

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

POTÊNCIA AERÓBIA DE CRIANÇAS E JOVENS

Emilson Colantonio

SÃO PAULO
2006

POTÊNCIA AERÓBIA EM CRIANÇAS E JOVENS

EMILSON COLANTONIO

Tese apresentada à Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Educação Física.

ORIENTADORA: Profa. Dra. MARIA AUGUSTA PEDUTI DAL'MOLIN
KISS

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos a Profa. Dra. Maria Augusta Peduti Dal’Molin Kiss, pelo seu irrestrito apoio e sua sempre presente orientação que tornaram possível a realização desse estudo.

Aos professores da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, que através dos seus conhecimentos me auxiliaram durante todo o curso de Doutorado.

Aos funcionários da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, pela inestimável atenção durante todas as fases do curso de Doutorado.

Aos colegas e alunos do Laboratório de Pesquisas em Educação Física e Fisioterapia – LAPEFFI da Universidade Cidade de São Paulo – UNICID, pela amizade e colaboração.

Aos dirigentes, professores e técnicos de natação das instituições participantes, pelas facilidades ao acesso dos escolares e nadadores analisados nesse estudo.

À minha esposa, Lúcia Helena Lopes Santos Silva e toda a minha família, pelo incansável apoio e incentivo mesmo nos momentos mais difíceis dessa jornada.

Aos meus pais, Daniel Colantonio e Neuza Facciolla Colantonio, pelo amor e a presença em todos os momentos da minha vida.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xiv
LISTA DE ANEXOS.....	xvii
RESUMO.....	xviii
ABSTRACT.....	xx
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 O PROBLEMA.....	3
3 OBJETIVO.....	5
3.1 Objetivo geral.....	5
3.2 Objetivos específicos.....	5
3.3 Hipóteses.....	6
3.3.1 Substantivas.....	6
3.3.2 Estatísticas.....	6
3.4 Limitações do estudo.....	7
3.5 Delimitações do estudo.....	8
4 REVISÃO DA LITERATURA.....	9
4.1 VO _{2max}	10
4.1.1 Formas de exercício.....	12
4.1.2 Atividade Física e VO _{2max}	13
4.1.3 Protocolos de testes.....	16

4.1.4	Protocolos de testes para a determinação do VO_{2max}	18
4.1.5	Variáveis dos testes	22
4.2	Relação entre o VO_{2max} e o limiar anaeróbio.....	23
4.2.1	Relação entre o limiar de lactato e o rendimento.....	23
4.3	Infância, Puberdade, Adolescência e Maturação Biológica.....	26
4.3.1	Maturação sexual.....	30
4.3.2	Maturação morfológica e composição corporal.....	32
4.3.3	Aspectos funcionais da infância e adolescência.....	38
4.3.3.1	Potência aeróbia máxima na infância e adolescência.....	41
4.3.3.2	Maturação da aptidão aeróbia.....	44
4.3.3.3	O conceito de “Scaling”	46
4.3.3.4	Desenvolvimento da aptidão anaeróbia.....	53
4.3.3.5	Estudos com lactato envolvendo crianças e jovens.....	61
4.4	Fisiologia aplicada à natação competitiva.....	70
4.4.1	Características físicas dos nadadores.....	73
4.4.1.1	Idade dos nadadores de nível internacional.....	73
4.4.1.2	Perfil antropométrico dos nadadores, Nadadores de nível internacional e Jovens nadadores.....	74
4.4.1.3	Composição corporal, Nadadores de nível internacional e Jovens nadadores.....	75
4.4.2	Aspectos energéticos e a natação.....	76
4.4.2.1	Custo aeróbio da natação.....	81
4.4.2.2	Influência dos quatro nados da natação.....	82
4.4.2.3	Diferenças de gênero no custo energético da natação.....	85

4.4.3	Contribuição relativa do arrasto e gravidade para o custo da natação.....	86
4.4.3.1	Considerações teóricas.....	86
4.4.3.2	Contribuição da gravidade e transferência de movimento no custo total.....	88
4.4.4	Avaliação da aptidão aeróbia em natação.....	88
4.4.4.1	Teste direto máximo em natação.....	89
4.4.5	Treinamento desportivo.....	95
4.5.1	Treinamento de endurance em natação.....	96
4.5.2	Bases teóricas do treinamento de natação na infância e na adolescência.....	97
4.5.2.1	Treinamento aeróbio básico em natação.....	101
4.5.2.2	Periodização do treinamento na infância e adolescência.....	102
4.5.2.3	Treinamento a longo prazo.....	103
5	METODOLOGIA.....	110
5.1	Amostra.....	110
5.2	Coleta de dados.....	114
5.3	Anamnese.....	115
5.4	Medidas de massa corporal e estatura.....	115
5.5	Medidas de espessura de dobras cutâneas.....	116
5.6	Medida de pressão arterial em repouso.....	116
5.7	Eletrocardiograma em repouso e durante o esforço.....	117
5.8	Coleta de sangue e análise do lactato em repouso.....	117
5.9	Teste para a avaliação do pico de consumo de oxigênio.....	118

5.10	Coleta de sangue e análise do lactato logo após o esforço.....	120
5.11	Medida de pressão arterial após o esforço.....	120
5.12	Análise estatística.....	120
6	RESULTADOS.....	121
6.1	Análise descritiva.....	121
7	DISCUSSÃO.....	151
8	CONCLUSÕES.....	165
	REFERÊNCIAS.....	167
	ANEXOS.....	230

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1 – Protocolo de Bruce para esteira rolante (BRUCE et al, 1973).....	21
TABELA 2 – Expoentes de massa para o $VO_{2\text{pico}}$ em crianças e adolescentes.....	49
TABELA 3 – Contribuições relativas de cada fase do metabolismo energético em diversas provas de natação (adaptado de MAGLISCHO, 1993).....	79
TABELA 4 – Consumo de oxigênio (VO_2) e frequência cardíaca (FC) de nadadores universitários realizando cada técnica de nado a uma mesma velocidade (COSTILL et al, 1992).....	83
TABELA 5 – Distribuição da amostra segundo idade, gênero e nível de treinamento.....	122
TABELA 6 – Distribuição da amostra segundo grupo etário, gênero e nível de treinamento.....	122
TABELA 7 – Características da amostra: grupo etário (anos), estatura (cm), massa corporal (kg), somatória de dobras cutâneas periféricas (ΣDC_p), somatória de dobras cutâneas centrais (ΣDC_c) e somatória de dobras cutâneas totais (ΣDC_t).....	123

TABELA 8 –	Valores médios e desvio padrão de lactato final, delta de lactato absoluto e delta de lactato percentual por grupo etário e gênero entre escolares e nadadores.....	125
TABELA 9 –	Valores médios e desvio padrão de: $VO_{2\text{picoabs}}$ ($l \cdot \text{min}^{-1}$), $VO_{2\text{pico}rel}$ ($ml \cdot kg^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) e $VO_{2\text{pico}relcor}$ ($ml \cdot kg^{-0,67} \cdot \text{min}^{-1}$) e número de casos de escolares e nadadores, separados por gênero e faixa etária.....	133
TABELA 10–	Valores da soma do quadrado do tipo III para diferentes variáveis e interações.....	143
TABELA 11 –	Coefficientes de correlação linear de Pearson entre as variáveis e o $VO_{2\text{pico}rel}$, com os respectivos níveis de significância.....	144
TABELA 12 –	Multicolinearidade entre as variáveis ΣDCp , ΣDCc , ΣDCt , Delta de lactato absoluto e Delta de lactato percentual (%).	145
TABELA 13 –	Modelo escolhido para $VO_{2\text{pico}rel}$ – estimativa dos parâmetros: Coeficientes (Coef), Erro padrão de estimativa (Ep), graus de liberdade (g.l.), valor de F (F) e probabilidade (p-valor) em relação ao grupo (Esc e Nad), gênero (fem e masc), grupos etários e as covariáveis delta de lactato absoluto (mM) e ΣDCp (mm).	146

TABELA 14 – Modelo escolhido pela ANCOVA para $VO_{2\text{pico}}$ relcor ajustado - estimativa dos parâmetros: Coeficientes (Coef), Erro padrão de estimativa (EP), Teste t (t), probabilidade (p-valor) e Intervalo de Confiança (IC) em relação ao grupo (Esc e Nad), gênero (fem e masc) e grupos etários e as covariáveis delta de lactato absoluto (mM) e ΣDCp (mm).....	149
---	-----

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 – Box-Plot de lactato final (mM) de escolares do sexo feminino (não atletas) e de nadadoras (atletas) por grupo etário.....	127
FIGURA 2 – Box-Plot de lactato final (mM) de escolares (não atletas) do sexo masculino e de nadadores (atletas) por grupo etário.....	128
FIGURA 3 – Box-Plot do delta de lactato absoluto (mM) de escolares do sexo feminino (não atletas) e de nadadoras (atletas) por grupo etário	129
FIGURA 4 – Box-Plot do delta de lactato absoluto (mM) de escolares (não atletas) do sexo masculino e de nadadores (atletas) por grupo etário.....	130
FIGURA 5 – Box-Plot do delta de lactato percentual (%) de escolares do sexo feminino (não atletas) e de nadadoras (atletas) por grupo etário.....	131
FIGURA 6 – Box-Plot do delta de lactato percentual (%) de escolares do sexo masculino (não atletas) e de nadadores (atletas) por grupo etário.....	132

FIGURA 7 –	Box-Plot do $VO_{2\text{picoabs}}$ ($l.\text{min}^{-1}$) de escolares do sexo feminino (não atletas) e de nadadoras (atletas) por grupo etário.....	134
FIGURA 8 –	Box-Plot do $VO_{2\text{picoabs}}$ ($l.\text{min}^{-1}$) de escolares do sexo masculino (não atletas) e de nadadores (atletas) por grupo etário.....	135
FIGURA 9 –	Valores médios de $VO_{2\text{picoabs}}$ ($l.\text{min}^{-1}$) para escolares e nadadores em cada gênero e nas suas respectivas faixas etárias.....	136
FIGURA 10 –	Box-plot do $VO_{2\text{pico\text{rel}}}$ ($ml.kg^{-1}.\text{min}^{-1}$) de escolares do sexo feminino (não atletas) e de nadadoras (atletas) por grupo etário.....	137
FIGURA 11 –	Box-plot de $VO_{2\text{pico\text{rel}}}$ ($ml.kg^{-1}.\text{min}^{-1}$) de escolares do sexo masculino (não atletas) e de nadadores (atletas) por grupo etário.....	138
FIGURA 12 –	Valores médios de $VO_{2\text{pico\text{rel}}}$ ($ml.kg^{-1}.\text{min}^{-1}$) para escolares e nadadores em cada gênero e nas suas respectivas faixas etárias.....	139
FIGURA 13 –	Box-plot de $VO_{2\text{pico\text{relcor}}}$ ($ml.kg^{-0,67}.\text{min}^{-1}$) de escolares do sexo feminino (não atletas) e de nadadoras (atletas) em função dos grupos etários.....	140
FIGURA 14 –	Box-plot de $VO_{2\text{pico\text{relcor}}}$ ($ml.kg^{-0,67}.\text{min}^{-1}$) de escolares do sexo masculino (não atletas) e de nadadores (atletas) em função dos grupos etários.....	141

FIGURA 15 – Valores médios de $VO_{2\text{pico}}\text{relcor}$ ($\text{ml.kg}^{-0,67}.\text{min}^{-1}$) para escolares e nadadores em cada gênero e nas suas respectivas faixas etárias.....	142
FIGURA 16 – Médias pelo modelo ANCOVA de $VO_{2\text{pico}}\text{rel}$ ajustado e grupo etário para escolares (não atletas) do sexo feminino e masculino, nadadores (atletas) do sexo feminino e masculino.....	148
FIGURA 17 – Médias ajustadas pelo modelo ANCOVA de $VO_{2\text{pico}}\text{relcor}$ ajustado ($\text{ml.kg}^{-0,67}.\text{min}^{-1}$) por faixa etária para escolares (não atletas) do sexo feminino e masculino e de nadadores (atletas) do sexo feminino e masculino.....	151

LISTA DE ABREVIATURAS

- VO_2 – consumo de oxigênio
- VO_{2max} – consumo máximo de oxigênio
- VO_{2pico} – pico de consumo de oxigênio
- $VO_{2picoabs}$ – pico de consumo de oxigênio absoluto
- $VO_{2picorel}$ – pico de consumo de oxigênio relativo
- $VO_{2picorelcor}$ – pico de consumo de oxigênio relativo corrigido
- $l.min^{-1}$ – litros por minuto
- $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ – mililitros por quilograma por minuto
- La – lactato
- [La] – concentração (ções) de lactato
- mM – milimols por litro de sangue
- Lila – limiar de lactato
- Liv – limiar ventilatório
- Lan – limiar anaeróbio
- MSSL – máximo steady-state de lactato
- pH – potencial hidrogeniônico
- RER – quociente respiratório
- FC – frequência cardíaca
- FCrep – frequência cardíaca de repouso
- FCpico – frequência cardíaca de pico
- FCmax – frequência cardíaca máxima
- bpm – batimentos por minuto
- PA – pressão arterial

mmHg – milímetros de mercúrio
ATP – adenosina trifosfato
CP – creatina fosfato
Pi – fosfato inorgânico
PHV – pico de velocidade de estatura
E – estatura
MC – massa corporal
Tr – triciptal
Bi – biciptal
Sb – subescapular
Si – supra-ilíaca
Ab – abdominal
Cx – coxa
Pm – panturrilha medial
CV – centro de volume
CG – centro de gravidade
r – coeficiente de correlação
SEE – erro padrão de estimativa
ANOVA – análise de variância
ANCOVA – análise de covariância
Esc – escolares
Nad – nadadores
O₂ / kg – oxigênio consumido por kg de peso corporal
VE – volume de ar expirado em litros por minuto
V_e – ventilação

F_eO_2 – fração de oxigênio no ar expirado

F_eCO_2 – fração de dióxido de carbono expirado

VCO_2 – produção de dióxido de carbono

MET – taxa de consumo energético em repouso

$W \cdot \text{min}^{-1}$ – watts por minuto

ΣDC_p – somatória de dobras cutâneas periféricas

ΣDC_c – somatória de dobras cutâneas centrais

ΣDC_t – somatória de dobras cutâneas totais

LISTA DE ANEXOS

	Página
ANEXO I – Aprovação do Comitê de Ética da Universidade Cidade de São Paulo – UNICID.....	230
ANEXO II – Termo de consentimento informado para pesquisa científica.....	232
ANEXO III – Formulário de anamnese geral.....	234
ANEXO IV – Ficha de coleta de dados.....	236

RESUMO

POTÊNCIA AERÓBIA EM CRIANÇAS E JOVENS

Autor: EMILSON COLANTONIO

Orientadora: PROFa. DRa. MARIA AUGUSTA PEDUTI DAL’MOLIN KISS

O objetivo geral do presente estudo foi analisar o comportamento dos valores do pico de consumo de oxigênio ($VO_{2\text{pico}}$) e de lactato, em grupos de crianças e jovens não praticantes de natação e atletas de natação no período etário de sete a 17 anos de idade; e ainda, a) investigar as possíveis diferenças entre os valores de $VO_{2\text{pico}}$ dos grupos durante o período etário citado em relação ao gênero e ao treinamento sistemático, b) analisar a influência da massa corporal total na variação do $VO_{2\text{pico}}$ em função da idade, gênero e treinamento para o período etário citado, c) analisar a influência da massa corporal total na variação do $VO_{2\text{pico}}$ tendo como fator interveniente à gordura corporal, d) analisar as concentrações de lactato no sangue após esforço gradualmente crescente até a exaustão para o período etário citado. O delineamento utilizado foi transversal e contou com uma amostra de 145 crianças e jovens de sete a 17 anos de idade, com no mínimo três sujeitos de cada idade e gênero que foram subdivididos em dois grupos – controle (escolares) e experimental (nadadores). Cada grupo foi subdividido em três grupos etários (sete a 10, 11 a 14

e 15 a 17 anos) perfazendo 12 subgrupos (seis no feminino e seis no masculino). Após aprovação de Comissão de Ética Institucional e assinatura do termo de consentimento informado os voluntários realizaram uma anamnese para avaliar o histórico de saúde. Em laboratório, foram realizadas medidas antropométricas, eletrocardiograma de repouso e teste funcional em esteira para a avaliação da aptidão cardiorespiratória – VO_{2pico} . Os resultados foram apresentados de forma descritiva e inferencial como análise descritiva, diagramas box-plot, ANOVA e ANCOVA. O programa estatístico usado foi o SPSS versão 11.0. O nível de significância adotado foi 0,05. Os valores médios de $VO_{2picoabs}$, $VO_{2pico}relcor$ e $VO_{2pico}relcor$ ajustado entre crianças e jovens de diferentes faixas etárias de escolares e nadadores em ambos os gêneros não são equivalentes, com exceção das meninas da faixa etária de sete a 10 anos. O delta de lactato (repouso e pós exercício) é dependente do gênero, faixa etária e grupo de treinamento. Os valores de VO_{2pico} em escolares e nadadores sofrem influência da idade e do gênero. Os valores de VO_{2pico} das crianças e jovens de sete a 17 anos de idade escolares e nadadores para diferentes faixas etárias sofrem influência da massa corporal total, em especial da somatória de dobras cutâneas periféricas, tendo como fator interveniente a gordura corporal. As variáveis de delta de lactato e somatória de dobras cutâneas consideradas como covariáveis levaram ao estabelecimento do modelo para $VO_{2pico}relcor$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) e $VO_{2pico}relcor$ ajustado ($ml.kg^{-0,67}.min^{-1}$) com R^2 elevados, mas maiores no último caso.

Palavras-chave: pico de consumo de oxigênio, lactato, massa corporal, composição corporal, escolares e nadadores.

ABSTRACT

AEROBIC POWER IN CHILDREN AND YOUTHS

Author: EMILSON COLANTONIO

Adviser: PROFa. DRa. MARIA AUGUSTA PEDUTI DAL’MOLIN KISS

The general aim of this study was to analyze the behavior of the peak oxygen uptake (VO_{2peak}) values and lactate, in children and youths groups no swimming practitioner and swimming athletes from seven to 17 years age group; and even, a) to investigate the possible differences among VO_{2peak} values of groups during this age group related to gender and systematic training, b) to analyze the influence of total body mass in VO_{2peak} variation related to the age, gender and training for this age group, c) to analyze the influence of total body mass in VO_{2peak} variation having as interventional factor the body fat, d) to analyze the blood lactate concentrations after growing gradually effort until exhaustion for this age group. The cross-sectional experimental design had a sample with 145 children and youths from seven to 17 years old, with three subjects at least of each age and gender subdivided in two groups – control (pupils) and experimental (swimmers). Every group was subdivided in three age groups (7-10, 11-14 and 15-17 years) making 12 sub-groups (6 female and 6 male). After approved Institutional Ethical Boarding and Informed Consent

signed, the volunteers were submitted the anamnesis for participation health screening. In the lab, were performed anthropometrical measurements, rest electrocardiogram and functional test on a treadmill to asses the cardiorespiratory fitness – VO_{2peak} . The results were presented on a descriptive and inferential way like descriptive analyses, diagrams box-plot, ANOVA e ANCOVA. The statistic program used was the SPSS version 11.0. The significance level adopted was 0,05. The $VO_{2peakabs}$, $VO_{2peakrelcor}$ e $VO_{2peakrelcor}$ adjusted means values between children and youths of different age groups pupils and swimmers in both genders are not equivalent, with exception on the girls from seven to 10 years old age group. The lactate delta (rest and after exercise) is dependent of the gender, age group and training group. The VO_{2peak} means values in pupils and swimmers suffer influence of the age and the gender. The VO_{2peak} values of the children and youths from seven to 17 years old pupils and swimmers for different age groups suffer influence of the total body mass, in special of the peripheral skinfolds sum, having as interventional factor the body fat. The variables lactate delta and skinfolds sum here considered like covariate leaded to the establishment of the model for $VO_{2peakrelcor}$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) and $VO_{2peakrelcor}$ adjusted ($ml.kg^{-0,67}.min^{-1}$) with higher R^2 , but greater in the last case.

Keywords: peak of oxygen uptake, lactate, body mass, body composition, pupils and swimmers.