NATAÇÃO INFANTO-JUVENIL: ASPECTOS FISIOLÓGICOS

Emilson Colantonio[1]

[1]Prof. Dr. Departamento de Ciências do Movimento Humano; Programa de Pós Graduação em Ciências do Movimento Humano e Reabilitação Universidade Federal de São Paulo

ID Lattes: https://lattes.cnpq.br/9840076091240222
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6955-324X.

Resumo

A quantidade de eventos competitivos vem crescendo de maneira importante ao longo das últimas décadas. Em natação, vários recordes tem sido alcançados precocemente nesse período. Apesar do conhecimento obtido das respostas metabólicas e funcionais ao exercício e ao esporte em indivíduos adultos ter avançado, muitas questões ainda persistem quanto ao treinamento esportivo em crianças e jovens. O objetivo do presente estudo é discutir evidências consolidadas da literatura dessa área do conhecimento.

Introdução

O número de competições infanto-juvenis vem aumentando significantemente nas duas últimas décadas[1, 2-4], tendo sido obtidos recordes mundiais, em natação, já aos 14 anos de idade. O conhecimento das respostas metabólicas e funcionais ao exercício e ao esporte tem sido grande, em estudos em adultos normais e patológicos [5,6] , mas, muitas questões ainda existem, sem respostas adequadas, relacionadas ao treinamento físico em crianças e adolescentes[1,7].

As maiores diferenças entre crianças e adultos estão nas respostas e adaptações fisiológicas depois do exercício. Muitas capacidades fisiológicas dependem das dimensões corporais e sistêmicas. Por exemplo, volume máximo e resposta cardíaca são menores em uma criança do que no adulto por causa da imaturidade cardíaca da criança. Além disso, as crianças têm um volume sanguíneo e uma concentração de hemoglobinas mais baixas do que o adulto[8]. Essas diferenças são associadas à redução da capacidade de transporte de O_2 da criança; entretanto, o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) relativo ao peso corporal é similar nas crianças e nos adultos. As crianças têm uma ampla razão superfície / massa, uma taxa metabólica mais alta e uma capacidade imatura de transpiração comparada com adultos[1,7]. Com o crescimento e desenvolvimento normais muitas dessas diferenças desaparecem. Wilke & Madsen[9] defendem que nos esportes, em particular na natação, é no período de transição entre a juventude e a maturidade que o atleta desenvolve a habilidade de apreciar e usar não só a experiência direta do esporte, mas, a condição de membro de um grupo, os efeitos físicos e sociais e as possibilidades pessoais e

culturais[9].

As variáveis funcionais gerais de desempenho estão relacionadas com o sistema transformador de energia química em mecânica e com as fontes energéticas que suprem a ressíntese de ATP: via aeróbia, glicolítica láctica e de fosfágeno (CP)[10]. A participação dos diversos tipos de metabolismo é um fenômeno contínuo, complexo, não dependente apenas do que cada fibra muscular realiza, mas da integração muscular e sistêmica e, portanto, da simultaneidade do que ocorre em diferentes locais[11]. De maneira que para analisar a resposta metabólica dominante durante o exercício é preciso levar em conta tanto a sua intensidade como também a duração.

Tem sido utilizada uma diferença conceitual entre potência e capacidade dos sistemas energéticos. Em geral, o conceito de potência metabólica de um sistema está associado à quantidade de energia que pode ser gerada durante o exercício por unidade de tempo, isto é, P = E / t, onde P = potência, E = energia e t = tempo. Por outro lado, a capacidade metabólica de um sistema se relaciona com a quantidade total de energia disponível para realizar trabalho. Em um modelo hidráulico hipotético como um tanque contendo um certo líquido, suas tubulações e válvulas, é possível imaginar que a potência desse sistema seria a vazão máxima permitida desse líquido por uma válvula (torneira) durante um período de tempo e a capacidade do sistema seria a quantidade total do líquido contida no tanque[12].

Potência e capacidade anaeróbia em crianças e jovens

Analogicamente aos conceitos acima discutidos, potência anaeróbia é definida como a taxa máxima na qual a energia pode ser produzida, ou o trabalho que pode ser feito sem contar com alguma contribuição de produção de energia aeróbia[13]. Alguns autores consideram que a potência anaeróbia está associada ao máximo de energia prontamente disponível a partir do metabolismo anaeróbio. Existe uma relação predominante, mas não exclusiva com o sistema ATP-CP de produção de energia. Atividades de altíssima intensidade e extremamente curtas, com cerca de um segundo ou mais, são tipicamente anaeróbias aláticas como arremessar um objeto, deslocar o corpo contra a gravidade, uma saída ou os 50 m da natação[12].

A capacidade anaeróbia está associada à quantidade total de energia disponível a partir do metabolismo anaeróbio e se relaciona, principalmente, com o sistema glicolítico anaeróbio, concentração de lactato [La], mas, envolve também o sistema ATP-CP. Caracteriza-se por um alto nível de intensidade de exercício sustentado por um período de tempo que varia entre os primeiros segundos e 90 segundos[12]. A corrida de 400 m no atletismo reflete bem esse tipo de exigência assim como os 100 e 200 m na

natação.

Ainda existe uma grande dificuldade de divisão entre energia gerada pelo sistema ATP-CP e pelo sistema glicolítico, uma vez que os dois metabolismos atuam simultaneamente alguns segundos após o início do exercício. A partir que os estudos e metodologias com ressonância nuclear magnética de fósforo avancem novas fronteiras estão sendo alcançadas nesse setor. Em crianças e pré-adolescentes a imaturidade do sistema anaeróbio revela algumas evidências. Zanconato *et al.*[14] utilizaram a técnica de espectrocopia por ressonância nuclear magnética de fósforo para determinar a influência dos aspectos maturacionais sobre o metabolismo dos fosfatos de alta energia durante exercício[14]. Os resultados revelaram que as crianças têm menor capacidade de ativação para a fosforilação de ATP através das vias anaeróbias durante exercício de alta intensidade.

A criança tem capacidade anaeróbia mais baixa quando comparada com o adolescente e o adulto devido também aos baixos níveis hormonais masculinos, baixa capacidade glicolítica, baixa produção de lactato durante o exercício, menor capacidade de tamponamento durante o exercício e baixos limiares de lactato[1,15,16]. Considerando que a capacidade glicolítica em crianças é menor, é apropriado relevar as diferenças relacionadas à maturidade em determinantes do metabolismo anaeróbio. Duas dessas determinantes tem sido motivo de pesquisas mais minuciosas: as influências potenciais da testosterona[17-20] e das catecolaminas, em particular a epinefrina[21]. Os resultados desses estudos não suportam o papel da testosterona no processo de disparo do desenvolvimento da aptidão anaeróbia em crianças. Semelhantemente, o mesmo foi observado entre o aumento do lactato e as catecolaminas durante o exercício progressivo, mas, evidências sugerem sutis diferenças relacionadas à idade na influência da epinefrina e norepinefrina na capacidade glicolítica.

> Estudos clássicos mostraram que os níveis das atividades das enzimas chaves nas vias anaeróbias são menores nas crianças quando comparados a adultos[22]. A atividade média da fosfofrutoquinase (PFK) foi 50% menor do que é observado em adultos quando realizada biópsia do músculo vasto lateral em cinco meninos com idade média de 11,2 anos[17]. Em estudo com três grupos etários distintos (6,4; 13,5 e 17,1 anos de idade) foi observado um aumento progressivo na razão da potência anaeróbia para a potência aeróbia com a idade neste grupo investigado[21]. A atividade da PFK foi menor em média 80% entre seis e nove anos e 60% entre 10 e 14 anos de idade[22]. Esses dados sugerem que a criança não está adaptada fisiologicamente para a atividade anaeróbia lática.

Entretanto, em natação, aproximadamente 80% de todos os eventos dos programas das competições são de 200 m ou menos (abaixo de dois minutos de duração), portanto, o treinamento em velocidades máximas se faz necessário para que ocorram as devidas adaptações necessárias na utilização da energia pela via anaeróbia[23]. Considerando as evidências acima comentadas, relacionadas à imaturidade do sistema glicolítico das crianças e jovens, faz-se necessário um alerta aos

técnicos de esportes, em especial de natação, que lidam com as categorias de base onde as crianças são predominantes. Se faz mais adequado que estes profissionais direcionem o seu trabalho com maior ênfase para as técnicas de nado em detrimento de uma preocupação maior com o treinamento desportivo propriamente dito com vistas à performance.

Potência aeróbia em crianças e jovens

A natação é uma modalidade complexa que requer a integração de habilidades técnicas e condicionamento físico, sendo disputada em provas de curta, média e longa distância. As provas de maiores distâncias caracterizam-se pelo predomínio do metabolismo aeróbio, que utiliza principalmente carboidratos e lipídios para a geração de energia sustentada. Esse tipo de metabolismo é essencial para manter o desempenho durante esforços prolongados, conforme demonstrado por estudos que destacam a importância do treinamento aeróbio contínuo para otimizar a eficiência metabólica e a economia de movimento em nadadores[24,25]. Esses fatores ressaltam a importância de abordar o metabolismo energético de forma integrada ao treinamento técnico e à biomecânica da natação.

A aptidão aeróbia é fundamental para crianças e jovens, não só relacionada à saúde, como também em um grande número de modalidades esportivas[26]. A capacidade do ser humano de realizar exercícios de média e longa duração depende principalmente do metabolismo aeróbio. De acordo com Denadai[27], um dos índices mais utilizados para avaliar essa condição no ser humano é o VO_{2max}, que representa a potência aeróbia de um indivíduo[73]. Estudos recentes indicam que, em nadadores competitivos, a performance em eventos de longa distância está fortemente correlacionada com o VO_{2max} e a capacidade de tolerância ao lactato, fatores que refletem a integração dos sistemas aeróbio e anaeróbio para suprir a demanda energética do esporte[28].

Astrand[29], considerado pioneiro da fisiologia do exercício, definiu o VO_{2max} como a mais alta captação de oxigênio (O_2) alcançada por um indivíduo, respirando ar atmosférico ao nível do mar[29]. Alguns autores postulam a potência aeróbia como sendo a quantidade máxima de ATP produzida por unidade de tempo pelo sistema aeróbio[12]. Portanto, o VO_{2max} equivale à quantidade máxima de O_2 que um organismo estimulado pode extrair do ar atmosférico, transportar aos tecidos pelo sistema cardiovascular e utilizar a nível celular na unidade de tempo[30].

Todavia, no que tange a avaliação dessa variável, outros pesquisadores evidenciaram que somente metade das pessoas apresenta um quadro de platô no

consumo de O_2[31]. Isto é, apesar de continuar havendo aumento da intensidade em um determinado teste de esforço, em um certo momento não ocorre mais o aumento do consumo de O_2; caracterizando, então, a presença de um platô de O_2. Nesse caso, empregou-se o termo "consumo de oxigênio de pico" (VO_{2pico}) para identificar os casos em que o platô não foi identificado[31, 32]. O VO_{2pico} é o maior valor de consumo de oxigênio alcançado durante o exercício, podendo ou não corresponder ao $VO_{2máx}$[33].

Portanto, tem sido utilizada uma diferença terminológica dessa variável, verificando-se o termo consumo de oxigênio pico ou VO_{2pico} para descrever o valor de consumo de O_2 obtido em teste máximo, sem a verificação de platô de consumo de O_2 entre duas cargas progressivas adjacentes[10]. A estabilidade do consumo de oxigênio (VO_2) em exercícios de alta intensidade tem sido convencionalmente, usada como um critério de estabelecimento do VO_{2max} durante testes progressivos com incremento de carga[34-36]. Porém, apenas uma minoria das crianças demonstra o platô de VO_2 nos exercícios até a exaustão voluntária. Estudos indicam que o VO_{2pico} pode ser considerado como valor máximo apesar da ausência de platô de VO_2, sendo um índice máximo de aptidão aeróbia de crianças e jovens, portanto, insustentável[20].

Durante vários anos o VO_{2max} tem sido utilizado com um parâmetro de predição de performance, preferencial, para muitos investigadores na avaliação de atletas durante o exercício submáximo, baseados na hipótese de haver uma forte relação com a capacidade de desempenho de "endurance"[2]. Em termos absolutos o VO_{2max} das crianças é muito mais baixo do que os adultos, mas, quando corrigido pelo peso corporal o VO_{2max} de meninos é similar aquele encontrado em homens jovens. Meninas jovens têm um VO_{2max} maior por kilograma de peso corporal do que mulheres jovens, mas, quando a medida é ajustada pela estatura, elas têm capacidades mais baixas. Medir a potência aeróbia utilizando o pico de consumo de O_2, pode ser uma avaliação mais apurada em crianças, desde que estas tenham dificuldade de tempo para alcançar o verdadeiro esforço máximo por causa de fadiga muscular localizada, uma limitada atenção durante o teste e baixo limiar para o desconforto[1].

A exatidão do VO_{2max} para predição da aptidão cardiorespiratória e rendimento de resistência nas crianças não é muito bem estabelecida[37]. O VO_{2max} é diretamente relacionado ao nível de maturidade do indivíduo (massa corporal magra, estatura e massa corporal total). Ao passo em que as crianças maturam os níveis de VO_{2max} aumentam. Até a maturidade ser alcançada, os valores relativos podem ser mais utilizados do que os valores absolutos para comparar pico de potência aeróbia. Os valores de VO_{2max} aumentam por volta da mesma taxa em ambos os

gêneros até os 12 anos de idade. Após essa idade, os meninos continuam aumentando os seus valores de VO_{2max} até os 18 anos de idade, enquanto as meninas mostram pequenas melhoras depois dos 14 anos de idade[37]. A capacidade de exercício e VO_{2max} aumenta ao longo da infância. O aumento na capacidade de resistência é devido ao ganho no transporte de O_2 e ganho nas capacidades metabólicas. Inúmeros pesquisadores têm demonstrado melhoras no VO_{2max} depois do treinamento de resistência, com mudanças alcançando de 5% a 18% dependendo do modo do treinamento, da intensidade dos exercícios e do comprimento do estudo[37-42]. Parece que a via aeróbia entra em funcionamento muito rapidamente na criança em relação ao adulto[65]. Depois de 30 s, 50% da energia produzida foi de origem aeróbia enquanto que no adulto isso ocorreu por volta de 1 min 30 s a 2 min[16]. O metabolismo aeróbio tem sido avaliado através da determinação do VO_{2max} e com a determinação do limiar metabólico. O VO_{2max} é a mais elevada quantidade de O_2 que o organismo pode utilizar por unidade de tempo e naturalmente aumenta com a dimensão corporal. É expresso por unidade de peso corporal e o valor tende a ser constante entre oito e 14 anos de idade, 47 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ para os meninos e 42 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ para as meninas e sucessivamente tende a diminuir nas meninas[43]. Na literatura é possível encontrar valores de VO_{2max} para nadadores adultos como 69,0 para homens e 55,0 para mulheres[44]; de 55,0 a 75,0[12]; 68,6[22]; 54-70 para homens e 48-68 para mulheres[12]; 50-70 para homens e 40-60 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$para mulheres, entre 15 a 25 anos[47]. O VO_{2max} é altamente associado com a massa magra e tal fato justifica-se em comportamentos diferentes nos dois sexos. A massa muscular representa 42% do peso corporal nos meninos aos cinco anos e 58% aos 18 anos de idade, enquanto que nas meninas o valor aos cinco anos é de 40% e 45% aos 14 anos, decrescendo continuamente chegando a 42% aos 18 anos de idade[47].

Pesquisa que investigou 231 escolares submetidos e não submetidos a treinamento esportivo regular com idades entre 10 e 15 anos, observou que entre todas as variáveis estudadas a variável VO_{2max} e força abdominal foram os indicadores que melhor diferenciaram os dois grupos[48]. Considerando que a variável aptidão aeróbia está diretamente relacionada com aspectos associados à saúde, os autores sugerem uma maior atenção aos programas de educação física para que possam atender efetivamente as necessidades das crianças e jovens no tocante a esses aspectos[48]. Em revisão sistemática, Armstrong comenta que existe um progressivo aumento no VO_{2pico} com a idade cronológica em ambos os sexos independente da massa corporal. A maturação biológica exerce um efeito positivo adicional no VO_{2pico} em ambos os sexos independentemente da idade cronológica e massa corporal[49]. Não existem provas

convincentes que apoiam a secular diminuição do VO_{2pico} de jovens em ambos os sexos mas, dados ubíquos de testes máximos de performance, tal como 20-m "shutte run", tem ofuscado a base conceitual da aptidão aeróbia de jovens[949].

Capacidade aeróbia em crianças e jovens

De acordo com os conceitos sobre potência e capacidade citados acima, a capacidade metabólica de um sistema está associada à quantidade total de energia disponível para realizar trabalho. Portanto, a capacidade aeróbia é a quantidade total de ATP produzida pelo sistema aeróbio. A literatura define a capacidade aeróbia como sendo uma fração da potência aeróbia ou VO_{2max} que pode ser sustentada por um longo período de tempo com participação predominante do sistema aeróbio[12]. O fenômeno limiar anaeróbio (Lan) tem sido aquilo que representa os níveis de intensidades compatíveis com essa variável.

Nos anos setenta, Mader *et al.*[11], introduziram uma teoria de treinamento de "endurance" que era diferente dos métodos até então usados[11]. A maior diferença entre essa teoria e as demais era a ideia de que a "endurance" aeróbia poderia ser melhorada pelo treinamento a velocidades onde o metabolismo aeróbio era sobrecarregado sem que o metabolismo anaeróbio fosse exigido a uma razão tão rápida. Desta forma, surgiu o termo Lan e sua associação com essa teoria. A palavra limiar está relacionada a limite, fronteira ou uma linha divisória. O sentido do termo Lan é que durante o exercício com predominância aeróbia deve existir um ponto onde com o aumento da intensidade de exercício esta predominância é perdida, havendo uma crescente participação do metabolismo anaeróbio.

O significado de Lan é que este identifica a melhor velocidade para o treinamento de "endurance". Mader acreditava que a "endurance" aeróbia poderia ser melhorada tão rapidamente quanto possível com menor possibilidade de ocorrer "overtraining" quando os atletas treinavam nessas intensidades. Wasserman[50] definiu o Lan com a intensidade de exercício ou VO_2 imediatamente acima do ponto onde ocorre a acidose metabólica e as associadas modificações respiratórias[50]. A determinação do Lan tem sido a causa de exaustivas discussões e investigações durante as últimas três décadas. Atualmente, existe a tendência de não generalizar o termo Lan para todos os métodos de identificação desse fenômeno[50].

O Lan continua sendo um conceito amplamente reconhecido e controverso na fisiologia do exercício e na medicina. Conforme concebido por Karlman Wasserman, o Lan associou o aumento de concentração de lactato sanguíneo ([La-]), durante teste de esforço progressivo, com excesso de produção pulmonar de dióxido de carbono

(VCO_2)[51]. Seus princípios foram: limitação do fornecimento de oxigênio (O_2) ao músculo em exercício → glicólise aumentada, produção de La e H+ → diminuição do pH sanguíneo e muscular → com aumento de H+ tamponado pelo sangue [HCO_3-] → aumento da liberação de CO_2 do sangue → aumento de VCO_2 e ventilação pulmonar. Este esquema estimulou uma apuração científica que desafiou a premissa fundamental de que a anóxia muscular (< [O_2]) era um requisito para aumentar as [La-] nos músculos e sangue. Mais recentemente, foi reconhecido que O_2 insuficiente não é a base primária para a lactacidemia[52]. Com base nas melhores evidências, o termo Lan deve ser descartado para outros fins que não históricos. Embora tenha sido de vanguarda naquele momento, o conceito de que o Lan é o resultado de anóxia / disóxia não é apoiado pelas evidências contemporâneas[52]. Portanto, sugere-se que esse fenômeno seja denominado limiar metabólico.

A terminologia dos limiares em geral varia de acordo com a técnica de medida, ou seja, se for através do uso das concentrações de lactato (La) no sangue denomina-se Limiar de Lactato[10], se for através de variáveis ventilatórias Limiar Ventilatório[53, 54], entre outras[55,56]. Walsh & Banister[54], apresentaram, a partir da análise de vários estudos, que os processos considerados essenciais para a geração do limiar de La (LL) incluem a utilização de substrato e a estimulação pelas catecolaminas[54]. Outros fatores influenciadores, assim considerados seriam: a) a ordenação do recrutamento das fibras musculares; b) a remoção do La; c) os receptores musculares de temperatura; d) a estimulação metabólica e e) o limiar de efluxo de La. Os contribuidores ou indutores do limiar ventilatório seriam: a) os corpos carotídeos; b) mecanismos respiratórios; c) temperatura e receptores dos músculos esqueléticos, sendo que o sistema nervoso central integra a grande quantidade de sinais enviados para gerar o aumento da ventilação[54].

A literatura revela que outros autores identificaram o Lan através de diversas variáveis como eletromiografia integrada[157]; duplo produto[58]; pressão arterial[59]; déficit de pulso[60]; PCO_2 transcutânea[61, 62]; frequência respiratória[63]; frequência cardíaca[64,65] e concentrações de sódio e cloro na saliva[66]. Dentre as várias formas de identificação do Lan e suas variáveis, o mais utilizado e controvertido dos métodos alternativos foi proposto por Conconi *et al.*, com a utilização do chamado Ponto de Deflexão da frequência cardíaca, que seria uma intensidade de exercício identificada em teste progressivo em pista com corredores[64], em laboratório[67], ou com nadadores[65], a partir da qual haveria uma tendência a um platô da frequência cardíaca. Porém, este limiar parece não ser uma variável fisiológica generalizável, podendo não existir em vários sujeitos[46].

Durante o exercício existem diversos ajustes hormonais, ocorrendo aumento da

concentração de hormônios hiperglicemiantes como as catecolaminas, cortisol e glucagon[91], sendo verificado que em um teste de esforço progressivo ocorre aumento exponencial das concentrações tanto de La quando de cortisol ao se atingir intensidade superiores ao Lan[68], demonstrando a possibilidade de se investigar o uso da glicemia para predição do limiar metabólico (LM)[69]. O Limiar Glicêmico (LG) se propõe a estimar o LM através das respostas glicêmicas, sendo sugerido que o LG demonstra a intensidade de exercício em que ocorre o equilíbrio entre captação tecidual e liberação de glicose na corrente sanguínea, indicando a intensidade de exercício imediatamente anterior ao aumento exponencial do La e da ventilação[70]; tendo como diferencial a facilidade para sua determinação e baixo custo em relação às demais técnicas, possibilitando sua utilização no dia-a-dia[71]. Alguns estudos têm sido conduzidos com o objetivo de identificar o LG[70], bem como comparar e correlacionar as intensidades do LG e LL em corrida[69] e em exercícios resistidos[73], sendo que os resultados destes estudos apontaram de forma favorável para a utilização destas técnicas.

Diante da lacuna existente sobre esse tema em natação, Garcia & Colantonio[74] buscaram identificar o LG em 12 nadadores de competição de ambos os sexos (09 masc. e 03 fem.), idades entre 18 e 40 anos, envolvidos em um programa de treinamento sistematizado de cinco a seis sessões semanais e com no mínimo quatro anos de experiência em natação competitiva, os quais foram submetidos a um protocolo de 5 x 200 m de nado crawl, com incremento de 0.05 $m.s^{-1}$ a cada 200 m, com 2 min de descanso entre cada repetição[74], de acordo com a proposta adaptada de[75], sendo que a velocidade da última repetição foi baseada no melhor tempo da distância de 200 m de cada voluntário na época da realização dos testes. Os resultados mostraram que foi possível a identificação do LG na velocidade correspondente ao T1 (glicemia = 93,2 mg/dL; velocidade = 1,35 m/s^2), o que sugere que o LG também pode ser utilizado para a predição da velocidade de nado correspondente ao limiar metabólico em nadadores de competição[76]. Estudos similares devem ser replicados com crianças e adolescentes para observar o comportamento glicêmico durante os esforços em natação.

Outro estudo do mesmo grupo teve como objetivo avaliar a possível associação entre a velocidade de nado na intensidade do limiar metabólico determinada pelo LL e LG em nadadores de competição[77]. Foram selecionados oito nadadores adultos (idade= 25,0 ± 7,5 anos; MC 66,9 ± 7,3 kg; Est. 174 ± 10 cm; %G 6,0 ± 2,8; SC 26,8 ± 7,4 cm; tempo 200m 125,8 ± 14,3 s) e experientes em competição de acordo com os seguintes critérios de inclusão: (1) ter no mínimo quatro anos de experiência em natação competitiva, (2) ambos os gêneros, (3) estar envolvido em um programa de treinamento sistematizado de cinco a seis sessões semanais. No dia dos testes os atletas não puderam utilizar qualquer tipo de alimento suplementar. Foram realizados os seguintes

testes: teste incremental, máximo estado estável de lactato (MFEL) e teste de lactato e glicemia mínima. Com os resultados foi possível considerar: a) as velocidades do LL e LG foram superiores em relação à velocidade de MEEL, não foram coincidentes nos momentos dos limiares e não houve diferença significativa entre ambas quando determinadas no teste incremental; b) a velocidade de nado na intensidade do limiar metabólico quando identificada no teste do lactato e glicemia mínima também foi superior quando comparada ao padrão ouro e não houve diferença significativa entre LL e LG[77].

Em outro estudo subsequente do mesmo grupo teve como objetivo comparar e relacionar as velocidades de nado *crawl* correspondentes aos LL e LG[78]. Oito nadadores treinados realizaram um teste incremental intermitente com patamares de 200 m e um teste de lactato mínimo (ambos na técnica de *crawl* e separados por 48 h de intervalo). A velocidade ao LL foi superior à do LG (1.46 ± 0.16 vs. 1.41 ± 0.15 m · s-1 no protocolo incremental e 1.42 ± 0.17 vs. 1.37 ± 0.17 m · s-1 no teste de lactato mínimo; $p < .05$), com valores de tamanho de efeito grande e moderado (respetivamente). No entanto, essas velocidades de nado foram altamente relacionadas entre si em ambos os testes ($r = .96$; $p < .05$). Parece que as velocidades de nado correspondentes aos LL e LG não são coincidentes, eventualmente não representando o mesmo limite fisiológico[78]. Sugeriu-se que futuras investigações sobre esse tema deverão ser conduzidas com um maior grau de controle sobre essas variáveis e envolvendo crianças, adolescentes e jovens adultos para que se possa observar seu comportamento perante aos esforços propostos em natação.

Recente estudo mostrou que as velocidades de nado determinadas pelo LL e pelo LG apresentaram elevada correlação em nadadores competitivos, indicando intensidades semelhantes de transição metabólica (LM). O LG mostrou-se uma alternativa viável e de menor custo financeiro para a identificação do LM, especialmente quando associado à PSE. As velocidades na intensidade de limiar variaram entre 1,42 e 1,45 $m \cdot s^{-1}$. Não foram observadas diferenças significativas entre LL e LG nos testes incremental e de lactato mínimo ($p>0,05$; $d<0,15$), com excelente correlação entre os métodos (ICC=0,90–0,95). PSE nos limiares apresentou valores consistentes entre 6,1 e 6,6[79].

Durante vários anos o VO_{2max} foi um parâmetro de predição de performance preferencial, para muitos investigadores na avaliação de atletas durante exercício submáximo, baseados na hipótese de haver uma forte relação com a capacidade de desempenho de “endurance”[80]. Sendo a capacidade aeróbia um nível de intensidade de exercício onde o indivíduo consegue permanecer durante um longo período de tempo utilizando predominantemente o metabolismo aeróbio, trata-se, portanto, de uma forma de trabalho interessante para crianças e jovens no que se refere aos aspectos

associados à saúde e treinamento físico. É pertinente ressaltar que apesar da importância de esforços físicos nessas intensidades na infância e adolescência, a determinação dos limiares, principalmente o LL, não deve ocorrer sob o mesmo modelo fisiológico utilizado para o adulto; já que o metabolismo infanto-juvenil não opera exatamente da mesma forma que o adulto.

Considerações Finais

Está claro da necessidade de uma boa formação acadêmica por parte dos profissionais do esporte no processo educacional de crianças e jovens atletas. Aspectos relacionados ao estado de crescimento e desenvolvimento infanto-juvenil; comportamento motor; medidas e avaliação; desenvolvimento e treinamento dos componentes da aptidão física; aspectos psico-socias e cognitivos; planejamentos adequados, entre outros conhecimentos, devem fazer parte do cotidiano desses profissionais[81].

A preocupação excessiva da busca de resultados precoces com crianças e jovens tem mostrado ser um processo que leva ao abandono do esporte também de forma precoce, normalmente em idades com um potencial ainda a ser explorado. Recomenda- se a ideia de um treinamento a longo prazo, apesar da tradição da natação onde as crianças ingressam muito cedo nesse esporte; o que não chega a ser um problema, desde que a condução desses iniciantes não privilegie a elitização em detrimento da participação. Estatisticamente, os números na história da natação brasileira têm mostrado um fenômeno nada incentivador, isto é, a cada 10-15 anos surge um nadador medalhista olímpico. Portanto, o destino das futuras gerações de nadadores de competição está nas nossas mãos, fica aqui uma reflexão.

Referências Bibliográficas

1. Bar-Or O. The child and adolescent athlete: Blackwell Science Carlton Viktoria; 1996.
2. Colantonio E, MAPDM K. Tópicos de limiar anaeróbio metabólico. Revista Âmbito de Medicina Desportiva. 10:16-28, 1997.
3. Kemper HC. The Amsterdam Growth Study: A longitudinal analysis of health, fitness, and lifestyle: Human Kinetics; 1995.
4. Matveev LP. Preparação desportiva: Centro de Informações Desportivas; 1996.
5. Nero Ed, Yazbek Junior P, Kedor HH, Kiss MAP, Juliano Y, Moffa PJ. Ação do metroprolol duriles na insuficiência coronária crônica. Arquivos Brasileiros de Cardiologia, 211-6, 1985.
6. Negrão CE & Barreto A. Efeito do treinamento físico na insuficiência cardíaca: implicações autonômicas, hemodinâmicas e metabólicas. Revista da Sociedade

de Cardiologia do Estado de São Paulo, 8:273-84, 1998.
7. Rowland TW. Developmental exercise physiology: Human Kinetics Champaign, IL; 1996.
8. Colantonio, E. Natação, Esporte e Ciência / Emilson Colantonio - São Paulo: Editora UNIFESP, 2024. 410 p.
9. Wilke K & Madsen O. Swimmer improved: coaching the young swimmer. Third edition. Pittisburgh, Sports Support Syndicate, 1993.
10. Kiss M, Amadio A, Barbanti V. Potência e capacidade aeróbias: importância relativa em esporte, saúde e qualidade de vida. A biodinâmica do movimento humano e suas relações interdisciplinares São Paulo: Estação Liberdade. 175-84, 2000.
11. Mader A. Brennpunktthema Computersimulation: Möglichkeiten zur Theoriebildung und Ergebnisinterpretation: Academia-Verlag; 1996.
12. MacDougall JD, Wenger HA, Green HJ. Physiological testing of the high-performance athlete: Champaign, Ill.: Human Kinetics Books; 1991.
13. Robergs RA, Roberts S. Exercise physiology: exercise, performance, and clinical applications: Mosby St. Louis; 1997.
14. Zanconato S, Buchthal S, Barstow TJ, Cooper D. 31P-magnetic resonance spectroscopy of leg muscle metabolism during exercise in children and adults. Journal of Applied Physiology, 74(5):2214-8, 1993.
15. Bar-Or O. The child and adolescent athlete: Blackwell Science Carlton Viktoria; 1996.
16. Máček M, Vavra J. The adjustment of oxygen uptake at the onset of exercise: a comparison between prepubertal boys and young adults. International Journal of Sports Medicine, 1(02):70-2, 1980.
17. Eriksson BO, Karlsson J, Saltin B. Muscle metabolites during exercise in pubertal boys. Acta Paediatrica, 60(S217):154-7, 1971.
18. 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. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 62(3):151-6, 1991.
19. Paterson DH, Cunningham DA. Development of anaerobic capacity in early and late maturing boys. Children and Exercise Champaign, Human Kinetics, 11:119-28, 1985.
20. Welsman JR, Armstrong N, Kirby BJ. Serum testosterone is not related to peak VO_2 and submaximal blood lactate responses in 12-to 16-year-old males. Pediatric Exercise Science, 6(2):120-7, 1994.
21. Berg A, Keul J. Biochemical changes during exercise in children. Young athletes A biological, psychological and educational perspective Human Kinetics, Champaign, IL. 61-7, 1988.
22. Eriksson B, Holmer I, Lundin A. Physiological effects of training in elite swimmers. Swimming Medicine IV. 177-87, 1978.
23. Troup JP, Trappe TA. Applications of research in swimming. Medicine and Science in Aquatic Sports. 39: Karger Publishers, p. 155-65, 1994.
24. Kim SW, Jung WS, Kim JW, Nam SS, Park HY. Aerobic Continuous and Interval Training under Hypoxia Enhances Endurance Exercise Performance with Hemodynamic and Autonomic Nervous System Function in Amateur Male Swimmers. International Journal of Environmental and Research in Public Health, Apr 9;18(8):3944, 2021. doi: 10.3390
25. Venckunas T & Achramavicius J. Higher blood lactate with prolongation of underwater section in submaximal front-crawl swimming. Sports, 12(5): 121,

2024.

26. Colantonio E, de Souza FG, Botero JP, Malik N, Lofrano-Prado MC, Lambertucci AC, Prado WLD. Associations between Anthropometrics, CardiorespiratoryFitness, and Metabolic Syndrome Components in Brazilian Adolescents with Obesity. Metabolic Syndrome and Related Disorders, 20(1):36-42, 2020. doi: 10.1089/met.2021.0064.
27. Denadai BS. Consumo máximo de oxigênio: fatores determinantes e limitantes. Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde, (1):85-94, 1995.
28. Caputo, F. & Denadai, S.B. Fisiologia do exercício: bases fisiológicas da natação. Revista Brasileira de Ciência e Movimento, 11(4): 7-13, 2022.
29. Astrand P-O. Experimental studies of physical work capacity in relation to sex and age. Dissertation. 1952.
30. Thoden J. Evaluation of the aerobic power. Physiological testing of the high-performance athlete. Champaign: Human Kinetics. 1991.
31. Noakes TD. Implications of exercise testing for prediction of athletic performance: a contemporary perspective. Medicine Science in Sports and Exercise, 20(4):319-30, 1988.
32. Jackson AS, Beard EF, Wier LT, Ross RM, Stuteville JE, Blair SN. Changes in aerobic power of men, ages 25-70 yr. Medicine Science in Sports and Exercise, 27(1):113-20, 1995.
33. Wasserman K. The anaerobic threshold measurement to evaluate exercise performance. American Review of Respiratory Disease, 129(2P2):S35-S40, 1984.
34. Colantonio E, Barros RV, Kiss M. Pico de consumo de oxigênio em nadadores e escolares do sexo masculino. Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano, 10(4):354-9, 2008.
35. Colantonio E, Barros RV, Kiss MA. Análise comparativa do pico de consumo de oxigênio entre nadadoras e não nadadoras. Revista Portuguesa de Ciências do Desporto, 8(1):96-102, 2008.
36. Armstrong N, Welsman J, Winsley R. Is peak VO2 a maximal index of children's aerobic fitness? International Journal of Sports Medicine, 17(5):356-9, 1996.
37. Rotstein A, Dotan R, Bar-Or O, Tenenbaum G. Effect of training on anaerobic threshold, maximal aerobic power and anaerobic performance of preadolescent boys. International Journal of Sports Medicine, 7(05):281-6, 1986.
38. Docherty D, Wenger HA, Collis ML. The effects of resistance training on aerobic and anaerobic power of young boys. Medicine Science in Sports and Exercise, 19(4):389-92, 1987.
39. Ekblom B. Effect of physical training in adolescent boys. Journal of Applied Physiology, 27(3):350-5, 1969.
40. Krahenbuhl GS, Skinner JS, Kohrt WM. Developmental aspects of maximal aerobic power in children. Exercise and Sport Sciences Reviews, 13(1):503-38, 1985.
41. Massicotte DR, Macnab RB. Cardiorespiratory adaptations to training at specified intensities in children. Medicine and Science in Sports, 6(4):242-6, 1974.
42. Vaccaro P, Clarke DH. Cardiorespiratory alterations in 9 to 11 years old children following a season of competitive swimming. Medicine and Science in Sports, 10(3):204-7, 1978.
43. Gribaudo CG. & Ganzit GP. Medicina dello sport. Torino: UTET, p.259-62, 1989.
44. Dalmonte A. & Faina M. Valutazione dell'atleta. Utet, Turim, 1999.
45. Bonifazi M, Marugo L, Armentano N, Camillieri G, Colombo G, Crescenzi S. et al. Gli Sport Natatori. Medicina Dello Sport, 62(3): 335-377, 2010.

46. Wilmore J. & Costill D. Physiology of Exercise and Sport. Champaign, IL: Human Kinetics. 1994.
47. Malina RM. Physical growth and maturation. Document Resume SP 029 798 Seefeldt, Vern, Ed Physical Activity & Well-being American Alliance for Health, Physical Education. 1986:12.
48. Mineiro A, Gonçalves LD, Madsen FL, Da Silva RR, Souza LS, Steola MLTL, Scorcine C, Colantonio E. Growth, development and physical fitness related to health (PFRH) in children and adolescents of Santos City – Longitudinal Study. In: III International Convention on Science, Education and Medicine in Sport. Book of Abstracts – ICSEMIS, 2016.
49. Armstrong N. Understanding the role of aerobic fitness in relation to young people's health and well-being. Physical Therapy Reviews, 22(3-4):133-8, 2017.
50. Wasserman K. The anaerobic threshold: definition, physiological significance and identification. The Anaerobic Threshold: Physiological and Clinical Significance. 35: Karger Publishers, p. 1-23, 1986.
51. Wasserman K, McIlroy MB. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. American Journal of Cardiology, 14(6):844-52, 1964.
52. Poole, David C.; Rossiter, Harry B.; Brooks, George A.; Gladden, L. Bruce. The anaerobic threshold: 50+ years of controversy. The Journal of Physiology, 599(3):737-767, 2020. doi:10.1113/JP279963.
53. Loat CE, Rhodes E. Relationship between the lactate and ventilatory thresholds during prolonged exercise. Sports Medicine, 15(2):104-15, 1993.
54. Walsh M, Banister E. Possible mechanisms of the anaerobic threshold. Sports Medicine, 5(5):269-302, 1988.
55. McLellan T. The anaerobic threshold: concept and controversy. Austral Journal of Science and Medicine Sport, 19(3):3-8, 1987.
56. Skinner JS, Mclellan TH. The transition from aerobic to anaerobic metabolism. Research Quarterly for Exercise and Sport, 51(1):234-48, 1980.
57. Matsumoto T, Ito K, Moritani T. The relationship between anaerobic threshold and electromyographic fatigue threshold in college women. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 63(1):1-5, 1991.
58. Tanaka H, Kagimura M, Kiyonaga A, Yamauchi H, Tanaka M, Shindo M. Breaking Point Of Double Product As Index Of Lactate Threshold. Medicine & Science in Sports & Exercise, 22(2):S15, 1990.
59. Tanaka H, Kiyonaga A, Ogasawara M, Kubo A, Togashi K, Shindo M. Abrupt increase in mean arterial blood pressure above lactate threshold during graded exercise. Medicine and Science in Sports and Exercise, 23(4) suppl. S 163, 1991.
60. Narro F, Gonzalez JC, Oliveira A, Chamello F, Grassis E, Ribeiro JP. Noninvasive estimation of the lactate threshold from heart rate response to submaximal exercise: the pulse deficit [abstract]. Medicine and Science in Sports and Exercise, 24(5): suppl. S 166, 1992.
61. Röcker K, Steinacker J, Stauch M. Transcutaneous monitoring of PCO 2 for the noninvasive determination of the anaerobic threshold. Advances in Ergometry: Springer, p. 228-32, 1991.

62. Breuer H-W, Skyschally A, Alf D-F, Schulz R, Heusch G. Transcutaneous PCO2-monitoring for the evaluation of the anaerobic threshold. International Journal of Sports Medicine, 14(08):417-21, 1993.
63. James N, Adams G, Wilson A. Determination of anaerobic threshold by ventilatory frequency. International Journal of Sports Medicine, 10(03):192-6, 1989.
64. Conconi F, Ferrari M, Ziglio PG, Droghetti P, Codeca L. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. Journal of Applied Physiology, 52(4):869-73, 1982.
65. Cellini M, Vitiello P, Nagliati A, Ziglio P, Martinelli S, Ballarin E, et al. Noninvasive determination of the anaerobic threshold in swimming. International Journal of Sports Medicine, 7(06):347-51, 1986.
66. Chicharro J, Calvo F, Alvarez J, Vaquero A, Bandres F, Legido J. Anaerobic threshold in children: determination from saliva analysis in field tests. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 70(6):541-4, 1995.
67. Maffulli N, Sjödin B, Ekblom B. A laboratory method for non invasive anaerobic threshold determination. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 27(4):419-23, 1987.
68. Port K. Serum and saliva cortisol responses and blood lactate accumulation during incremental exercise testing. International Journal of Sports Medicine, 12 (1):490-494, 1991.
69. Simões HG. et al. Determinação do limiar anaeróbio por meio de dosagens glicêmicas e lactacidêmicas em testes de pista para corredores. Revista Paulista de Educação Física, 12(1):17-30, 1998.
70. Moreira S, Simões G, Hiyane W, Campbell C, Simões H. Identificação do limiar anaeróbio em indivíduos com diabetes tipo-2 sedentários e fisicamente ativos. Revista Brasileira de Fisioterapia, 11(4), 2007.
71. Azevedo PHSM, Garcia A, Duarte JMP, Rissato GM, Carrara VKP, Marson RA. Limiar Anaeróbio e Bioenergética: uma abordagem didática. Journal of Physical Education, 20(3):453-64, 2009.
72. Motoyama YL, Pereira PEDA, Esteves GDJ, Duarte JMP, Carrara VCP, Rissato GM, et al. Alternative methods for estimating maximum lactate steady state velocity in physically active young adults. Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano, 16(4):419-26, 2014.
73. de Oliveira JC, Baldissera V, Simões HG, Perez SEA, de Aguiar AP, de Azevedo P, et al. Identificação do limiar de lactato e limiar glicêmico em exercícios resistidos. Revista Brasileira de Medicina do Esporte, 12(6):333-8, 2006.
74. Garcia GT. Identificação do limiar glicêmico em nadadores de competição para predição da intensidade de treino. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Bacharelado em Educação Física – Universidade Federal de São Paulo, Santos, SP, 2017b. Orientador: Emilson Colantonio.
75. Ribeiro LFP, Baldissera V, Balakian P, Soares AR. Limiar anaeróbio em natação: comparação entre diferentes protocolos. Revista Brasileira de Educação Física e Esporte, 18(2):201-12, 2004.
76. Garcia GT. Identificação do limiar glicêmico em nadadores de competição para predição da intensidade de treino. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso)

– Bacharelado em Educação Física – Universidade Federal de São Paulo, Santos, SP, 2017b. Orientador: Emilson Colantonio.
77. Madsen FL, Garcia GT, Colantonio E. Utilização dos limiares de lactato e glicêmico para a predição do limiar anaeróbio em nadadores de competição. In: 40o. Simpósio Internacional de Ciências do Esporte, 2017, São Paulo. Tradição e Inovação nas Ciências do Esporte. Brasília: Revista Brasileira de Ciência e Movimento, (25): 12, 2017.
78. Colantonio E, Figueiredo LM, Garcia GT, Castro FAS, Fernandes RJ. Are the swimming velocities at the lactate and glucose thresholds similar and well-related? Revista Portuguesa de Ciência do Desporto, 21(3): 12-24, 2021.
79. Genuíno, LM; Souza Castro, FA; Colantonio, E. Limiares de lactato e glicose como preditores do limiar metabólico em nadadores. No prelo. [dados não publicados]
80. Colantonio, E. Potência aeróbia de crianças e jovens. 2006. Tese (Doutorado em Biodinâmica do Movimento Humano) - Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. doi:10.11606/T.39.2006.tde-10072006-084946.
81. Colantonio, E. Detecção, Seleção e Promoção de Talento Esportivo: Considerações sobre a Natação. Revista Brasileira de Ciência e Movimento, 15(1): 127-135, 2007.