

# ENERGIA VITAL

**Dr. ALENCAR MARTINS VIÉGAS**  
ex-Monitor da EsEFE e Médico da Seleção Brasileira de Voleibol

Alguém já disse: "não há nada difícil, pois toda coisa difícil é um amontoado de coisas fáceis"

Quando nos propusemos ao estudo deste tema o fizemos por julgá-lo fundamental ao professor de Educação Física e professorandos e por verificar que os compêndios de Fisiologia, Biofísica, Bioquímica etc. o explanam de maneira complexa, descendo a minúcias que o assunto exige, mas dispensáveis, até certo ponto.

O escopo deste trabalho é a tentativa de esclarecimento, em nível o mais singelo possível, do assunto palpitante que é **A OBTENÇÃO DE ENERGIA PELA CÉLULA ANIMAL E SUA CORRELAÇÃO COM O DESPORTO.**

Aqueles que pretenderem um conhecimento mais profundo poderão se valer da bibliografia ao final.

Para melhor compreensão é preciso que guardemos alguns conceitos. A proporção que eles forem sendo expostos, iremos adicionando comentários necessários ao entendimento global do assunto.

**METABOLISMO** — É a troca de substâncias e transformações que se processam nos seres vivos; é o balanço de toda energia que entra e é eliminada do organismo. O metabolismo engloba dois processos fundamentais:

— **ANABOLISMO** — É a soma de todas as reações que participam da biossíntese (é a construção):

— **CATABOLISMO** — É a degradação dos constituintes celulares.

**NUTRIÇÃO** — É a relação entre a ingestão de alimentos e o metabolismo. Os alimentos desempenham papel básico, visto:

- a — formarem a massa específica ou substância própria do organismo, seja para crescer ou reparar suas perdas;
- b — serem transformados em energia, que por sua vez gerará trabalho mecânico (músculos), elétrico (nervos), osmótico (formação de urina hipertônica), químico (manutenção da função celular) etc.;
- c — veicularem substâncias reguladoras do metabolismo, tais como vitaminas, sais etc.

Do catabolismo resultam resíduos que devem ser eliminados pelos órgãos excretores: rim, intestino, pele e pulmão.

A digestão transforma as substâncias complexas em produtos simples de assimilar e substâncias coloidais indifusíveis e cristalóides difusíveis.

Do fato de o organismo ter de manter o equilíbrio energético — através do metabolismo — para sobreviver, há que se deduzir que tal organismo precisa manter um balanço de substâncias. Dai se concluir que para o equilíbrio ser mantido ele precisa excretar tantos átomos de cada tipo quantos tenha ingerido ou perderá aquela condição. Tornar-se-á mais magro ou mais gordo em função da direção que seu equilíbrio é desregulado.

Aqui vai a informação óbvia e prática aos gordos: se a sua gordura não for fruto de disfunções glandulares, o que está ocorrendo é a produção de muita energia sem o dispêndio conveniente, daí, mais trabalho físico e menos alimento.

**SUBSTÂNCIAS ENERGÉTICAS** — são aquelas que podem ser oxidadas, processo que traduz a liberação de energia que se transforma em trabalho e calor (aproximadamente 22% em trabalho e 78% em calor). Tais substâncias são os açúcares, as proteínas e as gorduras.

As **FONTES DE ENERGIA** são as reações químicas que levam à oxidação do Carbono e do Hidrogênio, com a conseqüente formação de CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O, que são eliminados.

**CALOR** — É a forma de energia ou trabalho medido em Joules. Em caloria (Cal) se expressa toda a energia produzida ou oferecida ao organismo.

**CALORIA** — É a quantidade de calor capaz de elevar de 14,5°C para 15,5°C a temperatura da massa de 1 g de água, a 1 atmosfera. Quilocaloria (KCal) é o calor para 1 kg de água.

1 Cal equivale a 4, 1855 Joules. São as seguintes as calorías produzidas pela combustão das substâncias orgânicas:

1 g de glicídeo produz aproximadamente 4 KCal

1 g de protídeo produz aproximadamente 4 KCal

1 g de lípídeo produz aproximadamente 9 KCal

A seqüência na obtenção de energia pelo organismo é, primeiro, através da queima dos glicídeos, em segundo lugar dos aminoácidos (oriundos da degradação das proteínas ingeridas) e em terceiro lugar dos lípídeos que, apesar de gerarem mais energia, não são os favoritos, pois deixam um resíduo tóxico, os corpos cetônicos, obrigando o fígado a trabalho de detoxicação.

**GLICOGÊNESE** — É a síntese do glicogênio que, por sua vez, é o encaqueamento de 30.000 ou mais moléculas de glicose e se processa no fígado.

Quando o organismo registra necessidade adicional de glicose, a molécula de glicogênio é cindida; no músculo o armazenamento obedece a pontos estratégicos.

Fig. n.º 1

Foto copiada do livro **HISTOLOGIA** de A. W. HAM



Fig. 2013. Micrografia eletrônica de um citoma de músculo de língua de rato apresentando mitocôndria e o sistema respiratório delimitado por membranas de cristais. Escala: 1 µm. (Foto de A. W. Ham e Atlas de Histologia de A. W. Ham)

O trabalho consome o glicogênio do estoque muscular e a reposição é feita mediante recurso ao depósito central: o fígado. Este, que não tem necessidades imediatas de reposição, cede seu glicogênio ao músculo e aguarda o suprimento dietético. Importante é saber que a produção e o suprimento dos estoques levam cerca de 24 horas. Aqui vai a informação prática: é fundamental uma dieta adequada nas 24 hs que antecedem a competição, sem o que o atleta não terá seus estoques de glicogênio completados.

**GLICONEOGENESE** — É a produção de glicose, no fígado, a partir de precursores não glicídicos. Os aminoácidos (substâncias que compõem as proteínas) constituem a matéria-prima mais importante para a gliconeogênese. O glicerol (gorduras) também é fonte, embora discreta, de carboidratos.

Como vimos, o carboidrato alimentar é a principal fonte de glicogênio: se há privação glicídica, a quantidade de glicogênio derivada dos aminoácidos aumenta e, no jejum absoluto, praticamente todo ele resulta destas substâncias.

**MIOGLOBINA** — Pigmento presente dentro das células musculares vermelhas e cardíacas em até 1%. Possui um só átomo de ferro (Fe protoporfirina X), ao qual o oxigênio se liga diretamente. Tem peso molecular em torno de 18.000, o que representa 1/4 da hemoglobina. Retiradas as hemácias do músculo é a responsável pela coloração vermelha destes. É a mioglobina que, dentro da célula, recebe e fixa o oxigênio transportado pela hemoglobina da hemácia, trazido do pulmão até ali, via corrente sanguínea.

Sabe-se que o exercício tende a aumentar o percentual de mioglobina celular. Claro que há limites inexpugnáveis, ditados por mecanismos até agora desconhecidos.

**ADENOSINA TRIFOSFATO (ATP)** — Os compostos fosforilados são divididos em fosfatos de baixa energia, principalmente ésteres do ácido fosfórico com grupos alcoólicos, que liberam de 2.000 a 4.000 Cal por mol. Os fosfatos de alta energia, com grupos guanidina enólico e carboxila e 2 ácidos fosfóricos, possuem uma energia livre de hidrólise de 7.000 a 13.000 Cal por mol. A Adenosina Monofosfato (AMP) é o precursor do ADP e ATP (di e trifosfato de adenosina) e contém um laço de baixa energia. Os di e trifosfatos contêm respectivamente 1 e 2 ligações de alta energia.

O ATP é um composto bastante instável, por isso mesmo só se encontra nos tecidos em pequenas quantidades

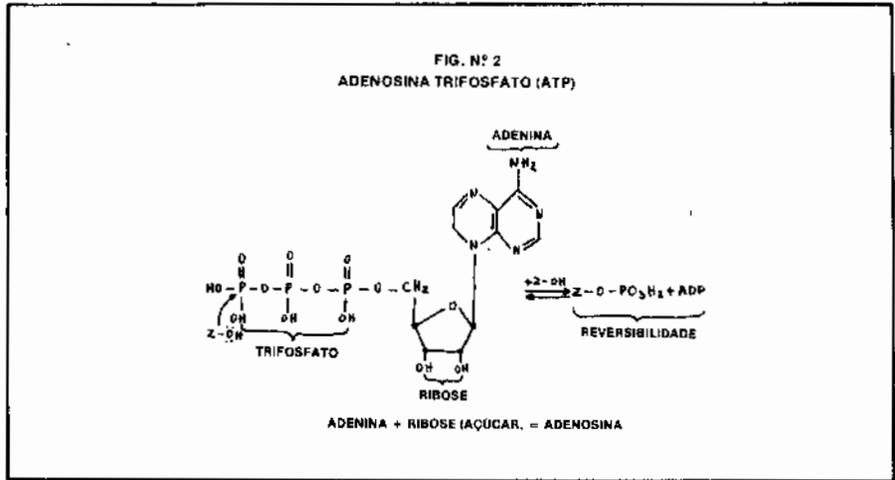
e pouco se presta à estocagem. Tal função, especialmente no músculo e no fígado é legada à Fosfocreatina.

Quando um composto orgânico é catabolizado do seu nível inicial a um inferior de energia, o fosfato inorgânico (Pi) é elevado ao nível de fosfato de alta energia, conservando uma parte da energia liberada no decurso da degradação. Com a ajuda de uma enzima (Quinase), este grupo fosfato de alta energia é transferido para o ADP, formando-se o ATP. Se se destinar ao armazenamento, esse grupo fosfato é

novamente transferido, desta vez do ATP para a Creatina, resultando a Fosfocreatina. Caso haja necessidade de mobilização das reservas, a Fosfocreatina devolve o fosfato para o ADP, regenerando-se o ATP.

Englehardt e Lyubimowa foram os primeiros a demonstrar a capacidade da miosina de catalisar a hidrólise do ATP (1939) e com isso despertaram a atenção dos demais pesquisadores.

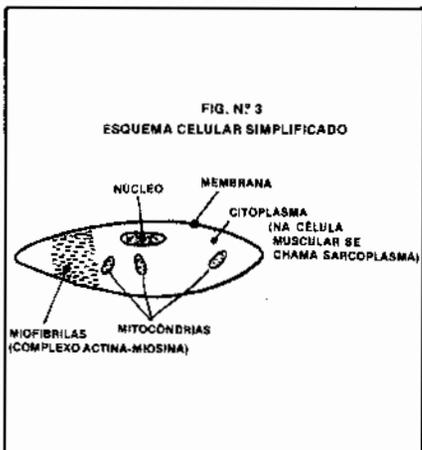
FIG. Nº 2 (ADENOSINA TRIFOSFATO — ATP)



**FOSFOCREATINA** — É a Creatina + Fosfato de alta energia cedido pelo ATP. Em síntese, é o armazenador intracelular de energia, especialmente nos músculos. Em condições fisiológicas de pH, temperatura etc., libera espontaneamente sua ligação rica em energia, transformando-se em CREATININA, que por sua vez é totalmente excretada na urina, em quantidades independentes da dieta, já que o organismo não a utiliza para nada.

Convém que recordemos o esquema celular:

FIG. Nº 3 (ESQUEMA CELULAR SIMPLIFICADO)



As **MITOCÔNDRIAS** aparecem ao microscópio comum como delicados bastonetes, filamentos ou grânulos que estão presentes no citoplasma de todas as células animais. São organelas da maior importância na respiração celular, pois proporcionam energia para muitos processos metabólicos. Podemos considerá-las as casas-de-força da célula ou usinas de ATP.

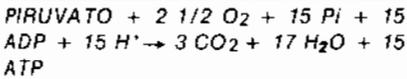
Ao microscópio eletrônico mostram formas cilíndricas na maioria das vezes e possuem duas membranas envoltoras, a interna projetada dobras para o interior como se fossem prateleiras (*crístae mitochondriales*). O interior da mitocôndria é preenchido por um fluido, mais denso que o citoplasma, onde está armazenada a maioria das enzimas do ciclo de Krebs. As enzimas respiratórias (flavo-proteínas e citocromos) e as enzimas fosforilantes estão ligadas às membranas mitocondriais. Observe as mitocôndrias à microscopia eletrônica nas fig. 1 e 5.

Fig. Nº 4 (Esquemas tridimensionais da mitocôndria) Foto copiada do livro *Histologia*, de A. W. Ham  
Fig. Nº 5 (Micrografia eletrônica da mitocôndria) Foto copiada do livro *Histologia*, de A. W. Ham

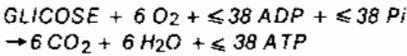
**RESPIRAÇÃO CELULAR** — É uma propriedade básica do citoplasma,



Cada molécula de Piruvato oxidada fornece 15 ATP; como 1 de glicose dá 2 de Piruvato, a fase aeróbia produz 30 ATP.



Portanto, a queima total de uma molécula de glicose fornecerá 38 ATP. Quando a glicose provém do glicogênio resultam 39 ATP.



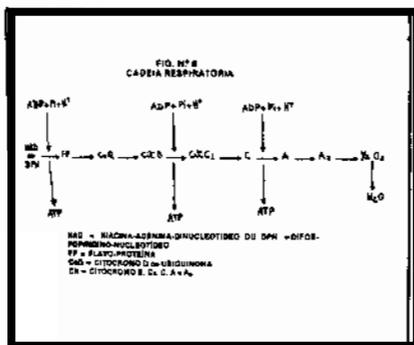
### SISTEMA TRANSPORTADOR DE ELÉTRONS OU ENZIMAS RESPIRATÓRIAS OU CADEIA RESPIRATÓRIA

Os transportadores respiratórios constituem um sistema altamente organizado de proteínas que contém o grupamento ferro (citocromos) e diversos componentes de baixo peso molecular (flavina, ubiquinona, nucleotídeos pirimidínicos). Estão depositados nas membranas mitocondriais e servem para conduzir elétrons resultantes da oxidação dos metabolitos energéticos e canalizá-los por uma queda de potencial até o oxigênio, formando água (H<sub>2</sub>O). Imagine várias pessoas lado a lado passando um par de tijolos da primeira à última.

A reação completa se chama FOSFORILAÇÃO OXIDATIVA. Durante o processo, 3 ATP são sintetizados, a partir de ADP + Pi existentes no meio.

Os elétrons de hidrogênio resultantes do ciclo de Krebs são captados pela Niacina-adenina-dinucleotídeo (NAD), que os cede à Flavo-proteína (FP), nesta passagem forma-se o 1º ATP; a FP passa os elétrons ao Citocromo Q ou Ubiquinona (CoQ), este ao B, o B ao C — formação do 2º ATP; o Citocromo C<sub>1</sub> passa-os ao C, o C ao A — formação do 3º ATP; o A cede-os ao A<sub>3</sub> e este é quem transfere o par eletrônico para o oxigênio, formando-se H<sub>2</sub>O.

FIG. N.º 8 (CADEIA RESPIRATÓRIA)



Volte à fig. 7 e veja que na passagem do Succinato a Fumarato o par de elétrons é captado pela Flavina-adenina-dinucleotídeo (FP), do que resultarão só 2 ATP, já que o primeiro seria entre a NAD e FP. Portanto, existe mais de uma entrada no sistema transportador.

Os átomos de Hidrogênio dos substratos (Krebs) se dissociam em íons e elétrons: aqueles passam à solução e estes percorrem a cadeia respiratória, sendo cedidos ao oxigênio.

Como curiosidade, o monóxido de carbono (CO) e o cianeto (CN<sup>-</sup>), gás inalado pelos condenados à câmara de gás, bloqueiam a passagem dos elétrons do Citocromo A para o A<sub>3</sub>, levando a uma asfixia celular.

Sigamos esquematicamente uma molécula de glicose:  
INGESTÃO → ABSORÇÃO INTESTINAL → FIGADO ( síntese de Glicogênio ou livre no sangue + Insulina) → CÉLULA MUSCULAR → CITOPLASMA (Glicólise) MITOCÔNDRIA (Oxigênio, Ciclo de Krebs) → 38 ATP → FOSFOCREATINA.

Convém salientar que o Fósforo (Pirofosfato inorgânico) utilizado pela célula para a síntese dos compostos fosforilados entra no organismo sob a forma de Fosfato Orgânico. Segue uma pequena relação dos alimentos onde esse composto se encontra em maior quantidade:

Carne verde	— pato, vaca
Carne-seca	— presunto
Visceras	— fígado, miolo
Mariscos	— ostra, caranguejo
Peixe seco	— sardinha
Gordura	— toucinho, salgado
Cereais	— germen de trigo, aveia, centeio
Leguminosas secas	— soja, feijão-preto, ervilha, fava
Amêndoas	— castanha-do-Pará, amendoim
Leite	— vaca

Ressalte-se também o papel das Vitaminas do Complexo B, pois participam da síntese ou da própria molécula de muitos compostos, especialmente os da Cadeia Respiratória, como NAD, FAD e Citocromos. Dai a conveniência da sua suplementação no atleta em treinamento.

Vale a pena pensar que, quando estamos trabalhando a capacidade anaeróbica de um atleta, entre outras coisas estaremos exercitando os sis-

temas de obtenção de energia por via glicolítica e principalmente desenvolvendo sua capacidade de armazenamento através da FOSFOCREATINA.

Claro que o processo anaeróbico não se realiza isoladamente do aeróbico como se faz didaticamente, o que nos leva a concluir que o treinamento promove na intimidade celular melhores taxas de Mioglobina, Fosfocreatina etc. e a tendência cada vez melhor do manuseio rápido e eficiente, para a obtenção de energia de uma gama de enzimas, as quais excluímos deste trabalho por não ser o seu propósito.

Não é difícil depreender que numa prova de 100m — visto o corredor praticamente não respirar e mesmo não haver tempo do oxigênio chegar a todas as células — o músculo lança mão da energia do ATP que está sendo formado por via Glicolítica, como do que está armazenado na Fosfocreatina e daqueles oriundos do Ciclo de Krebs, que estará concomitantemente se processando através do oxigênio estocado na Mioglobina.

### BIBLIOGRAFIA

CALVIN, Melvin & JORGENSON, Margaret J. *Bio — Organic Chemistry*. San Francisco, W. H. Freeman / c 1968 / 317 p

CANTAROW, Abraham & SCHEPAR-TZ, Bernard. 4. ed. *Biochemistry*. Philadelphia & London, W. B. Saunders / c 1967

HAM, Arthur W. *Histologia*. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan / c 1972 / 990 p

HENDRICKSON, James B. et alii. *Organic Chemistry*. New York, Mc Gran Hill / c 1970 / 1279 p

HOUSSAY, B. A. et alii. *Fisiologia Humana*. Buenos Aires, OPAS-OMS, El Ateneo / c 1973 / 1318 p

LARNER, Joseph. *Metabolismo intermediário e sua regulação*. Trad. Judith Kloetzel. São Paulo, Edgard Blucher, ed. Univ. São Paulo, 1974 / 251 p

LEHNINGER, Albert L. *Oxidative Phosphorilation in the Harvey Lectures*, Series XLIX, p 176-215.

LEHNINGER, Albert L. *Reserval of Various Types of Mitochondrial Swelling by Adenosine Triphosphate*. The Journal of Biological Chemistry. Vol. 234. n.º 9 p 2. 465-2, 471; setembro, 1959

MAHLER, Henry R. & CORDES, Eugene H. *Biological Chemistry*. 2. ed. New York, Haepfer & Row / c 1971 / 1009 p