and aerobic fitness in young people. **Sports Med.** v.33, p.1127-643, 2003.
- BARBOSA, L.. Lei de escala alométricas para as taxas metabólicas interespecíficas e para cadeias alimentares. Belo Horizonte, 2007. 112f. Tese de Doutorado em Ciências. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2007.
- BAXTER-JONES A., MAFFULLI N. Endurance in young athletes: it can be trained. **Br J Sports Med** v.37, p.96-7, 2003.
- BOISSEAU, N., DELAMARCHE P. Metabolic and hormonal responses to exercise in children and Adolescents. **Sports Med** v.30 (6): pag.405-22, 2000.
- COWELL CT, BRADY J, LLOYD-JONES S, *et al.* Fat distribution in children and adolescents: the influence of sex and hormones. **Horm Res** v.48(5), p. 93-100, 1997.
- CYRINO, E. S. *et al.* Aptidão aeróbia e sua relação com os processos de crescimento e maturação. **Revista da Educação Física /UEM.** Maringá, v. 13, n. 1, p. 17-26, 1. sem. 2002.

DANIS, A., KYRIAZIS, Y., KLISSOURAS, V. The Effect of Training in Male Prepubertal and Pubertal Monozygotic Twins. **European Journal of Applied Physiology** 89, p. 309-318, 2003.

FALGAIRETTE 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** v. 62, p. 151-6, 1991.

GUYTON, A. C. **Tratado de fisiologia médica**. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, Rio de Janeiro, 1992.

HELGERUD, J., *et al.* Aerobic high-intensity intervals improve VO_{2max} more than moderate training. **Med Sci Sports Exerc** v. 39(4), p.665-71, 2007.

HOFF, J., *et al.* Soccer specific aerobic endurance training. **Br J Sports Med** v.36, p. 218-221, 2002.

JANZ KF, DAWSON JD, MAHONEY LT. Increases in physical fitness during childhood improve cardiovascular health during adolescence: the Muscatine Study. **Int J Sports Med**. v.23(1), p.15-21, 2002.

JONES, A., CARTER, H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. **Sports Med** v.29 (6), p.373-86, 2000.

KATCH, V. Physical conditioning of children. **J Adolesc Health Care** v.3, p.241-246, 1983.

LEGER, L. THIVIERGE, M. Heart rate monitors: validity, stability and functionality. **Phys Sportsmed**, v. 16(5), p. 143-151. 1988.

MANDIGOUT, S. *et al.* Effect of Gender in Response to an Aerobic Training Programme in Prepubertal Children. **Acta Paediatrica** v. 90, p. 9-15, 2001.

McARDLE, W. D. KATCH, F. KATCH, V. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

McMANUS, A., ARMSTRONG, N., WILLIAMS, C. Effect of Training on The Aerobic Power and Anaerobic Performance of Prepubertal Girls. **Acta Paediatrica** v.86, p. 456-459, 1997.

NAUGHTON G, FARPOUR-LAMBERT NJ, CARLSON J, *et al.* Physiological issues surrounding the performance of adolescent athletes. **Sports Med** v.30, p. 309-25, 2000.

NICOLAO, A. Associação entre maturação sexual e limiar de lactato em meninas de 10-15 anos. São Paulo, 2010. 45f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Paulo - Programa de pós-graduação em Cardiologia. São Paulo, 2010.

NOTTIN, S., VINET, A., LECOQ, A-M., GUENON P., OBERT, P. Test-retest reproducibility os submaximal and maximal cardiac output by Doppler Echocardiography and CO₂ ó rebreatinhg in prepubertal children. **Pediatric Exercise Sci** v.13, p. 214-24, 2001

NOTTIN, S., *et al.* Central and peripheral cardiovascular adaptations during maximal cycle exercise in boys and men. **Med Sci Sports Exerc** v.33, p.456-463, 2002.

NETO, A., MASCARENHAS, L., BOZZA, R. *et al.* VO_{2max} e composição corporal durante a puberdade: comparação entre praticantes e não praticantes de treinamento sistematizado de futebol. **Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.** V.9(2)p.159-164, 2007.

OBERT, P., *et al.* Cardiovascular Responses to Endurance Training in Children: Effect of Gender. **Eur J Clin Invest** v.33, p. 199-208, 2003.

PATE, R., WARD D. Endurance trainability of children and youths. In: BAR-OR O, editor. **The child and the adolescent athlete.** Oxford: Blackwell Sciences, p. 130-137, 1996.

PAYNE, V., MORROW, J. Exercise and VO_{2max} in children: meta-analysis. **Res Q Exerc Sport** 64, p. 305-13, 1993.

PAYNE, V., MORROW J., JOHNSON, L., *et al.* Resistance training in children and youth. A meta-analysis. **Res Q Exerc Sp** 68 (1), p. 80-8, 1997.

POLLOCK, M. The quantification of endurance training programs. In: WILMORE, J. **Exercise Sport Sci R.** . New York: Academic Press, pag. 155-188, 1973

POLLOCK, M. L. *et al.* Effect of age and training on aerobic capacity and body composition of master athletes. **J Appl Physiol** v. 62, no. 2, p.725-731, 1987

POLLOCK, M., WILMORE, J. **Exercícios na saúde e na doença.** 2. ed. Rio de Janeiro: Medsi, 1993.

REGAZZINI, M., DEGAKI, E., KISS, M. Aspectos Médicos e Funcionais . In: Kiss, M. (Org.). **Esporte e exercício Avaliação e Prescrição.** São Paulo: Roca, v. 1, p. 321-336, 2003.

ROWLAND, T., VARZEAS, M., WALSH, C. Aerobic responses to walking training in sedentary adolescents. **J Adolesc Health** 12 (1): p. 30-4, 1991.

ROWLAND, T. Aerobic response to endurance training in prepubescent children: a critical analysis. **Med Sci Sports Exerc**, v.5, p. 439-96, 1985.

ROWLAND, T., BOYAJIAN A. Aerobic response to endurance training in children. **Pediatrics** 96 (4): p. 654-8, 1995.

STOEDEFALKE, K., ARMSTRONG, N., KIRBY, B., WELSMAN, J., 2000. Effect of Training on Peak Oxygen Uptake and Blood Lipids in 13 to 14 - Year Old Girls. **Acta Paediatrica** 89: 1290-1294

STRATTON G. Children's heart rate during physical education lessons: a review. **Pediatr Exerc Sci** v. 8: p. 215-33, 1996.

TANNER, J. **Growth and adolescence.** Oxford: Blackwell Scientific Publication; 1962.

TOLFREY, K., CAMPBELL, I., BATTERHAM, A. Aerobic Trainability of Prepubertal Boys and Girls. **Pediatric Exercise Science** v.10, p. 248-263, 1998.

TOURINHO FILHO, H., TOURINHO, L. Crianças, adolescentes e atividade física: aspectos maturacionais e funcionais. **Rev Paul Educ Fis**, 12(1): p. 71-84, jan./jun. 1998.

TURLEY, K., WILMORE J. Cardiovascular responses to treadmill and cycle ergometer exercise in children and adults. **J Appl Physiol** v.83: p. 948-957, 1997.

VINET, A., *et al.* Cardiovascular responses to progressive cycle exercise in healthy children and adults. **Int J Sports Med** v.23: p. 242-6, 2002.

WELSMAN, J., ARMSTRONG, N., WITHERS, S. Responses of young girls to two modes of aerobic training. **Br J Sports Med** v.31: p. 139-42, 1997.

WILLIAMS, C., ARMSTRONG, N., POWELL J. Aerobic responses of prepubertal boys to two modes of training. **Br J Sports Med** v.34: p. 168-73, 2000.

YOSHIZAWA, S., HONDA, H., NAKAMURA, N., *et al.* Effects of an 18-month endurance run training program on maximal aerobic power in 4- to 6-year-old girls. **Pediatr Exerc Sci** v. 9, p. 33-43, 1997.

