

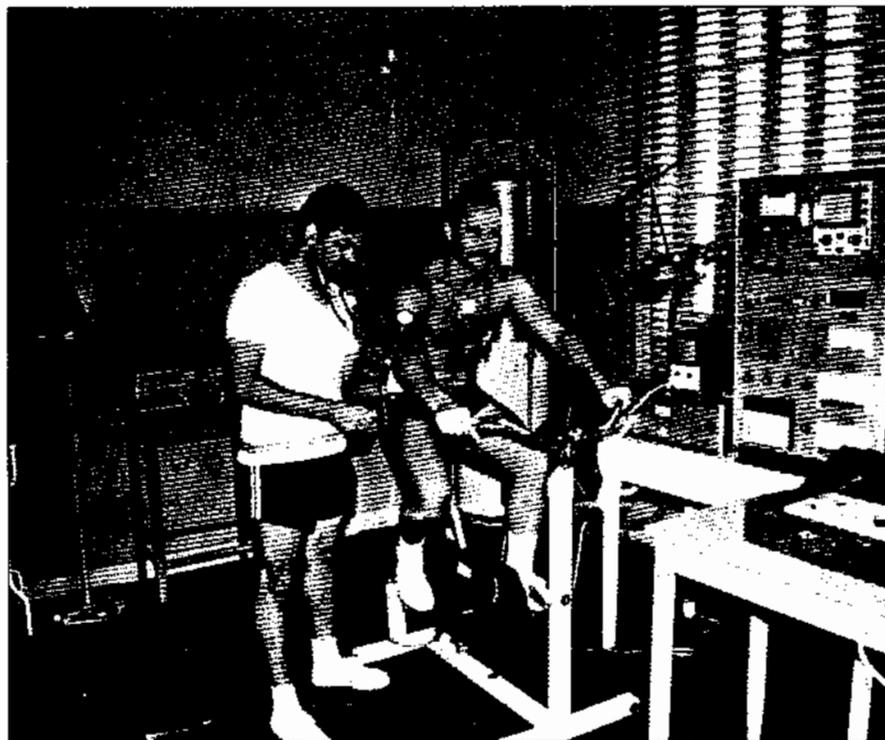
EM BUSCA DE TESTES ANAERÓBICOS DE CAMPO

(Trifosfato de adenosina como fonte de energia muscular e manutenção do suprimento energético)

Paulo Roberto C. Figueiredo

Áttila J. Flegner

Gerson Madureira



1 — APOIO TEÓRICO

1.1 — Fonte de Energia Anaeróbica

A energia imediata à contração muscular vem do ATP; na falta de oxigênio para a sua ressíntese, esta provém da fosfocreatina (existente em pequena quantidade no músculo) e finalmente da queima da glicose (existente no músculo, em grandes quantidades).

O ATP e a Fosfocreatina podem ser recompostos pela quebra do glicogênio, o que causa a fadiga muscular pelo grande acúmulo de ácido láctico (o ciclo de Krebs tem muito maior capacidade de fornecer energia ao músculo do que a glicólise, a qual se pode considerar como um artifício de urgência para o fornecimento de energia ao músculo).

O mecanismo do metabolismo anaeróbico é associado ao desenvolvimento do débito de oxigênio que parece não ser afetado pela altitude. Baseado em considerações teóricas de MARGARIA (1967), não há diferença entre os mecanismos ao nível do mar ou em altitude. EDWARDS (1936) e HURTADO (1964) afirmam que existe uma diferença significativa na acumulação de lactatos no sangue venoso raquial, depois de exercícios exaustivos entre pessoas bem aclimatadas e não aclimatadas.

1.2 — Concentração de Ácido Láctico e Débito de O₂ e Fadiga

HILL, LONG e LUPTON (1934) estimaram que a concentração do ácido láctico em trabalho pesado é

idêntica à concentração máxima de ácido láctico em um músculo isolado e estimado eletricamente.

São causas de fadiga muscular as contrações isométricas e as isotônicas de grande intensidade (grandes cargas e/ou grandes frequências) onde o fluxo sanguíneo no músculo não é suficiente para remover a grande quantidade de ácido láctico formado.

No trabalho isométrico, quanto maior a tensão exercida, menor será o tempo em que poderá ser mantida. O mesmo acontece com o trabalho isotônico, onde também o tempo diminui com o aumento da carga e/ou da frequência.

Existe uma relação entre a tensão isométrica (em porcentagem da tensão isométrica máxima) e o tempo em que pode ser mantida. (Apud Rohmert, 1960). Isto significa que o acúmulo de ácido láctico constitui um fator de fadiga muscular, sendo outro, a espoliação das reservas glicogênicas do músculo.

A eliminação do ácido láctico do músculo leva algumas horas, enquanto que o restabelecimento das reservas glicogênicas pode levar vários dias.

Em determinado trabalho, o tempo necessário para recuperar o nível normal de lactato sanguíneo aumenta com o aumento da distância percorrida. Porém, acima de 400 m se estabiliza; isto é: a distância de 400 m é suficiente para produzir o máximo de concentração de ácido láctico, ou seja, 120 a 150 mg% +.

Observou-se um débito de oxigênio maior em atletas do que em não-atletas, assim como também num débito alático maior.

Foi verificado que a deterioração da eficiência respiratória em trabalho anaeróbico é mais pronunciada do que em trabalho aeróbico.

A fadiga isquêmica em trabalho dinâmico, nas várias regiões do corpo, é baseada na diferença a — v de oxigênio e lactato, como veremos nos exemplos:

— *cérebro*: não há evidência de isquemia cerebral em trabalho de

alta intensidade em "steady-state", porém em nível máximo, não foi até agora estudado;

- **músculo:** em trabalho intenso (perto de VO_2Mx) a saturação venosa de O_2 é tão baixa, que por isso indica necessariamente isquemia. Entretanto, valores abaixo de 0,23% de O_2 , podem indicar que o limite de extração de O_2 do próprio músculo foi alcançado;
- **fígado:** o O_2 contido no sangue venoso hepático é muito pouco durante o exercício intenso; este fato sugere que a isquemia hepática bem pode ser um fator de fadiga;
- **coração:** os resultados não são conclusivos, principalmente se há evidências indiretas, tais como: modificação do segmento S-T em ECG. Extra-sístole, bloqueios A-V e bloqueio de ramos não evidenciam, obrigatoriamente, problemas coronarianos.

HILL e col. concluíram que o trabalho máximo não pode ser sustentado acima de 30 seg. Isto concorda com a observação prática de que somente a distância de 200 m pode ser percorrida com a mesma velocidade máxima. Isto, na opinião de Hill e col., é a prova decisiva de que o ácido láctico é a real e fundamental base do trabalho muscular e da fadiga.

Pesquisas de PATTERNGALE e MOLLOSSY (1967) demonstraram que estímulos intensos de curta duração têm como efeito o aumento da mioglobina que age como preventivo da hipoxia. O aumento da mioglobina nos músculos da perna — em torno de 80%, depois do treinamento rigoroso realizado em ratos —, traduziu-se por uma eficiência funcional periférica.

RIESSES e MIURA (1933) afirmam que não há evidências conclusivas de que o acúmulo de débito de O_2 se relacione diretamente com o início da fadiga, assim como a formação do ácido láctico.

2 — CONTRIBUIÇÃO DE CADA SISTEMA EM FACE DA INTENSIDADE E DA DURAÇÃO DO ESFORÇO

2.1 — Trifosfato de Adenosina como Fonte de Energia Muscular

O trifosfato de adenosina é a fonte de energia muscular. Como a célula muscular é suprida pelo



ATP? De 3 maneiras isto ocorre: em duas delas, sem a presença do O_2 ou ANAERÓBICA, e em uma, com a presença de O_2 ou AERÓBICA.

- A) **SISTEMA ATP-PC:** A quebra da fosfocreatina no músculo pode fornecer a energia, quase imediatamente, pela liberação do ATP, que também é desdobrado no músculo. Este tipo de energia é suficiente para eventos de pouca duração (10 segundos mais ou menos). No reino animal este sistema é muito usado, como, por exemplo, quando o leão investe sobre a presa, ou na corrida pela sobrevivência da caça. O pique de 100 m do atleta olímpico, para merecer a medalha de ouro, é também um exemplo típico.
- B) **SISTEMA DE ÁCIDO LÁCTICO:** recebe este nome devido à grande quantidade de A.L. acumulado no sangue, resultante de atividade intensa. A reserva do ATP-PC é espoliada e, para poder continuar a trabalhar, o músculo precisa repor a fonte de energia pelo desdobramento químico do alimento. Neste caso o açúcar (glicose) é o utilizado. O fornecimento de O_2 sendo insuficiente para o nível elevado de solicitação — trabalho anaeróbico —, a glicose é quimicamente transformada em A.L. (ácido láctico) — via anaeróbica.

O sistema de ácido láctico produz maior quantidade de ATP durante os esforços de alta intensidade (por exemplo, a corrida de 800 ms) cuja performance dura de 1 a 3 minutos.

O ácido láctico, assim presente no músculo, é causa de real fadiga muscular. Para chegar a esse nível de esforço, os melhores exemplos são: a corrida de 200 a 800 ms ou esforços de grande intensidade com duração de 30 seg. a 1min30seg.

- C) **SISTEMA AERÓBICO OU DE O_2 :** Na presença do oxigênio os alimentos, especialmente os carboidratos e gorduras, proporcionam a constante produção de ATP para o uso do músculo. Não há meio mais eficiente e abundante de produzir ATP do que nos eventos chamados aeróbicos ou "de endurance." O sistema de oxigênio produz maior quantidade de ATP durante os esforços de longa duração e baixa intensidade (por exemplo: a corrida maratona).

2.2 — Manutenção do Suprimento Energético

A manutenção do suprimento energético é feita pelos 3 sistemas acima referidos, em tipos de esforços específicos, de forma a manter o fornecimento contínuo de energia, como demonstrado a seguir:

PRODUÇÃO DE ATP

SISTEMAS		
A	B	C
ATP-PC	DE ÁCIDO LÁCTICO	DE OXIGÊNIO

SISTEMAS: DE ÁCIDO LÁTICO, ATP-PC e DE OXIGÊNIO

SIST. ATP-PC	SIST. ATP-PC e AL	SIST. AL E O ²	SISTEMA DE O ²
<ul style="list-style-type: none">• Tiros 100 ms.	<ul style="list-style-type: none">• Corrida de 200 a 400 ms.	<ul style="list-style-type: none">• Corrida de 800 ms.	<ul style="list-style-type: none">• Futebol e Lacrosse (exceto goleiros)
<ul style="list-style-type: none">• Escapada da base	<ul style="list-style-type: none">• Meio de campo e zagueiro	<ul style="list-style-type: none">• Provas de ginástica	<ul style="list-style-type: none">• Esqui à longa distância
<ul style="list-style-type: none">• Tacada de golfe e tênis	<ul style="list-style-type: none">• Esqui veloz	<ul style="list-style-type: none">• Boxe (3min. cada "round")	<ul style="list-style-type: none">• Maratona
<ul style="list-style-type: none">• Arremeso de peso	<ul style="list-style-type: none">• Patinação em velocidade	<ul style="list-style-type: none">• Luta livre	<ul style="list-style-type: none">• "Jogging"

Consideremos um movimento de velocidade constante, com a carga variando. O débito de O² diminui com a diminuição da carga e o "endurance" aumenta, isto é, o fornecimento energético continua, mas através da via de oxigênio (mais eficiente).

Portanto, a capacidade de cada sistema de suprir a maior quantidade de ATP necessária, é relativa à espécie de trabalho. De um lado temos, por exemplo, os eventos de curta duração e de intensidade elevada tais como: saltos. Nesses eventos o total de ATP necessário é suprido quase inteiramente pelo sistema ATP-PC. Por outro lado, temos as provas de longa duração e de baixa intensidade, cu-

jas atividades são suportadas quase exclusivamente pelo sistema de O². No meio, há o sistema de ácido lático, cuja produção sustenta atividades tais como os 400 e 800 metros.

Apenas no meio desses extremos atua outro sistema A.L., e por duas razões:

- 1 — porque precisa de um certo tempo para o sistema ser acionado. Exemplo: em lançamento ou salto, o tempo não é suficiente para acionar o sistema AL;
- 2 — o sistema A.L. limita o tempo de "performance" devido à fadiga, que causa concentração elevada de A.L. Assim, o período de esforço deve ser

reduzido quando atingir um nível em que a energia é predominantemente fornecida pelo sistema A.L.

A energia fornecida pelo sistema A.L. é mais baixa, mesmo quando em pleno uso, comparada com a dos outros dois sistemas. Isto indica que este sistema não predomina como fonte de energia.

Em atividades nas quais o sistema A.L. é importante, os outros dois sistemas, ATP-PC e o O², são também fortes contribuintes na reposição de ATP (feito dos intervalos e microintervalos durante o esforço).

Durante os intervalos de recuperação do trabalho intermitente, a porção das reservas musculares de ATP e PC, que foram esgotadas durante o intervalo de trabalho precedente, será reabastecida via sistema aeróbico (ação das mitocôndrias e sistema enzimático). Neste caso, o treino dos outros dois sistemas é necessário para o máximo da "performance". Por isso, em tais atividades, é muito difícil atingir uma boa "performance" e elas requerem exaustivo treinamento (meio fundo).

Na tabela aparecem 4 áreas de esforços com o tempo de "performance" e o sistema de energia envolvido, com exemplos típicos de atividade desportiva.



Área	Tempo da "performance"	Maior sistema de energia envolvido	Exemplo do tipo de atividade
1	Menos que 30 seg.	ATP-PC	Arremesso de peso, corrida de 90 m., arremetida da base e tacada de golfe e tênis.
2	De 30 seg. a 1 e 1/2 min.	ATP — PC-AL.	Corrida de 200-400 ms. meio de campo, zagueiro, esqui em velocidade, 80 m. em natação.
3	1 e 1/2 a 3 min.	A.L. e O ²	Pique de 800 m., eventos de ginástica, pugilismo ("round" de 3 min.), luta livre (assaltos de 3 min.).
4	Mais do que 3 min.	O ²	Futebol e lacrosse (Exceto goleiros), esqui à grande distância, maratona e "jogging".

A Área 1 inclui atividades que requerem tempo de "performance" igual ou menor que 30 seg. Em tais atividades, o sistema predominante de energia é o ATP-PC. A avaliação da capacidade de realizar esforços, nessa faixa de tempo, e nutridos apenas por estes compostos energéticos reservados no músculo é aquilo a que nosso trabalho se propõe. A via de correlação é feita através de teste anaeróbico do sistema ATP-PC com testes de campo, visando ao "POWER OUTPUT".

na e dois cronômetros de décimos de segundo, e a tomada de tempo deve começar quando da movimentação de braço do atleta, característica do início do salto.

2º TESTE — Corrida de 50 metros. Medir o tempo mínimo que um indivíduo leva para percorrer 50 m. em terreno plano. A contagem de tempo deve obedecer à anterior e os cronometristas devem permanecer no final dos 50 m.

Observação: quando houver

diferença entre os tempos obtidos deve-se tirar a média aritmética destes testes.

3º TESTE — Aceleração e conservação da capacidade máxima de trabalho.

Medir o tempo que o indivíduo leva para atingir seu máximo de trabalho (ou seja, até que não haja mais aceleração) ou que este atinja uma velocidade constante máxima. Deste ponto em diante é computado o seu tempo, até que haja uma queda de produção, mesmo mínima.

TESTE DE HEBELINK

Pedalar a bicicleta ergométrica com uma carga fixa de 400 watts, com uma frequência de + 70 rpm. Cronometrar o tempo em que o indivíduo consegue manter a carga a 70 rpm. ■

BIBLIOGRAFIA

- CANTAROW, A. e ACHEPARTZ, B. *Bioquímica*.
 FALLS. *Exercise Physiology*.
 SIMMONSON, E. *Physiology of work capacity and fatigue*.
 NELSON, R. e MOREHOUSE, C. *Biomechanick IV*.
 MATHEWS. *Interval-Training*.
 Research Quarterly - 31, (2), maio, 1960.
 Research Quarterly — 40, (3), outubro, 1969.
 MARGARIA, R. "Measurements of Muscular Power in Man". *J. Am. Physiol.*, 20:1662-1664.

PESQUISA RESUMO

A pesquisa tem a finalidade de correlacionar, ou seja, verificar até que ponto testes práticos de pista apresentam resultados significativos quando comparados com testes de laboratório (ANAERÓBICOS).

Foi feita uma amostragem com alunos da EEFD em testes de potência integral "POWER OUTPUT" W x D (salto em distância, corrida de 50 m. e de conservação, e capacidade máxima de trabalho em bicicleta ergométrica) a fim de serem comparados os resultados com os do teste absoluto de Hebelink.

METODOLOGIA

Pesagem — em balança tarada em ambiente de 24°C e 40% de umidade relativa do ar.

Intervalo de 15min. entre cada teste.

1º TESTE — Salto em distância.

Medir o tempo e a distância que um indivíduo leva para executar 10 saltos ininterruptos, com as pernas juntas. Devem ser usados uma tre-