

Ana Lúcia Anauate Nicolao

**ASSOCIAÇÃO ENTRE MATURAÇÃO SEXUAL E LIMIAR DE LACTATO EM
MENINAS DE 10-15 ANOS**

**Tese apresentada à Universidade Federal
de São Paulo para obtenção do título de
Mestre em Ciências.**

São Paulo

2010

Ana Lúcia Anauate Nicolao

**ASSOCIAÇÃO ENTRE MATURAÇÃO SEXUAL E LIMIAR DE LACTATO EM
MENINAS DE 10-15 ANOS**

**Tese apresentada à Universidade Federal de
São Paulo para obtenção do título de Mestre
em Ciências.**

Programa: Pós-graduação em Cardiologia

Coordenador: Prof. Dr. Valdir A. Moisés

**Orientador: Prof. Dr. Turibio Leite de Barros
Neto**

Co-orientador: Prof. Dr. Claudio Elias Kater

São Paulo

2010

Nicolao, Ana Lucia Anauate

Associação entre maturação sexual e limiar de lactato em meninas de 10-15 anos. /Ana Lucia Anauate Nicolau -- São Paulo, 2010.
xi, 52f.

Tese (Mestrado) - Universidade Federal de São Paulo. Escola Paulista de Medicina. Programa de Pós-graduação em Cardiologia.

Título em inglês: Influence of sexual maturation in lactate threshold in female soccer players.

1. Capacidade aeróbia. 2. Concentração de lactato. 3. Futebol feminino.

Ana Lúcia Anauate Nicolao

**ASSOCIAÇÃO ENTRE MATURAÇÃO SEXUAL E LIMIAR DE LACTATO EM
MENINAS DE 10-15 ANOS**

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dra. Gerseli Angeli

Prof. Dr. Nabil Ghorayeb

Prof. Dr. Marcelo Hide Matsumoto

Suplente:

Prof. Dr. Raul Santo de Oliveira

Dedicatória

Ao meu pai, Waldemar Nicolao,
que na eternidade guia meus passos.

À minha mãe, Nair,
pela paciência e muito amor,
sempre me apoiando nos momentos mais difíceis.

À minha família e ao CEMAFE,
que com dedicação e carinho,
conseguiram transformar meu sonho em realidade.

Agradecimentos

- Ao Prof. Dr. Turibio Leite de Barros Neto, que com espírito de guerreiro me fez acreditar que tudo é possível, basta acreditar.
- Ao Prof. Dr. André Pedrinelli, ortopedista e especialista em medicina do esporte do Hospital das Clínicas de São Paulo, meu agradecimento especial.
- À secretária do CEMAFE, Claudia Waldman, um agradecimento especial pelo carinho e dedicação.
- Ao Prof. Edgard Freire, que em todos os momentos difíceis esteve ao meu lado.
- À Profa. Yara Queiroga Confessor, orientadora dos pós-graduandos, que com sua crítica construtiva enriqueceu meu trabalho.
- A toda a equipe do CEMAFE, que colaborou diretamente nesse estudo.

Sumário

Dedicatória	iv
Agradecimentos	v
Lista de Gráficos	viii
Lista de Quadros e Tabelas	ix
Resumo	x
Abstract	xi
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. O problema e a justificativa	1
1.2. Capacidade e potência aeróbias	3
1.3. Consumo máximo de oxigênio (VO ₂ max)	4
1.4. VO ₂ max e sua relação com o desempenho	6
1.5. Capacidade aeróbia e seus indicadores	7
1.5.1. Lactato sanguíneo como medida do condicionamento aeróbio	7
1.5.2. Limiar Anaeróbio (LAn)	7
1.5.3. Níveis de referência de lactato	8
1.5.4. Respostas do lactato sanguíneo ao exercício e idade cronológica	10
1.5.5. Explicações relativas às menores concentrações de lactato em jovens	12
1.5.6. Características metabólicas musculares	12
1.5.7. Aumento da utilização de gordura durante o exercício	14
1.5.8. Níveis altos de atividade física habitual	14
1.5.9. Resposta das catecolaminas ao exercício	15
1.5.10. Maturação e resposta do lactato ao exercício	15
1.6. Objetivos	18
1.6.1. Objetivo geral	18
1.6.2. Objetivo específico	18
2. MÉTODOS	19
2.1. Caracterização e descrição dos procedimentos de pesquisa	19
2.1.1. Medidas antropométricas	19

2.1.2. Avaliação da maturação sexual	19
2.1.3. Determinação do limiar de lactato	19
2.2. Análise estatística	20
3. RESULTADOS	21
4. DISCUSSÃO	26
5. CONCLUSÕES	27
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
7. ANEXOS	36

Lista de Gráficos

Gráfico 1	25
Gráfico 2	25

Lista de Quadros e Tabelas

Quadro 1 – Mecanismos propostos para explicar as respostas menores do lactato ao exercício em jovens	12
Tabela 1 – Características antropométricas da amostra	21
Tabela 2 – Descritivo das medidas de lactato, tempo das corridas e velocidades dos limiares	22
Tabela 3 – Descritivo da maturação sexual	23
Tabela 4 – Correlação de Spearman's entre maturação sexual e lactato sanguíneo nas corridas 1, 2 e 3	24

Resumo

Os limiares de lactato são utilizados para a avaliação da capacidade aeróbia em diferentes idades. Estudos demonstraram que crianças e adolescentes apresentam menores concentrações sanguíneas de lactato ([La]) para mesma carga de esforço do que adultos. Existem evidências de que isto está relacionado ao desenvolvimento maturacional das mesmas. **Objetivo:** Verificar a associação entre a maturação sexual e o limiar de lactato de atletas de futebol de 12 a 15 anos de idade. **Método:** A amostra foi do tipo intencional, não probabilística, com um total de 36 meninas, entre 12 e 15 anos, participantes de escolinhas de futebol da prefeitura da cidade de São Paulo. Foram obtidas da amostra a massa corporal, a estatura e a tomada de dobras cutâneas tricóptica e subescapular. A maturação sexual foi feita através da observação direta, por uma médica, do desenvolvimento de órgãos genitais e de pilosidade púbica, por meio de planilhas propostas por Tanner. Para determinação do limiar de lactato foi realizado teste progressivo em pista, onde as jovens realizaram três corridas de 800 metros, com a intensidade do esforço sendo controlada por zonas de frequência cardíaca pré-estabelecidas, com mensurações das [La] no final de cada corrida. Através da interpolação linear foi encontrada a velocidade correspondente a [La] de $2,5 \text{ mmol.L}^{-1}$ ($V_{2,5}$). Para compreender melhor a natureza das associações entre as variáveis foi utilizada a regressão linear múltipla, tendo como variável dependente o limiar de lactato ($V_{2,5}$) e como variáveis independentes idade (anos), IMC (kg/m^2), estatura (cm) e somatório de dobras cutâneas (mm). **Resultados:** Em mais jovens, pré-púbere, as variáveis de crescimento e a maturação sexual tem pouca associação com o limiar de lactato. Sendo importante uma ponderação sobre a influência da maturação sexual no limiar de lactato. **Conclusão:** Levando em consideração a homogeneidade do grupo e o fato de a idade entre 12 e 15 anos ser um período de diversas modificações, o desenvolvimento maturacional, e não a idade cronológica, mostrou uma diferença significativa nas variáveis analisadas.

Palavras-chave: capacidade aeróbia, concentração de lactato, futebol feminino

Abstracts

The lactate thresholds are used to assess the aerobic capacity in different ages. Studies show that children and adolescents present less lactate blood concentrations [la] than adults under certain effort loads. There are evidences that this is related to their maturational development. **Objective:** To verify the association between the sexual maturation and the lactate threshold in some adolescent soccer players ranging from 12 to 15 years old. **Method:** The sample was related to the intentional and not probabilistic type involving 36 girls, from 12 to 15 years old, members of the soccer schools held by the Majority of São Paulo. The body weight, height and the sum of two skinfolds – calf and triceps were obtained from the sample. A physician directly observed the sexual maturation of the genitals and pubic hair development through the Tanner index. To determine the lactate threshold a progressive test, a 3 x 800 m in running track, was performed by adolescents, their effort intensity was controlled by pre-established heart rate zones and the [la] were measured at the end of each run. The velocity corresponding to [la] of 2,5 mmol.L⁻¹ (V_{2,5}) was obtained through the linear interpolation. The multiple linear regression was used to better understand the nature of these associations between the variables, considering the lactate threshold (V_{2,5}) as a dependent variable and the age (years), the body weight index (kg/m²), height (cm) and the sum of the skinfolds (mm) as independent variables. **Result:** The growth variables and the sexual maturation have little association with the lactate threshold in the youngest and pre-adolescent girls. It is important to take in consideration the sexual maturation influence on the threshold lactate. **Conclusion:** Taking in account the group homogeneity and being the range between 12 and 15 years old a period susceptible to many modifications, the maturational development and not the chronological age showed to be responsible for a significant difference in the analyzed variables.

Key words: aerobic capacity, lactate concentration, soccer adolescents.

1. INTRODUÇÃO

1.1. O problema e a justificativa

Existe uma procura permanente de melhores métodos de treinamento e de meios confiáveis de avaliar a aptidão física aeróbia dos atletas. Durante muito tempo, o volume máximo de absorção, transporte e utilização de oxigênio em unidade de tempo (VO_2max), foi considerado o fator biológico discriminador da aptidão física de esportistas praticantes de atividades com alta demanda energética aeróbia. Porém, a partir dos anos 70, constatou-se que o VO_2max , isoladamente, não permite explicar o desempenho atlético nestas atividades, pois foram encontradas diversas combinações entre esse indicador e rendimento esportivo (Noakes, 1998; Basset, Howley, 2000)

O VO_2max também é comumente utilizado como fator determinante do desempenho nas provas de média e longa duração de crianças e adolescentes. No entanto, alguns estudos demonstraram que o VO_2max não é um bom discriminador do rendimento aeróbio em grupos homogêneos de jovens (Krahenbuhl et al., 1985; Boileau, 1989). Em estudo longitudinal realizado com corredores entre 10 e 18 anos, concluiu-se que podem ocorrer melhoras no desempenho de corrida sem modificações correspondentes no VO_2max relativo à massa corporal (Daniels et al., 1978). Além disso, em crianças e adolescentes, nem sempre é possível a determinação do VO_2max através do tradicional platô de VO_2 , devido principalmente a aspectos maturacionais e dificuldades em se obter um esforço máximo (Rowland et al., 1988; Armstrong et al., 1996). Pó esta razão, recomenda-se a utilização de avaliação e prescrição de atividades utilizando modelos submáximos para atenuar tais dificuldades (Kiss, 2000).

Como abordagem padrão de variáveis submáximas, a medida da concentração sanguínea de lactato ($[\text{la}]$) é parte da rotina de vários laboratórios de fisiologia do exercício e de avaliação funcional. Os chamados limiares de transição que, basicamente, refletem pontos onde ocorrem aumentos abruptos na curva $[\text{la}]$ -intensidade, passaram a ser utilizados como referência de capacidade aeróbia (Heck et al., 1985a; 1985b). Em verdade, os limiares são aproximações da zona de intensidade do exercício em que ocorreria um equilíbrio entre a produção e a remoção do lactato no sangue, ou seja, a intensidade de máximo steady-state de lactato (MEEL). A determinação de limiares, principalmente o limiar de lactato (LL), em alguns trabalhos, denominado limiar anaeróbio (LAn), é utilizada como referência de intensidade para a prescrição das cargas de capacidade aeróbia (Oliveira et al., 1994).

Apesar do interesse e da evolução tecnológica, a medida de $[\text{la}]$ é uma metodologia custosa e que requer pessoal especializado. Além disso, a coleta de sangue é uma abordagem invasiva e

desconfortável, principalmente nos mais jovens, e com potencial risco de contaminação. Para atenuar estes problemas, diversos autores propuseram alternativas para a predição de variáveis relacionadas ao MEEL, ao LAn e a concentrações fixas de lactato (CFL), com abordagens restritas, basicamente, a adultos (Olbrecht et al., 1985; Weltman et al., 1989; Oliveira et al., 1994). Como existe um número menor de estudos com crianças e adolescentes (Colantonio, 1999), há uma deficiência de métodos de estimativa do LAn para estas faixas etárias.

A [la] de $4,0 \text{ mmol.L}^{-1}$ é frequentemente utilizada como indicadora do LAn e do MEEL em adultos. No entanto, muitas crianças podem suportar cargas próximas à exaustão sem exceder este valor de [la] (Williams et al., 1990a), tornando discutível sua utilização como critério para avaliar indivíduos mais jovens. Assim, para esta população, foi sugerido o uso de critérios com valores menores de CFL, como $2,5 \text{ mmol.L}^{-1}$ (Williams et al., 1990a; 1990b; 1990c; 1990d; 1991; Armstrong, Welsman, 1997).

Os estudos iniciais de Eriksson et al. (1971a; 1971b; 1974) e Eriksson (1972) mostraram que crianças apresentam [la] menores. Uma das razões para esta limitação estaria relacionada a uma menor capacidade glicolítica e que, conseqüentemente, estaria ligada à maturação sexual. Dux et al. (1982) reforçaram estes achados demonstrando que para ocorrer a gênese da glicólise, em ratos, é necessária uma proporção adequada de testosterona (Dux et al., 1982). A partir destes estudos, outros pesquisadores têm se preocupado em investigar este tema.

Falgairrette et al. (1991) apresentaram associações significantes entre as respostas do lactato sanguíneo no exercício e os níveis de testosterona ($r = 0,40$; $p < 0,001$) em 144 meninos de 6 a 15 anos. Outro estudo clássico, que suporta a influência androgênica na glicólise, foi realizado por Tanaka, Shindo (1985), que demonstraram haver associação significativa entre idade óssea e velocidade no limiar de lactato em meninos de 6 a 15 anos ($r = - 0,32$). Os autores concluíram que meninos pré-púberes e púberes têm velocidades maiores no limiar de lactato do que rapazes jovens (pós-púberes) e que isto pode, em parte, ser devido à menor ação da testosterona sobre o músculo esquelético.

Entretanto, outros estudos não encontraram associação entre maturação sexual e limiar anaeróbio em crianças, como Frainer et al. (2006) estudando meninos, Williams et al. (1990b) estudando meninas, Williams et al. (1990c) comparando meninos e meninas, todos utilizando os índices de Tanner (1962) e, ainda, Welsman et al. (1994) que utilizaram a testosterona sérica como indicador de maturação sexual.

Vários estudos foram criticados por não demonstrarem um controle adequado, confundindo as influências e as intercorrelações entre testosterona, outros índices de crescimento e a variável de desempenho sob consideração.

Armstrong, Welsman (1997) criticaram o estudo de Tanaka, Shindo (1985) sugerindo que problemas conceituais poderiam ter influenciado na interpretação dos resultados uma vez que a maioria dos sujeitos do estudo era de pré-púberes e com níveis de testosterona menores do que o esperado para haver efeitos metabólicos significantes.

Welsman et al. (1994) criticaram a utilização de níveis de pico de lactato, resultantes do teste de VO_2 de pico, para refletir o metabolismo anaeróbio, como utilizado por Falgairette et al. (1991), alegando que, como os níveis de lactato são altamente dependentes de fatores como protocolo do teste e duração do exercício, existe provavelmente uma variação considerável entre os indivíduos.

Em seus estudos iniciais, que sugeriram uma menor habilidade dos jovens em gerar energia pela glicólise, Eriksson (1972, p. 18) recomendou que houvesse cautela na interpretação de seus resultados, enfatizando que “conclusões gerais não podem ser realizadas”.

Quando o objetivo é direcionar e compreender melhor o que pode interferir ou auxiliar no desempenho humano, é necessário estabelecer uma relação entre determinantes do crescimento e do desenvolvimento e capacidade de realizar esforços das mais variadas magnitudes. Com isto, atenua-se a possibilidade de se cometer erros pedagógicos que possam afetar a integridade física de crianças e adolescentes ao submetê-los a treinamento e atividades que exijam de sobremaneira o seu organismo (Frainer et al., 2006).

1.2. Capacidade e potência aeróbias

As diversas vias metabólicas (fosfagênica, glicolítica e aeróbia) que participam do sistema que visa a transformar energia química em mecânica para suprir a ressíntese de ATP dependem não apenas da intensidade da sobrecarga, mas simultaneamente da duração do exercício (Kiss, 2000).

Apesar de as implicações da caracterização correta dos termos potência e capacidade do sistema energético em fisiologia do exercício e em treinamento (Kiss, 2000) não estarem bem analisadas, tem-se observado a equivalência entre estes conceitos com outros ramos da ciência, como a física. A potência de um sistema é a quantidade máxima de energia utilizável em unidade de tempo (Krahenbuhl et al., 1985) e a capacidade é a quantidade máxima de energia de um sistema (Denadai, 1999; Kiss, 2000).

Assim, a potência aeróbia, bem como a caracterização do sistema cardiorrespiratório, tem sido analisada através de calorimetria indireta respiratória, em que o VO_{2max} ($L \cdot min^{-1}$) é medido pressupondo-se um valor médio de 5 kcal para cada litro de sangue utilizado.

A capacidade aeróbia é medida de forma indireta pelos limiares (ventilatório, de lactato, de frequência cardíaca (FC)) que representariam o ponto em que a acidose metabólica cresceria de forma mais acelerada, ou seja, haveria um aumento não linear do suprimento de ATP através da via anaeróbica. A ventilação e o acúmulo de lactato sanguíneo, portanto, apresentariam também caráter mais acelerado, refletindo o maior tamponamento de íons hidrogênio (Brooks, 1985).

As dificuldades na obtenção de indicadores de potência aeróbia provêm do fato desta variável ser uma exigência máxima imposta ao organismo e, por isso, dependente de vários fatores. Em crianças, o verdadeiro esforço máximo é dificultado por motivos diversos tais como fadiga muscular localizada, período de concentração limitada durante o teste, limiar baixo para o desconforto, motivação insuficiente e, até, potenciais patologias não identificadas. Desta maneira, é importante avaliar e prescrever atividades utilizando modelos submáximos, que são mais adequados às especificidades do treinamento (Kiss, 2000; Robergs, Robergs, 2002).

1.3. Consumo máximo de oxigênio ($VO_2\text{max}$)

O $VO_2\text{max}$ vem sendo utilizado como um fator determinante do desempenho nas provas de média e longa duração (potencial de endurance). Este índice reflete a utilização do metabolismo aeróbio durante o exercício revelando, assim, o potencial em denotar a exigência da extração de oxigênio na obtenção de energia para a atividade muscular (Denadai, 1999). Regazzini et al. (2003) enfatizou que o $VO_2\text{max}$ é o melhor indicador para a avaliação da capacidade de resistência em crianças. No entanto, ele não é bom indicador do grau de treinamento de atletas (em grupos homogêneos) e, no caso de crianças, é de difícil compreensão devido aos aspectos maturacionais e de desenvolvimento.

Os dois ergômetros mais utilizados em pesquisa com crianças são a bicicleta e a esteira ergométricas, apesar de os valores de $VO_2\text{max}$ encontrados com a utilização da segunda serem maiores do que com a da primeira. Mácek et al. (1976) encontraram valores aproximadamente 8% maiores em um grupo de 10 meninos com idade entre 11 e 14 anos. Krahenbuhl et al. (1985) citaram estudos nos quais foram encontradas correlações altas entre os valores em ambos os testes (bicicleta e esteira) em 21 crianças entre 11 e 14 anos. No entanto, os valores encontrados com a utilização da esteira foram de 7,4 a 7,9% maiores. Este fenômeno é explicado pelo fato de o exercício em bicicleta envolver uma massa muscular menor, o que poderia causar fadiga localizada antes do mecanismo central ser levado a exigência máxima. O exercício em esteira, por outro lado, envolve uma massa muscular maior, o que aumentaria as chances de se obter o $VO_2\text{max}$ limitado tanto por fatores centrais quanto por fadiga periférica.

Os testes realizados em crianças têm sido bastante criticados uma vez que os critérios para determinação do VO_2 max utilizados em adultos nem sempre demonstram a mesma relação em crianças.

O platô no VO_2 , em que um aumento na carga não é acompanhado por um aumento no VO_2 , é o critério mais comum para determinar o VO_2 max em crianças. Outros critérios utilizados são o nivelamento da FC antes do final da carga, a razão de troca respiratória (RER) maior que 1,00 e níveis altos de concentração de lactato. Critérios subjetivos como o branqueamento das extremidades, a falta de respiração e a demonstração da impossibilidade de manter o trabalho exigido, também são passíveis de utilização (Krahenbuhl et al., 1985).

Armstrong et al. (1996) observaram que uma minoria das crianças e adolescentes testadas em cicloergômetro e em esteira rolante apresentaram um platô no VO_2 . Este resultado reforça aquele encontrado por Rowland (1993) e indica que o platô no VO_2 não deve ser usado como pré-requisito em teste máximo com crianças. Armstrong et al. (1996) observaram que os testes supramáximos geravam um pico menor de FC e picos maiores de [la], RER e ventilação e que, apesar do aumento da contribuição anaeróbia do exercício, não ocorreram aumentos no pico de VO_2 , quando comparado com o teste até a exaustão voluntária. Assim, eles concluíram que a FC de pico e a RER são critérios mais úteis na observação do esforço máximo em crianças. Astrand (1952) notou que 50% das crianças não exibiam um platô, apesar das evidências de que tenham realizado o exercício até a exaustão verdadeira.

Krahenbuhl et al. (1985) propuseram que, neste grupo de indivíduos, a ausência de platô de VO_2 ocorreria em virtude do nível de maturação e da capacidade anaeróbia baixos. No entanto, outros estudos demonstraram que crianças que apresentavam um platô de VO_2 , não mostravam diferenças hemodinâmicas (FC máxima), metabólicas (RER ou lactato de pico) e antropométricas (estatura ou massa corporal) daquelas que não atingiam o platô de VO_2 (Armstrong et al., 1996).

Dos critérios existentes para a determinação do VO_2 max comumente usados em estudos com adultos, o RER submáximo e máximo são impróprios para crianças de 10 a 12 anos e RER igual a 1,00 pode ser usado como sinal de esforço máximo. Um aumento de 2 ml/kg/min no VO_2 para um aumento de 5 a 10 % na intensidade de exercício é satisfatório em crianças e o critério de platô do VO_2 e o pico acima de 220 menos a idade para a FC podem ser utilizados (Pompeu, 1995). Armstrong et al. (1996) notaram que, em crianças, as concentrações de lactato pós-exercício máximo eram menores que em adultos, cerca de 6 a 7 mmol em meninos e meninas entre 7 e 10 anos. Atualmente, os valores de VO_2 obtidos em qualquer teste máximo sem obtenção de platô entre duas cargas adjacentes têm sido denominado consumo de oxigênio de

pico (VO_2pico).

1.4. VO_2max e sua relação com o desempenho

A relação entre VO_2max e o desempenho de endurance em crianças não é fortemente relacionada. Quando as crianças são acompanhadas longitudinalmente, podem ocorrer melhoras no desempenho de corrida sem que haja modificações no VO_2max relativo (Daniels, Oldridge, 1971; Daniels et al., 1978). A melhora no VO_2max absoluto que ocorre com a idade é associada à melhora no desempenho de corrida (Murase et al., 1981), mas isto não é um fenômeno de causa e efeito. O oxigênio (relativo) necessário para um determinado ritmo de corrida diminui com a idade. Consequentemente, os mais velhos são mais econômicos que os mais jovens (Astrand, 1952; Daniels, Oldridge, 1971; Daniels et al., 1978) e necessitam de uma porcentagem menor de seu VO_2max para manter um determinado ritmo.

É bem aceito que crianças mais jovens são menos econômicas devido a sua maior frequência de passada e suas pernas mais curtas (Astrand, 1952). Davies (1980) concluiu que a frequência de movimento das pernas não é otimizada para a força necessária para produzir uma conversão mais econômica de energia aeróbia em trabalho mecânico. Sjödin et al. (1982), pesquisando 16 meninos de 11 a 15 anos, concluíram que um sujeito com uma potência aeróbia menor pode compensar com uma economia de corrida maior, ou seja, ele poderia colocar sua VOBLA (velocidade do início de rápida aceleração das concentrações de lactato em teste progressivo) próxima à de um corredor com VO_2max maior, mas com pouca economia.

Assim sendo, pode-se concluir que o VO_2max não é fortemente relacionado ao desempenho em crianças como é em adultos. Outros fatores, então, podem contribuir significativamente com a predição do desempenho na distância da corrida. Um dos fatores que pode auxiliar é a maior quantidade de fibras do tipo I, como observado no estudo de Komi et al. (1981) com adultos, em que encontraram um $r = 0,78$ quando relacionaram a VOBLA ao tipo de fibra. As crianças também parecem correr em uma maior proporção de sua velocidade máxima, apresentando altos níveis de lactato pós-exercício (Cureton et al., 1977; Krahenbuhl, Pangrazi, 1983). Assim, crianças que são boas corredoras poderiam possuir um mosaico muscular com maior quantidade de fibras tipo I e, ao mesmo tempo, serem rápidas, sustentando sua velocidade máxima em uma alta porcentagem do VO_2max e tolerando níveis altos de lactato (Krahenbuhl, Pangrazi, 1983).

1.5. Capacidade aeróbia e seus indicadores

1.5.1. Lactato sanguíneo como medida do condicionamento aeróbio

Apesar de um VO_2 pico alto ser um pré-requisito para o sucesso em atividades aeróbias de endurance e seu valor limite o desempenho aeróbio máximo do indivíduo, sua medida não é o melhor índice para classificar a habilidade individual de sustentar o exercício aeróbio em intensidades submáximas e nem o meio sensível pelo qual se detecta melhoras na endurance aeróbia com o treinamento.

As medidas de lactato sanguíneo durante o exercício submáximo refletem de forma fidedigna o condicionamento aeróbio (apesar de derivar do metabolismo anaeróbio) e podem demonstrar melhoras da capacidade oxidativa do músculo com o treinamento até mesmo sem melhoras no VO_2 pico (Jones, Carter, 2000; Armstrong, Welsman, 2007).

A curva de lactato em exercício incremental é modificada com o treinamento aeróbio e com a melhora da energia oxidativa gerada pelas modificações no metabolismo muscular, a curva desloca-se para a direita. Como resultado, um determinado nível de exercício demonstra um nível menor de acúmulo de lactato no sangue. Essas modificações na curva de lactato podem ser usadas para monitorar o condicionamento aeróbio submáximo do indivíduo (Antonutto, Di Prampero, 1995).

Já está bem estabelecido que crianças demonstram concentrações sanguíneas de lactato menores que adultos (Eriksson, Saltin, 1974; Lehmann et al., 1981) o que leva à dedução de que, durante o crescimento e a adolescência, ocorre alguma maturação do sistema que regula a predominância de determinado sistema energético durante o exercício.

1.5.2. Limiar Anaeróbio (LAn)

O conceito original de LAn descreve especificamente “o nível de trabalho ou consumo de oxigênio somente abaixo do qual não ocorra acidose metabólica e mudanças associadas às trocas gasosas” (Davis 1985, Wasserman, 1986; Wasserman et al., 1990; Antonutto, Di Prampero, 1995).

É assumido que este início do metabolismo anaeróbio ou acidose reflete o ponto no qual a demanda de oxigênio excede o suprimento e, assim, pode ser identificado durante o exercício incremental como o ponto no qual o lactato sanguíneo primeiro aumenta acima dos níveis de repouso (Wasserman et al., 1990). Inerente a esta teoria, também foi assumido uma relação de causa e efeito entre o início da acidose metabólica e as mudanças específicas nos parâmetros ventilatórios ou trocas gasosas, em que a ventilação é estimulada principalmente por um

aumento do fluxo de dióxido de carbono (CO_2) para os pulmões. Este aumento ocorre devido ao tamponamento (bicarbonato) e aos íons de hidrogênio dissociados do ácido láctico (Wasserman, 1986).

O argumento apresentado para o conceito de LAn é que os níveis de lactato sanguíneo refletem um balanço entre os processos de produção e eliminação que ocorre no início da anaerobiose celular (Brooks, 1985).

Vários estudos têm sugerido que não existe uma relação causal entre limiares ventilatório e de lactato. Por exemplo, Hagberg et al. (1982) observaram divergências entre estes dois limiares com o treinamento e em pacientes com síndrome de McArdle, em que a ausência da enzima fosforilase impede a geração de lactato durante o exercício, e, ainda assim, observaram o limiar ventilatório. Apesar de estas evidências terem sido disputadas sobre fundamentação teórica (McLellan, 1987; Yoshida, 1987), existem dados suficientes de sujeitos que apresentaram disparidade entre os limiares ventilatório e de lactato (Green et al., 1983; Simon et al., 1983; Simon et al., 1986) que questionam a validade da proposta de relação causal.

1.5.3. Níveis de referência de lactato

Os problemas teóricos e práticos associados com a determinação do LAn, como a identificação do ponto do limiar e a influência de variadas linhas de base na determinação dos níveis de lactato, podem ser driblados pelo uso de níveis fixos de concentrações de lactato (Sjödín et al., 1982; Weltman et al., 1989). O critério mais utilizado e aceito para avaliar o desempenho de adultos é a concentração de $4,0 \text{ mmol.L}^{-1}$ de lactato sanguíneo (Ribeiro, 1995; Tokmakidis, Léger, 1995). Vários termos foram utilizados para descrever este nível, incluindo LAn (Kindermann et al., 1979) e início de acúmulo de lactato sanguíneo (Sjödín et al., 1982). Contudo, esses dois conceitos não devem ser confundidos, mesmo sabendo que o critério de performance de $4,0 \text{ mmol.L}^{-1}$ é bastante distinto desde que se propõe a predizer o LAn original. O maior nível de lactato sanguíneo que pode ser sustentado sem o acúmulo progressivo tem sido definido como MEEL. Nesta intensidade de exercício, o processo de acumulação e eliminação de lactato está em equilíbrio, permitindo que a atividade continue por períodos longos (Heck et al., 1985a; 1985b).

Os estudos de Heck et al. (1985a; 1985b) demonstraram empiricamente que o MEEL corresponderia aproximadamente a uma $[\text{la}]$ de $4,0 \text{ mmol.L}^{-1}$, estando, em média, $2,0 \text{ mmol.L}^{-1}$ acima do LAn proposto em 1986 por Wasserman e tb utilizado por outros autores (Hollmann, 1985; Hollmann, 1991). A partir da publicação deste estudo em 1985, a determinação deste valor

“limiar” passou a ser rotina para a avaliação da capacidade de rendimento aeróbio e o seu uso foi indiscriminado, apesar de variações de metodologias e de nível de capacidade aeróbia dos sujeitos estudados.

Estudando a resposta da [la] em cargas constantes, Heck et al. (1985a; 1985b) encontraram valores de $4,0 \pm 0,7 \text{ mmol.L}^{-1}$ (3,0 – 5,5), enquanto que, no estudo da Billat et al. (1994), a [la] permaneceu em equilíbrio durante exercício de carga constante com média de $3,9 \pm 1,0 \text{ mmol.L}^{-1}$ (2,2 – 6,7) e, no estudo de Beneke (2003a; 2003b), a média foi de $4,9 \pm 1,4 \text{ mmol.L}^{-1}$ (1,9 – 7,5), os últimos com amostras de sangue arterial. No entanto, deve ser enfatizado que as CFL são médias e que a execução de exercícios em velocidades correspondentes a elas, não necessariamente representam equilíbrio entre o aparecimento e o desaparecimento de lactato, podendo ou não se equilibrar em [la] idênticas, maiores ou menores (Heck et al., 1985a; 1985b).

Borch et al. (1993) acrescentaram mais um ponto de discussão aos já existentes. Estes autores, estudando somente atletas de esportes aeróbios, estabeleceram que o valor de [la] de $3,0 \text{ mmol.L}^{-1}$ deve ser utilizado como índice de MEEL em teste incremental em esteira. A justificativa apresentada foi que o grupo estudado possuía melhor condicionamento aeróbio que o daquele estudado por Heck et al. (1985a; 1985b), além de diferenças no procedimento de teste e método de avaliação, necessitando, portanto, ser confirmado por outros estudos de validação externa. Estes resultados estão de acordo com a idéia de que a [la] igual a $4,0 \text{ mmol.L}^{-1}$ é elevada para aproximar a intensidade de MEEL entre corredores de provas de longa duração e pode ser um valor baixo para outros tipos de atletas (Heck et al., 1985a; 1985b).

Assim, os valores de CFL não devem ser vistos como dogmas, mas como referência de MEEL (Mader, 1991), necessitando de confirmação e/ou melhor aproximação através de carga constante em campo (Heck et al., 1985a; 1985b).

Reconhecendo que muitas crianças podem exercitar-se perto da exaustão sem exceder as concentrações de $4,0 \text{ mmol.L}^{-1}$ (Williams et al., 1990b; 1990c; 1990d), alguns autores expressaram preocupação com o uso deste nível como critério para avaliar crianças e jovens. Assim, baseados em estudos anteriores, Armstrong, Welsman (1997) recomendaram o uso de critérios menores, como $2,5 \text{ mmol.L}^{-1}$. Essa recomendação foi suportada pelos resultados de MEEL encontrados em meninos e meninas, de 2,1 e 2,3 mmol.L^{-1} respectivamente, com a intensidade correspondendo a 78% do VO_2pico (Williams, Armstrong, 1991). Análises adicionais dos resultados revelaram que as respostas cardiopulmonares no MEEL não são significativamente diferentes daquelas a $2,5 \text{ mmol.L}^{-1}$ determinadas durante o exercício incremental na esteira. Como poucos estudos avaliaram o MEEL em crianças, são mínimas as evidências corroborativas.

Outros estudos com crianças de idades similares reportaram níveis de lactato de 3,9 mmol.L⁻¹ (Billat et al, 1995) e de 5.0 mmol.L⁻¹ (Mocellin et al., 1989; Mocellin et al., 1991) no MEEL. As discrepâncias entre os estudos podem ser explicadas, em parte, pelo uso de diferentes métodos de análise, mas também pelo uso de protocolos que estimem o MEEL.

Em alguns estudos, o MEEL pode ter sido superestimado pelo uso de protocolos de corrida descontínuos com pausa de 30 segundos para coleta de amostra de sangue a cada 3,5 minutos de estágio do exercício (Mocellin et al., 1989; Mocellin et al., 1991). Isso pode ter alterado os padrões de produção e eliminação de lactato comparado com o exercício contínuo.

Billat et al. (1995) não mediram o MEEL diretamente, mas utilizaram derivada matemática das respostas de lactato sanguíneo medidos durante dois exercícios de 15 minutos entre 64 e 74% do VO₂pico. Como não foram realizados mais estágios e intensidades, questiona-se o estabelecimento do verdadeiro MEEL, particularmente como uma porcentagem do VO₂pico citado para o lactato sanguíneo de 3,9 mmol.L⁻¹ ser notadamente menor que aquela observada em outros estudos (Williams, Armstrong, 1991). A discrepância observada entre este estudo e outros pode ter tido influência do método indireto adotado para avaliar o MEEL, método este derivado e refinado para atletas de elite adultos. Em pré-púberes, o nível de 2,5 mmol.L⁻¹ também pode ocorrer próximo ao VO₂pico e representar, assim, um critério satisfatório para a performance submáxima (Armstrong et al., 1995).

Frainer et al. (2004), avaliando jovens jogadores de futebol de nível nacional, encontraram uma [la] de 2,52 ± 0,90 mmol.L⁻¹ um minuto após uma corrida em esforço máximo constante de 20 minutos. Este valor é similar ao sugerido como referência fixa da [la] no LAn para crianças e adolescentes (2,5 mmol.L⁻¹), demonstrando que a velocidade média neste esforço pode ser uma alternativa para a aproximação da CFL nestes indivíduos.

Pazin et al. (2004) avaliaram 56 jovens (40 do sexo masculino e 16 do sexo feminino) participantes de escolas de esportes (atletismo, voleibol e basquetebol), com o objetivo de verificar a possibilidade de determinação de velocidades de referências de MEEL (utilizando como critério 2,5 mmol.L⁻¹) através do teste de corrida de 20 minutos em pista. Seus resultados mostraram que a velocidade em 20 minutos (V20) não é estatisticamente diferente da velocidade em 2,5 mmol.L⁻¹ (p > 0,05) e que, portanto, a V20 possui bom poder discriminador de aptidão aeróbia de jovens atletas.

1.5.4. Respostas do lactato sanguíneo ao exercício e idade cronológica

Estudos que demonstraram que o LAn é maior em crianças quando comparadas a adultos

utilizaram, muitas vezes, técnicas não invasivas. No entanto, esta forma de determinação, que sugere diferenças nas respostas do lactato sanguíneo entre crianças e adultos, não permite que sejam realizadas inferências confiáveis (Palgi et al., 1984; Reybrouck et al., 1985; Kanaley, Boileau, 1988; Washington et al., 1988).

A identificação da idade e das mudanças maturacionais nas respostas do lactato ao exercício, baseadas em medidas diretas do limiar de lactato ou dos valores de concentrações fixas, não é clara e impedem comparações inter-estudos devido à inconsistência das metodologias. Existem definições e métodos diferentes para determinar o LAn. Por exemplo, o LAn tem sido definido como a velocidade de corrida correspondente ao ponto de inflexão do lactato determinado matematicamente (Rotstein et al., 1986), como a velocidade de corrida na qual o lactato está um pouco abaixo de $2,0 \text{ mmol.L}^{-1}$ (Tanaka, Shindo, 1985) ou como a intensidade do exercício quando a $[\text{la}]$ está em $4,0 \text{ mmol.L}^{-1}$ (Gaisl e Weisspeiner, 1988).

A relação entre resposta submáxima e idade apresenta dificuldades de ser realizada devido às inconsistências metodológicas e falta de dados com meninas. Em comparação com adultos, quando examinada a idade cronológica durante a infância e a adolescência, investigadores observaram um declínio na FC ou na porcentagem do VO_2pico na velocidade do limiar de lactato com o aumento da idade, possivelmente indicando uma tendência de diminuição do metabolismo aeróbio (Simon et al., 1983; Tanaka, Shindo, 1985).

Em um estudo de performance no lactato, com referência nos valores de $2,5$ e $4,0 \text{ mmol.L}^{-1}$ em 210 jovens de 11 a 16 anos, foi encontrada uma relação negativa entre idade e porcentagem do VO_2pico em $4,0 \text{ mmol.L}^{-1}$. Coeficientes significantes foram obtidos quando a idade foi correlacionada com o desempenho nos $2,5 \text{ mmol.L}^{-1}$, mas a significância biológica dos valores baixos nos coeficientes ($r = - 0,226$ em meninos e $r = - 0,272$ em meninas) é questionável. Valores com diferenças significantes foram observados entre crianças e adultos na porcentagem do VO_2pico nos $4,0 \text{ mmol.L}^{-1}$: 91% versus 86% para meninos e homens e 90% versus 85% para meninas e mulheres (Armstrong, Welsman, 1994). Embora os meninos tenham conservado valores maiores que os homens para a porcentagem do VO_2pico em níveis menores de lactato (83% versus 75%), mulheres e meninas não apresentaram diferenças significativas (77% versus 76%). Estes dados indicaram que, no período pós-adolescência, ocorre maturação significativa das respostas do lactato ao exercício.

As diferenças no lactato submáximo entre os sexos são difíceis de estabelecer, pois, raramente, meninos e meninas são avaliados no mesmo estudo. Embora alguns estudos indiquem que meninos possuam um LAn maior em comparação com meninas (Washington, 1993; 2000), outros não encontraram diferenças significativas entre os sexos em CFL (Williams, Armstrong,

1991).

1.5.5. Explicações relativas às menores concentrações de lactato em jovens

Várias linhas e evidências têm sido investigadas em pesquisas para explicar as diferenças nas respostas da [la] no exercício em crianças e adolescentes comparado com adultos. Os principais mecanismos propostos estão resumidos no quadro 1.

Quadro 1 – Mecanismos propostos para explicar as respostas menores do lactato ao exercício em jovens

Fator Envolvido	Mecanismo proposto
Fatores circulatórios	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Rápida cinética do consumo de oxigênio ➤ Menor tamanho corporal e tempo de circulação
Características metabólicas musculares	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Maiores proporções de fibras tipo I ➤ Preponderância de enzimas oxidativas ➤ Utilização de substrato – aumento do metabolismo de gorduras
Diferenças hormonais	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Resposta do domínio das catecolaminas ao exercício ➤ Baixos níveis de testosterona
Nível alto de atividade física habitual	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aumento do condicionamento aeróbio

Fonte: Armstrong, Welsman (1997)

A seguir, serão abordados alguns dos fatores que podem influenciar na [la] menor observada em crianças, baseados no modelo proposto por Armstrong, Welsman (1997).

1.5.6. Características metabólicas musculares

Estudos pioneiros, usando técnicas invasivas, mostraram a utilização de proporções menores de glicogênio e concentrações baixas de lactato máximo em meninos de 11 a 15 anos comparados com adultos (Eriksson et al., 1971a; 1971b; Eriksson, Saltin, 1974), sugerindo uma habilidade menor em gerar energia através da glicólise. Uma explicação possível levantada pelos próprios autores seria os níveis menores de fosfofrutoquinase (PFK), a enzima limitante da

glicólise, observados em um estudo paralelo com cinco meninos de 11 anos (Eriksson, Saltin, 1974). Em reconhecimento ao pequeno tamanho da amostra, eles declararam que “o resultado deve ser interpretado com cuidado e conclusões gerais não podem ser realizadas” (Eriksson et al., 1974, p. 18). Apesar desta nota de cautela, esses dados têm sido citados em explicações quando observados níveis menores de lactato sanguíneo em jovens (Wirth et al., 1978; Mero, 1988).

Evidências de pesquisas subsequentes demonstraram que, em meninos adolescentes, há níveis menores de PFK comparado a adultos (Fournier et al., 1982), porém estudos que compararam a atividade máxima de várias enzimas glicolíticas, incluindo a PFK, não encontraram diferenças consistentes entre crianças e adultos (Haralambie, 1982; Berg et al., 1986). A quantidade de ATP para a contração muscular depende da intensidade e da duração do exercício e seu suprimento constante é proporcionado por uma complexa interrelação do metabolismo aeróbio e anaeróbio. Porém, o potencial metabólico do músculo da criança pode ser mais bem entendido em função da capacidade do sistema energético e avaliado ao lado dos mecanismos que regulam a glicólise. Considerando que são ambíguas as evidências de um potencial glicolítico inferior, os estudos têm consistentemente observado níveis elevados de enzimas oxidativas como, por exemplo, a succinato desidrogenase (SDH) e a isocitrato desidrogenase (ICDH) (Eriksson et al., 1974; Fournier et al., 1982; Haralambie, 1982). Diferenças na proporção entre PFK para ICDH em crianças (0,884) comparadas com adultos (1,633) refletem uma habilidade melhor para oxidar o piruvato e evidenciam que crianças são, preferencialmente, equipadas para produzir energia aeróbia (Haralambie, 1982).

Apesar dos dados limitados, eles indicam que crianças têm maior proporção de fibras lentas (tipo I) no músculo vasto lateral em comparação com adultos não treinados e, de fato, são mais típicas de atletas de endurance (Eriksson, Saltin, 1974; Bell et al., 1980). O maior volume de mitocôndria, proporção de mitocôndrias por volume miofibrilar, e o lipídio intramuscular armazenado observados em crianças de seis anos comparado com homens e mulheres não treinados são indicativos adicionais de que crianças têm uma habilidade melhor em gerar energia pelo metabolismo aeróbio. Pesquisas mais recentes têm utilizado ressonância magnética (MRI) para determinar o tipo de fibra muscular e o uso desta técnica em crianças e adolescentes pode ajudar a resolver algumas questões chaves com respeito às características maturacionais e metabólicas do músculo (Houmard et al., 1995; Kinugasa et al., 2006).

1.5.7. Aumento da utilização de gordura durante o exercício

Uma disponibilidade maior de gordura como substrato energético pode alterar o padrão de resposta do lactato sanguíneo ao exercício e pode atrasar o metabolismo anaeróbio, resultando em um nível menor de lactato para uma determinada intensidade (Ivy et al., 1980).

Uma RER significativamente menor durante o exercício submáximo foi encontrada em meninos comparados com adultos (Rowland, 1985), o que é um indicativo do aumento da utilização de gordura. No entanto, estudos que utilizam medidas diretas dos níveis de substrato energético, que reflete um aumento de ácidos graxos livres (FFA), são escassos e seus resultados são contraditórios.

Durante exercício de longa duração, não foram identificadas diferenças significativas nos níveis de glicerol livre, que refletem a magnitude da lipólise, em crianças comparadas com adultos (Eriksson et al., 1971a; 1971b; Mácek et al., 1976). De modo similar, não foram observadas diferenças, entre meninos pré-púberes e homens adultos, na mobilização de gordura pelo hormônio do crescimento (GH) durante exercício a 70% do VO_{2pico} (Oseid, Hermansen, 1971). Nenhuma relação foi observada entre GH e níveis de lactato sanguíneo ou uma diferença significativa nos níveis de FFA durante exercício a 70% do VO_{2pico} em meninos e meninas pré-púberes, púberes e pós-púberes (Wirth et al., 1978).

Contrastando com esses resultados, uma pesquisa bem controlada encontrou diferenças entre crianças e adultos na utilização do substrato energético durante exercício na mesma intensidade relativa (Martinez, Haymes, 1992). Esses autores encontraram uma RER significativamente menor durante o exercício de 30 minutos a 70% do VO_{2pico} em meninas comparadas com mulheres.

Não foram encontradas diferenças significantes nos níveis de FFA e de glicerol corrigidos pelas modificações no volume plasmático entre meninas pré-púberes e mulheres. Em meninas, uma contribuição maior e significativa da gordura no gasto energético total foi observada durante o exercício e, em adultos, este aumento foi acompanhado de um declínio na utilização dos carboidratos, fato ainda não observado em adultos. São recomendados estudos mais bem controlados e com diversas populações para esclarecer e validar a utilização alternada dos substratos energéticos como mecanismo para explicar a resposta menor do lactato sanguíneo no exercício em crianças.

1.5.8. Níveis altos de atividade física habitual

A inferência de que crianças dispõem naturalmente de níveis maiores de atividade física

habitual tem sido utilizada para explicar as melhoras mínimas no VO_2 pico, às vezes observadas após períodos de treinamento aeróbio (Armstrong, Welsman, 1997). É aparentemente razoável, portanto, que estes efeitos do treinamento se entendam para uma redução na resposta do lactato sanguíneo em um determinado nível de exercício. Existem evidências, entretanto, que refutam qualquer ligação, observando que crianças e adolescentes são sedentários e que não existem relações significantes entre as medidas de atividade física e os valores de referência de lactato sanguíneo, na porcentagem do VO_2 pico, em exercício submáximo entre crianças pré-púberes e púberes (Welsman, Armstrong, 1996; Armstrong et al., 1996).

1.5.9. Resposta das catecolaminas ao exercício

Vários estudos têm evidenciado que a resposta das catecolaminas no exercício incremental em crianças e adolescentes medeia [la] menores. O exercício incremental induz a mudanças na adrenalina e noradrenalina e que, paralelo a essa observação, está a resposta do lactato sanguíneo observado em adultos e jovens (Lehmann et al., 1981). Como a noradrenalina incita a vasoconstrição e a adrenalina estimula a glicólise no músculo (Richter et al., 1982) é aceitável que a resposta das catecolaminas ao exercício em crianças esteja ligada a [la] menores, pela habilidade reduzida de vasoconstrição e pela manutenção de um fluxo sanguíneo alto para o fígado, que é um dos maiores locais de tamponamento do lactato (Robergs, Robergs, 2002).

Apesar de algumas investigações, os dados disponíveis são insuficientes para permitir uma relação de causa primária entre o mecanismo proposto e a menor resposta do lactato ao exercício. É possível que este mecanismo possa ser um dos fatores que contribuam, mas são necessárias mais pesquisas nesta área.

1.5.10. Maturação e resposta do lactato ao exercício

Existe, há muito tempo, a hipótese de que a habilidade em gerar energia pelo processo glicolítico é dependente da maturação sexual. Esta teoria foi originada dos trabalhos de Eriksson et al. (1971), cujos resultados indicam uma relação entre maturação sexual em meninos, indicado pelo volume testicular, e o metabolismo de lactato. Estes resultados têm sido frequentemente usados para evidenciar a dependência entre maturação e metabolismo de lactato, apesar de esta relação ter sido claramente declarada como “quase significativa” ($r = 0,67$, $p < 0,05$) derivada de uma amostra de oito meninos de 13 a 15 anos. Também é frequentemente citado, para reforçar essa relação, o resultado do estudo que demonstrou uma proporção necessária de testosterona para o desenvolvimento da glicólise no músculo de ratos (Dux et al., 1982). No entanto, a

quantidade de pesquisas é insuficiente para subsidiar a relação causal em crianças e adolescentes.

Correlação significativa, apesar de moderada ($r = 0,4$), entre os níveis de testosterona e as respostas do lactato sanguíneo no exercício foi informada para uma série ampla de intensidades (Falgairrette et al., 1991; Mero, 1988) e citada como uma evidência para a influência androgênica em glicólises. Similarmente, uma relação significativa ($r = - 0,32$) entre idade esquelética e desempenho no limiar anaeróbio foi observada em meninos (Tanaka, Shindo, 1985).

Estes dados, aparentemente, suportam que a maturação e as respostas do lactato possuem uma ligação causal, mas existem vários problemas conceituais com esta interpretação. Todos os sujeitos do estudo de Tanaka, Shindo (1985) eram crianças pré-púberes com níveis de testosterona menores do que o esperado para haver efeitos metabólicos significantes. Além disso, índices de desempenho anaeróbio demonstraram uma melhora antes da puberdade sem que haja mudanças significantes nos níveis de testosterona (Falgairrette et al., 1991).

Vários estudos são criticados por não demonstrarem um controle adequado, confundindo as influências e as intercorrelações entre testosterona, outros índices de crescimento e a variável de desempenho sob consideração. Os níveis de testosterona são altamente correlacionados com a estatura e a massa corporal durante a adolescência e, portanto, uma avaliação dos efeitos independentes da testosterona na resposta do lactato deveria usar técnicas estatísticas que permitam que estas relações confusas sejam controladas.

Usando análise de regressão linear múltipla para investigar a contribuição do tamanho corporal e da testosterona na influência do lactato submáximo e máximo, não foram identificados efeitos independentes significativos do hormônio em meninos de 12 a 16 anos que apresentavam indicadores de maturação de pré a pós-púberes (Welsman et al., 1994). Uma investigação semelhante também não identificou relação entre testosterona e lactato após um esforço supramáximo de 30 segundos em meninos de 12 a 13 anos (Welsman, Armstrong, 1996).

Outras evidências disponíveis refutam um efeito independente da maturação sexual nas respostas ao lactato no exercício. Apesar de um diferencial de dois anos na idade biológica, Paterson et al. (1986) não identificaram diferenças significantes nas concentrações de lactato após o exercício em crianças de uma mesma idade cronológica classificadas como maturadas prematura ou tardiamente. Estudando as mudanças nos níveis de lactato submáximo e de pico pelo estágio maturacional, em meninos e meninas de 11 a 16 anos, Williams, Armstrong (1991) demonstraram não haver mudanças significantes com o aumento da maturidade em ambos os sexos.

Além dos diferentes métodos de avaliação da maturação, existem diferenças metodológicas e conceituais empregadas para caracterizar a capacidade aeróbia dos jovens. Por exemplo, Palgi

et al. (1984) utilizaram o limiar ventilatório e o VO_2max absoluto como indicador de capacidade aeróbia; Tanaka, Shindo (1985) utilizaram a velocidade no limiar de lactato abaixo da $[\text{la}]$ de 2 mmol.L^{-1} ; Williams et al. (1990a; 1990b; 1990c; 1990d) e Welsman et al. (1994) utilizaram a porcentagem do VO_2pico no VOBLA (4 mmol.L^{-1}) e na $[\text{la}]$ de $2,5 \text{ mmol.L}^{-1}$; Williams, Armstrong (1991) utilizaram como índice de condicionamento cardiorespiratório, o VO_2pico ; e, por fim, Frainer et al. (2006) utilizaram a velocidade na $[\text{la}]$ de $2,5 \text{ mmol.L}^{-1}$ para determinar o limiar de lactato.

Finalizando, apesar das incertezas documentadas e discutidas acerca dos efeitos da testosterona no desenvolvimento da glicólise, os estudos têm falhado em demonstrar a natureza desta relação em mulheres. Meninas têm níveis mínimos de testosterona durante a maturação e, no entanto, sua habilidade em produzir lactato durante o exercício não é comprometida. De fato, meninas, ocasionalmente, demonstram alcançar níveis maiores de lactato do que meninos. Isto mostra uma forte evidência de que fatores diferentes dos ajustamentos hormonais com a maturação sejam mediadores do desenvolvimento do metabolismo energético (Williams, Armstrong, 1991; Welsman, Armstrong, 1996).

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo geral

Verificar a associação entre a maturação sexual e o limiar de lactato de jovens do sexo feminino de 10 a 15 anos de idade.

1.6.2. Objetivo específico

Verificar as relações existentes entre o limiar de lactato e outros indicadores de crescimento e desenvolvimento, como a idade cronológica, a estatura e o índice de massa corporal.

2. MÉTODOS

2.1. Caracterização e descrição dos procedimentos de pesquisa

A amostra foi do tipo intencional, não probabilística, com um total de 36 meninas entre 12 e 15 anos, participantes de jogos de futebol da prefeitura da cidade de São Paulo. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da UNIFESP sob o parecer nº. 1672/08 (Anexo 1).

Os seguintes procedimentos foram realizados na coleta de dados: registro das medidas antropométricas, coleta de sangue para avaliação da maturação sexual e teste progressivo para determinação do limiar de lactato.

2.1.1. Medidas antropométricas

Foram obtidas da amostra a massa corporal, a estatura e a medida de dobras cutâneas tricipital e subescapular, para efetuar o somatório de dobras cutâneas. A massa corporal foi mensurada com uma balança digital portátil Filizola® devidamente calibrada e a estatura, com estadiômetros de metal (precisão de 1 mm), com a criança em posição ortostática com o peso do corpo distribuído em ambas as pernas. As dobras cutâneas foram mensuradas com um adipômetro CESCORF®, com precisão de medida de 0,1 mm. As dobras cutâneas medidas foram a tricipital e a subescapular conforme a padronização proposta por Lohman et al. (1988).

2.1.2. Avaliação da maturação sexual

A maturação sexual foi avaliada por meio de planilhas de avaliação propostas por Tanner (1962) e já validadas para crianças brasileiras por Matsudo, Matsudo (1991). A avaliação da maturação sexual foi realizada por uma pediatra através de observação direta do desenvolvimento de órgãos genitais e de pilosidade púbica.

2.1.3. Determinação do limiar de lactato

Para determinação do limiar de lactato, foi realizado teste progressivo em pista similar ao realizado no estudo de Frainer et al. (2006). As jovens realizaram três corridas de 800 metros com a intensidade do esforço sendo controlada por zonas de frequência cardíaca pré-estabelecidas para cada corrida. Esta metodologia de teste progressivo foi modificada a partir da de Geysmeyer, Rieckert (1987). Os procedimentos do teste foram:

- a) O teste foi realizado em pista de atletismo;
- b) Aquecimento de 10 minutos com corrida contínua de baixa intensidade e 10 minutos de

exercícios de alongamento. Depois de cinco minutos, foi executada a primeira corrida de 800 metros, com o indivíduo mantendo a FC entre 140-150 bpm; as outras corridas foram realizadas em valores de FC entre 160-170 bpm e 180-190 bpm. O tempo resultante de cada corrida foi registrado para o cálculo da velocidade média do teste;

- c) A coleta de sangue para mensuração das [la] foi realizada imediatamente após cada corrida de 800 metros. O intervalo entre cada corrida foi de um minuto.

A FC foi medida com o uso de frequencímetros de pulso Polar[®] (Polar Electro). As medidas das [la] foram analisadas pelo método eletroenzimático utilizando amostras de 25 microlitros de sangue capilar retirado do lóbulo da orelha.

Com esse teste foi possível traçar um gráfico de dispersão dos valores das [la]/velocidade média em cada corrida de 800 metros e obter a velocidade no limiar de lactato ($V_{2,5}$) através da interpolação linear do valor de $2,5 \text{ mmol.L}^{-1}$ de lactato.

2.2. Análise estatística

As jovens foram divididas em três grupos: pré-púbere, púbere e pós-púbere. Para verificar a associação entre duas variáveis foi aplicada a correlação simples de Pearson. A associação entre maturação sexual e outras variáveis do estudo foi verificada com a aplicação da correlação de Spearman-Rank. O comparativo de estatura, peso e somatória das dobras cutâneas nas idades cronológicas foi feito utilizando-se o teste ANOVA.

Em todas as análises, o nível de significância adotado foi $p < 0,05$.

3. RESULTADOS

A comparação de idade cronológica corrigida, peso corporal, estatura e somatório de dobras cutâneas entre os grupos pré-púbere, púbere (critério início da menarca) e pós-púbere mostrou diferenças significantes. O peso e a estatura apresentaram diferenças significantes quando o grupo pré-púbere foi comparado com o pós-púbere (tabela 1).

Conforme mostra a tabela 2, a comparação das variáveis de performance $V_{2,5}$ entre os grupos pré-púbere, púbere e pós-púbere apresentou diferenças significantes ($3,18 \pm 0,28$; $2,77 \pm 0,67$; $2,74 \pm 0,79 \text{ m.s}^{-1}$, respectivamente).

A tabela 3 apresenta os dados relativos à maturação sexual e a tabela 4, a correlação entre maturação sexual e lactato sanguíneo nas três corridas do teste. Os gráficos 1 e 2, trazem, respectivamente, os índices de progressão da concentração de lactato nos três grupos e o descritivo da maturação sexual.

Tabela 1 – Características antropométricas da amostra

	Geral		Pré-púbere		Púbere		Pós-púbere	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Idade	13,17	1,16	11,92	0,29	13,00	-	14,58	0,51
Peso (kg)	49,33	7,47	43,63	6,03	51,33	6,77	53,04	6,37
Estatura (cm)	155,67	5,01	151,25	5,35	156,67	2,84	159,08	2,84
IMC	20,29	2,55	19,00	2,03	20,90	2,65	20,97	2,61
Soma DC	36,00	7,76	32,33	7,98	39,92	6,64	35,75	7,24
% Gordura	27,06	4,73	24,82	4,87	29,45	4,05	26,91	4,42

DP – desvio padrão; IMC – índice de massa corporal; DC – dobras cutâneas

Tabela 2 – Descritivo das medidas de lactato, tempo das corridas e velocidades dos limiares

	Geral		Pré-púbere		Púbere		Pós-púbere	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
[la] repouso	1,53	0,24	1,43	0,21	1,61	0,24	1,57	0,25
[la] 1	2,47	0,49	2,19	0,27	2,60	0,41	2,61	0,64
[la] 2	2,99	0,70	2,51	0,40	3,22	0,68	3,24	0,76
[la] 3	3,83	1,08	3,04	0,74	4,14	0,99	4,32	1,05
Tempo 1 (s)	246,28	8,20	248,50	5,70	248,50	9,09	241,83	8,17
Tempo 2 (s)	240,44	8,01	240,50	5,93	244,08	6,36	236,75	9,96
Tempo 3 (s)	238,86	12,07	238,25	7,03	239,58	7,89	238,75	18,74
V_{2,5} (m/s)	2,87	0,65	3,18	0,28	2,77	0,67	2,74	0,79
V_{2,5} (km/h)	10,34	2,35	11,45	1,02	9,97	2,41	9,88	2,84

DP – desvio padrão; [la] – concentração sanguínea de lactato; V_{2,5} – velocidade no limiar de lactato; os números 1, 2 e 3 referem-se às corridas de 800 metros

Tabela 3 – Descritivo da maturação sexual

Maturação	Geral (N = 36)		Pré-púbere (N = 12)		Púbere (N = 12)		Pós-púbere (N = 12)	
	N	%	N	%	N	%	N	%
M2-P2	7	19,44	6	50,00	1	8,33	-	-
M2-P3	9	25,00	3	25,00	2	16,67	4	33,33
M3-P3	7	19,44	3	25,00	4	33,33	-	-
M4-P3	1	2,78	-	-	1	8,33	-	-
M4-P4	9	25,00	-	-	4	33,33	5	41,67
M4-P5	1	2,78	-	-	-	-	1	8,33
M5-P5	2	5,56	-	-	-	-	2	16,67

M – mama; P – pêlo.

Escala de Tunner:

Tanner I – sem pêlos pubianos (pré-púberes).

Tanner II – pequena quantidade de cabelo longo, míldio com pequena pigmentação nos grandes lábios.

Tanner III – o cabelo se torna mais grosso e crespo e começa a se estender lateralmente.

Tanner IV – a qualidade do cabelo estendendo-se através.

Tanner V – cabelo se estende à superfície medial da coxa.

Mamas:

Tanner I – ausência de tecido glandular, aréola segue os contornos da pele do peito.

Tanner II – pequena área circundante tecido glandular, aréola começa a se alargar.

Tanner III – mama começa a tornar-se mais elevada e se estende além das aréolas.

Tanner IV – aumenta o tamanho da mama, presença de papila.

Tanner V – mama atinge o tamanho adulto final.

Tabela 4 – Correlação de Spearman's entre maturação sexual e lactato sanguíneo nas corridas 1, 2 e 3

Grupos	Variável		[la] 1	[la] 2	[la] 3	
Pré-púbere	MAT M	Coeficiente de Correlação	0,2802	0,6761	0,6702	
		P-valor	0,3777	0,0158*	0,0171*	
	MAT P	Coeficiente de Correlação	0,2912	0,4392	0,8706	
		P-valor	0,3584	0,1532	0,0002**	
	Púbere	MAT M	Coeficiente de Correlação	0,5403	0,8242	0,8376
			P-valor	0,0697	0,0010**	0,0007**
MAT P		Coeficiente de Correlação	0,5580	0,6521	0,7333	
		P-valor	0,0594	0,0216*	0,0067**	
Pós-púbere		MAT M	Coeficiente de Correlação	0,7571	0,7507	0,8580
			P-valor	0,0044**	0,0049**	0,0004**
	MAT P	Coeficiente de Correlação	0,7426	0,7177	0,7476	
		P-valor	0,0057**	0,0086**	0,0052**	

MAT M – maturação de mamas; MAT P – maturação de pêlos

* Correlação significativa a 5%.

** Correlação significativa a 1%.

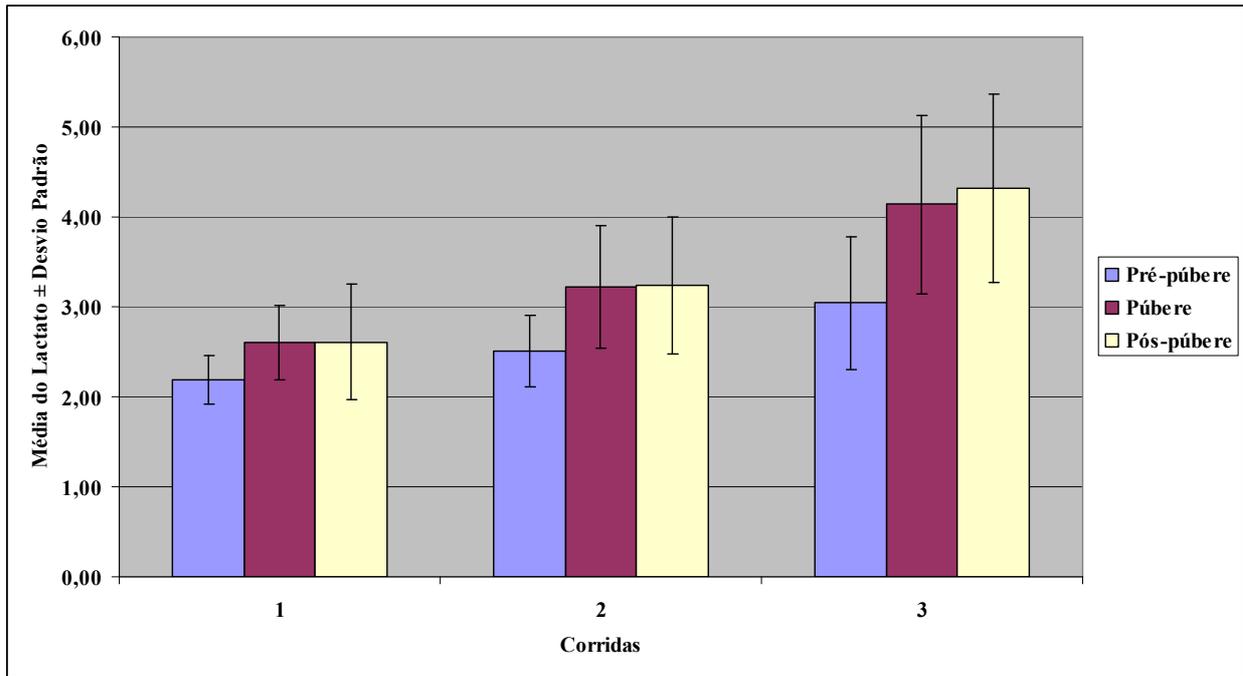


Gráfico 1 – Média de lactato por corrida de 800 metros.

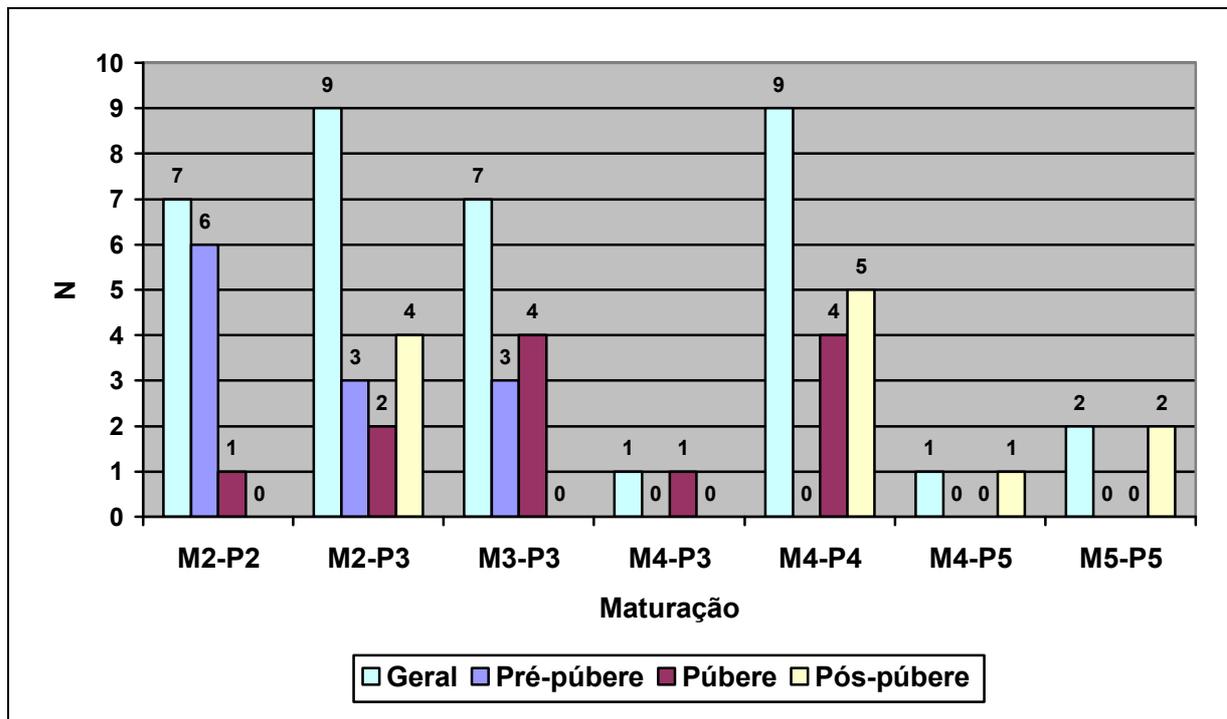


Gráfico 2 – Maturação sexual.

4. DISCUSSÃO

Quando o objetivo é direcionar e compreender melhor o que pode interferir ou auxiliar no desempenho humano, principalmente para que não se cometam erros pedagógicos que possam afetar a integridade física de crianças e adolescentes ao submetê-las a treinamento e atividades que exijam de sobremaneira o seu organismo, faz-se necessária a relação entre os determinantes de crescimento e desenvolvimento e a capacidade de realizar esforços das mais variadas magnitudes (Frainer et al., 2006).

Nos resultados da avaliação de maturação sexual, índice de massa corporal (IMC) e soma da dobras cutâneas das jogadoras de futebol feminino participantes deste estudo foram encontradas diferenças significantes entre os grupos. Além disso, uma grande variação nos resultados dos índices de crescimento pode ser observada nestes grupos. Provavelmente, segundo Fagundes, Krebs (2005), a variação ocorreu devido à associação que existe entre estas variáveis e o período de estirão de crescimento, o qual ocorre mais cedo nas meninas, por volta dos doze anos (Naughton et al., 2000).

Quando as condições ambientais são ótimas, o genótipo é o primeiro regulador de crescimento e maturação. Entretanto, o ambiente social pode influenciar direta ou indiretamente através de fatores como nutrição, relações familiares, tamanho da família, hábitos de atividade física, hábitos esportivos na família, na escola e na comunidade.

As variáveis de desempenho, $V_{2,5}$, foram diferentes estatisticamente nos grupos pré-púbere, púbere e pós-púbere, o que denota uma associação entre essas variáveis de desempenho e a maturação sexual.

Na análise de regressão, os índices de crescimento e a maturação sexual explicam o desempenho em $V_{2,5}$, mostrando que as variáveis de crescimento e a maturação sexual têm associação com o limiar de lactato.

5. CONCLUSÕES

A maturação sexual e os índices de crescimento estão associados com o desempenho na velocidade do limiar.

Meninas pré-púberes têm velocidades maiores no limiar de lactato do que as jovens pós-púberes devido à maturação sexual.

Apesar de a idade entre 12 e 15 anos ser um período de diversas modificações, o desenvolvimento maturacional e não a idade cronológica mostrou influência significativa nas variáveis analisadas.

As mais jovens apresentaram concentrações sanguíneas de lactato menores. Uma das razões para esta limitação estaria relacionada a uma capacidade glicolítica menor, menos pronunciada, principalmente, nas fibras tipo I.

Em crianças pré-púberes, o treinamento deveria ser enfatizado, principalmente, no aprimoramento da técnica e no desenvolvimento da endurance aeróbia, uma vez que, impondo uma sobrecarga excessiva de treinamento, exigiria uma participação maior do metabolismo anaeróbio para a produção de energia, pouco desenvolvido nessa faixa etária.

Assim, é importante fazer uma reflexão sobre a influência da maturação sexual no limiar de lactato.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antonutto G, Di Prampero PE. The concept of lactate threshold: a short review. *J Sports Med Phys Fitness*. 1995;35:6-12.
- Armstrong N, Welsman JR. Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. *Exerc Sport Sci Rev*. 1994;22(1):435-476.
- Armstrong N, Welsman J. Aerobic exercise: growth and maturation. In: Armstrong N, Welsman J. *Young people and physical activity*. New York: Oxford University Press; 1997.
- Armstrong N, Welsman JR. Aerobic fitness: what are we measuring?. *Med Sport Sci*. 2007;50:5-25.
- Armstrong N, Kirby BJ, McManus AM, Welsman JR. Aerobic fitness of prepubescent children. *Ann Hum Biol*. 1995;22(5):427-441.
- Armstrong N, Welsman J, Winsley R. Is peak VO_2 a maximal index of children's aerobic fitness?. *Int J Sports Med*. 1996;17(5):356-359.
- Astrand PO. *Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age*. Copenhagen: Munksgaard; 1952.
- Bassett DR Jr, Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32(1):70-84.
- Bell RD, MacDougall JD, Billeter R, Howald H. Muscle fiber types and morphometric analysis of skeletal muscle in six-year-old children. *Med Sci Sports Exerc*. 1980;12(1):28-31.
- Beneke R. Maximal lactate steady state concentration (MLSS): experimental and modelling approaches. *Eur J Appl Physiol*. 2003a;88:361-369.
- Beneke R. Methodological aspects of maximal lactate steady state – implications for performance testing. *Eur J Appl Physiol*. 2003b;89:95-99.
- Berg A, Kim S, Keul J. Skeletal muscle enzyme activities in healthy young subjects. *Int J Sports Med*. 1986;7(4):236-239.
- Billat V, Dalmy F, Antonini MT, Chassain AP. A method for determining the maximal steady state of blood lactate concentration from two levels of submaximal exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1994;69(3):196-202.

Billat V, Gratas-Delamarche A, Monnier M, Delamarche P. A test to approach maximal lactate steady-state in 12-year-old boys and girls. *Arch Physiol Biochem*. 1995;103(1):65-72.

Boileau RA. Desenvolvimento das funções anaeróbicas e aeróbicas em crianças e jovens. *Rev Bras Cienc Mov*. 1989;3(2):48-54.

Borch KW, Ingjer F, Larsen S, Tomten SE. Rate of accumulation of blood lactate during graded exercise as a predictor of "anaerobic threshold". *J Sports Sci*. 1993;11:49-55.

Brooks GA. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med. Sci Sports Exerc*. 1985;17(1):22-31.

Colantonio E. Análise das velocidades: referencial de 4mM, de equilíbrio de 30 min e velocidade crítica em nadadoras adolescentes [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 1999

Cureton KJ, Boileau RA, Lohman TG, Misner JE. Determinants of distance running performance in children: analysis of a path model. *Res Q*. 1977;48:270-279.

Daniels J, Oldridge N. Changes in oxygen consumption of young boys during growth and running training. *Med Sci Sports Exerc*. 1971;3(4):161-165.

Daniels J, Oldridge N, Nagle F, White B. Differences and changes in VO_2 max among young runners 10 to 18 years of age. *Med Sci Sports Exerc*. 1978;10(3):200-203.

Davies CTM. Metabolic cost of exercise and physical performance in children with some observations on external loading. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1980;45(2-3):95-102.

Davis JA. Anaerobic Threshold: review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc*. 1985;17(1):6-18.

Denadai BS. Índices fisiológicos de avaliação aeróbia. Conceitos e aplicações. Ribeirão Preto: BSD; 1999.

Dux L, Dux E, Guba F. Further data on the androgenic dependency of the skeletal musculature: the effect of the prepubertal castration of the structural development of the skeletal muscles. *Horm Metab Res*. 1982;14(4):191-194.

Eriksson BO. Physical training, oxygen supply and muscle metabolism in 11-13-years old boys. *Acta Physiol Scand Suppl*. 1972;384:1-48.

Eriksson BO, Gollnick PD, Saltin B. The effect of physical training on muscle enzyme activities and fiber composition in 11-year-old boys. *Acta Paediatr Belg*. 1974;28 suppl:245-252.

- Eriksson BO, Karlsson J, Saltin B. Muscle metabolites during exercise in pubertal boys. *Acta Paediatr Scand Suppl.* 1971a;217:154-157.
- Eriksson BO, Persson B, Thorell JI. The effects of repeated prolonged exercise on plasma growth hormone, insulin, glucose, free fatty acids, glycerol, lactate and -hydroxybutyric acid in 13-year old boys and in adults. *Acta Paediatr Scand Suppl.* 1971b;217:142-146.
- Eriksson BO, Saltin B. Muscle metabolism during exercise in boys aged 11-16 years compared to adults. *Acta Paediatr Belg.* 1974;28 suppl:257-265.
- 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 Occup Physiol.* 1991;62(3):151-156.
- Fournier M, Ricci J, Taylor AW, Ferguson RJ, Montpetit RR, Chaitman BR. Skeletal muscle adaptation in adolescent boys: sprint and endurance training and detraining. *Med Sci Sports Exerc.* 1982;14(6):453-456.
- Frainer DES, De-Oliveira FR, Cal Abad CC, Kiss MAPDM. Evidências de validade do T20 como aproximação do limiar anaeróbico em jovens jogadores de futebol. *Rev Educ Fis/UEM.* 2004;15(2):33-37.
- Frainer DES, De-Oliveira FR, Pazin J. Influência da maturação sexual, idade cronológica e índices de crescimento no limiar de lactato e no desempenho da corrida de 20 minutos. *Rev Bras Med Esporte.* 2006;12(3):139-144.
- Gaisl G, Wiesspeiner G. A noninvasive method of determining the anaerobic threshold in children. *Int J Sports Med.* 1988;9(1):41-44.
- Geysmeyer U, Rieckert H. Field – step tests for sports discipline-related diagnosis of endurance power. *Int J Sports Med.* 1987;8:132-144.
- Green HJ, Hughson RL, Orr GW, Ranney DA. Anaerobic threshold, blood lactate, and muscle metabolites in progressive exercise. *J Appl Physiol.* 1983;54(4):1032-1038.
- Hagberg JM, Coyle EF, Carroll JE, Miller JM, Martin WH, Brooke MH. Exercise hyperventilation in patients with McArdle's disease. *J Appl Physiol.* 1982;52(4):991-994.
- Haralambie G. Enzyme activities in skeletal muscle of 13-15 years old adolescents. *Bull Eur Physiopathol Respir.* 1982;18(1):65-74.

- Heck H, Hess G, Mader A. Comparative study of different lactate threshold concepts. *Dt Z. Sportmed.* 1985a;36(1-2):19-25/40-52.
- Heck H, Mader A, Hess G, Mücke S, Müller R, Hollmann W. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *Int J Sports Med.* 1985b;6(3):117-130.
- Hollmann W. Historical remarks on the development of the aerobic-anaerobic threshold up to 1966. *Int J Sports Sci.* 1985;6(3):109-116.
- Hollmann W. The anaerobic threshold as a tool in medicine. In: Bachl N, Graham TE, Löllgen H. *Advances in ergometer.* Berlin: Springer-Verlag; 1991.
- Houmard JA, Smith R, Jendrasiak GL. Relationship between MRI relaxation time and muscle fiber composition. *J Appl Physiol.* 1995;78(3):807-809.
- Ivy JL, Withers RT, Van Handel PJ, Elger DH, Costill DL. Muscle respiratory capacity and fiber type as determinants of the lactate threshold. *J Appl Physiol.* 1980;48(3):523-527.
- Jones AM, Carter H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Med.* 2000;29(6):373-386.
- Kanaley JA, Boileau RA. The onset of the anaerobic threshold at three stages of physical maturity. *J Sports Med Phys Fitness.* 1988;28(4):367-374.
- Kindermann W, Simon, G, Keul J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1979;42(1):25-34.
- Kinugasa R, Kawakami Y, Fukunaga T. Quantitative assessment of skeletal muscle activation using muscle functional MRI. *Magn Reson Imaging.* 2006;24(5):639-644.
- Kiss MAPDM. Potência e capacidade aeróbias: importância relativa em esporte, saúde e qualidade de vida. In: Amadio AC, Barbanti VJ. *A biodinâmica do movimento humano e suas relações interdisciplinares.* São Paulo: Estação da Liberdade; 2000. p.175-184.
- Kiss MAPDM. *Esporte e exercício: avaliação e prescrição.* São Paulo: Roca; 2003.
- Komi PV, Ito A, Sjödín B, Wallenstein R, Karlsson J. Muscle metabolism, lactate breaking point, and biomechanical features of endurance running. *Int J Sports Med.* 1981;2(3):148-153.
- Krahenbuhl GS, Pangrazi RP. Characteristics associated with running performance in young boys. *Med Sci Sports Exerc.* 1983;15(6):486-490.

- Krahenbuhl GS, Skinner JS, Kohrt WM. Developmental aspects of maximal aerobic power in children. *Exerc Sport Sci Rev.* 1985;13(1):503-538.
- Lehmann M, Keul J, Korsten-Reck U. The influence of graduated treadmill exercise on plasma catecholamines, aerobic and anaerobic capacity in boys and adults. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1981;47(3):301-311.
- Máček M, Vávra J, Novosadová J. Prolonged exercise in prepubertal boys. I. Cardiovascular and metabolic adjustment. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1976;35(4):291-298.
- Mader A. Evaluation of the endurance performance of marathon runners and theoretical analysis of test results. *J Sports Med Phys Fitness.* 1991;31(1):1-19.
- Martinez LR, Haymes EM. Substrate utilization during treadmill running in prepubertal girls and women. *Med Sci Sports Exerc.* 1992;24(9):975-983.
- Matsudo SMM, Matsudo VKR. Validade da auto-avaliação na determinação da maturação sexual. *Rev Bras Cien Mov.* 1991;5(2):18-35.
- McLellan TM. The anaerobic threshold: concept and controversy. *Aust J Sci Med Sport.* 1987;19(3):3-8.
- Mero A. Blood lactate production and recovery from anaerobic exercise in trained and untrained boys. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1988;57(6):660-666.
- Mocellin R, Heusgen M, Gildein HP. Anaerobic threshold and maximal steady-state blood lactate in prepubertal boys. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1991;62(1):56-60.
- Mocellin R, Heusgen M, Korsten-Reck U. Maximal steady state blood lactate levels in 11-year-old boys. *Eur J Pediatr.* 1989;149(11):771-773.
- Murase Y, Kobayashi K, Kamei S, Matsui H. Longitudinal study of aerobic power in superior junior athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 1981;13(3):180-184.
- Noakes TD. Maximal oxygen uptake: "classical" versus "contemporary" viewpoints: a rebuttal. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30(9):1381-1398.
- Olbrecht J, Madsen O, Mader A, Liesen H, Hollmann W. Relationship between swimming velocity and lactic concentration during continuous and intermittent training exercises. *Int J Sports Med.* 1985;6(2):74-77.

- Oliveira FR, Gagliardi JFL, Kiss MAPDM. Proposta de referências para a prescrição de treinamento aeróbio e anaeróbio para corredores de médias e longa duração. *Rev Paul Educ Fis.* 1994;8(2):68-76.
- Oseid S, Hermansen L. Hormonal and metabolic changes during and after prolonged muscular work in pre-pubertal boys. *Acta Paediatr Scand Suppl.* 1971;217:147-153.
- Palgi Y, Gutin B, Young J, Alejandro D. Physiologic and anthropometric factors underlying endurance performance in children. *Int J Sports Med.* 1984;5(2):67-73.
- Paterson DH, Cunningham DA, Bumstead LA. Recovery O₂ and blood lactic acid: longitudinal analysis in boys aged 11 to 15 years. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1986;55(1):93-99.
- Pazin J, Carminatti L, De-Oliveira FR, Frainer DES, Breda A. Velocidade no teste de corrida de 20 minutos e velocidades de referência de máximo steady-state de lactato. *Rev Bras Cien Mov.* 2004;1:61.
- Pompeu FAMS. Considerações biológicas sobre o treinamento de crianças e adolescentes. *Rev Min Educ Fis.* 1995;3(1):43-64.
- Regazzini M, Degaki ET, Kiss MAPDM. Aspectos médicos e funcionais. In: Kiss, MAPDM. *Esporte e exercício: avaliação e prescrição.* São Paulo: Roca; 2003. p.321-336.
- Reybrouck T, Weymans M, Sijns H, Knops J, van der Hauwaert L. Ventilatory anaerobic threshold in healthy children. Age and sex differences. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1985;54(3):278-284.
- Ribeiro JP. Limiares metabólicos e ventilatórios durante o exercício. Aspectos fisiológicos e metodológicos. *Arq Bras Cardiol.* 1995;64(2):171-181.
- Richter EA, Ruderman NB, Gavras H, Belur ER, Galbo H. Muscle glycogenolysis during exercise: dual control by epinephrine and contractions. *Am J Physiol.* 1982;242(1):25-32.
- Robergs RA, Robergs SO. *Princípios fundamentais de fisiologia do exercício para a aptidão, desempenho e saúde.* São Paulo: Phorte; 2002.
- Rotstein A, Dotan R, Bar-Or O, Tenenbaum G. Effect of training on anaerobic threshold, maximal aerobic power and anaerobic performance of preadolescent boys. *Int J Sports Med.* 1986;7(5):281-286.
- Rowland TW. Aerobic response to endurance training in prepubescent children: a critical analysis. *Med Sci Sports Exerc.* 1985;17(5):493-497.