

## CAPÍTULO II

### REVISÃO DA LITERATURA

#### 2. Sistema Imunitário

##### 2.1.1. Organização do sistema imunitário

O Sistema Imunitário opera em todo o nosso organismo. É constituído por células – os linfócitos B e T, plasmócitos e neutrófilos, que estão organizados em estruturas específicas: tecido linfoide central, constituído pela medula óssea (A) e timo (B); tecido linfoide periférico, constituído pelos gânglios linfáticos (C), baço (D) e tecido linfoide associado às mucosas (MALT) (E) (fig. I, 1) (Chapel et al., 1999).

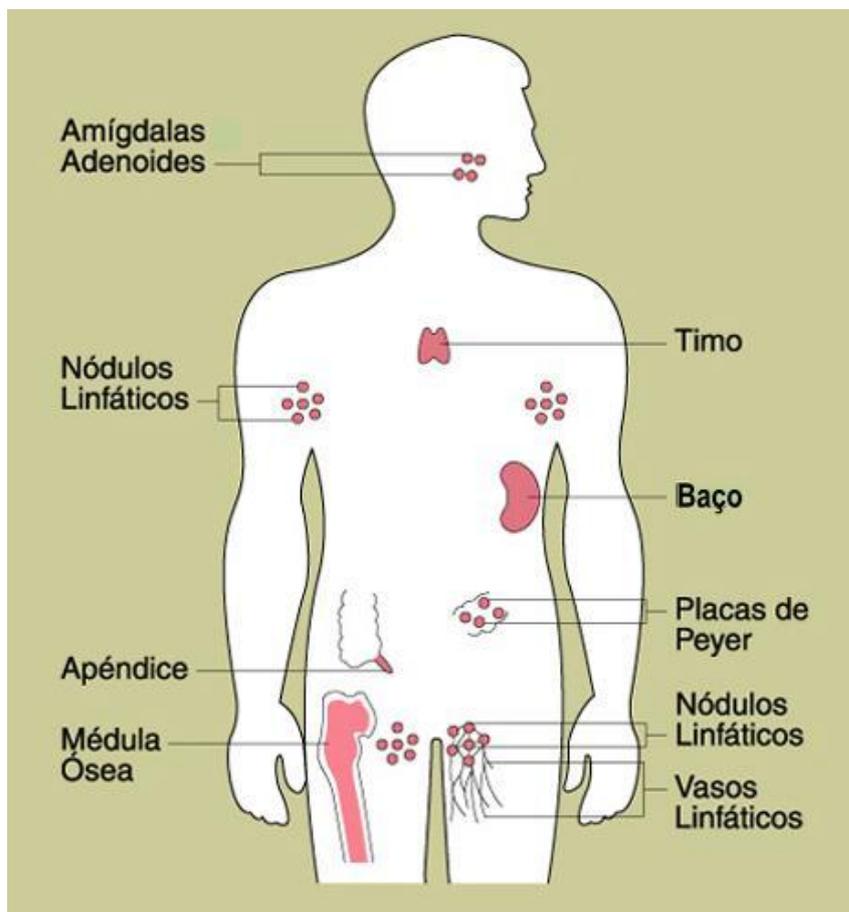


Figura II.1; adaptado por: <http://press2.nci.nih.gov/sciencebehind/immunesp/immunesp05.htm>

A) Medula óssea – todas as células do sistema imune derivam das células estaminais (“stem cells”) da medula óssea que são células pluripotentes, que se podem diferenciar em diversos tipos de classes. Alguns, os linfócitos B e os neutrófilos, amadurecem na medula óssea e só posteriormente migram, os primeiros para os gânglios linfáticos e os segundos para a circulação; outros, os linfócitos T migram, através da circulação, para o timo e aí amadurecem.

B) Timo – é uma glândula localizada na região antero-superior do mediostino, na qual os linfócitos T sofrem um processo de maturação.

C) Gânglios linfáticos – são pequenas estruturas dispostas ao longo do sistema linfático e que, em determinados locais, se apresentam agregados – pescoço, axilas, regiões inguinais e para-aórticas.

Os gânglios têm duas funções: fagocitose de microorganismos, efectuada pelas células fagocíticas (macrófagos); apresentação dos antígenos às células do sistema imune.

D) Baço – é uma estrutura localizada no quadrante superior esquerdo do abdómen, formada pelas polpas branca e vermelha. A polpa branca é formada por agregados de tecido linfoide, células B e T, responsáveis pela função imunológica do baço. A polpa vermelha é formada por um complexo sistema de vasos que actuam como filtro, removendo da circulação todas as células velhas ou lesadas.

E) Tecido linfoide associado à mucosa (MALT)

Além dos locais referidos, o tecido linfoide está localizado também nos tractos gastrointestinal, respiratório e urinário e é formado por agregados de células B e T.

### 2.1.1.1. Células do sistema imune

Os linfócitos que se originam nas células estaminais hematopieticas da medula óssea, dividem-se em duas classes: linfócitos – B (= bone marrow processed) e T (= thymus processed).

- Os linfócitos T migram da medula óssea para o timo, onde amadurecem; posteriormente deixam o timo, circulam no sangue periférico e vão para os gânglios linfáticos e baço. Eles são o componente principal do sistema imune.

Há três tipos de linfócitos T:

1- Os “Helper” que têm actividade citotóxica em determinadas células, por ex. células infectadas com vírus ou células anormais; são também responsáveis por gerar sinais que obrigam os linfócitos B a produzirem anticorpos contra determinados antigénios.

2- Os “Supressor” que estão encarregados de suprimir (desregular) as respostas imunes.

3- Os NK (“Natural Killer Cells”) que matam as células às quais não foram previamente expostos. Têm um papel muito importante na eliminação de células malignas e virusais.

- Os linfócitos B amadurecem na medula óssea e sintetizam imunoglobulinas. Posteriormente, migram da medula óssea para os gânglios e baço.

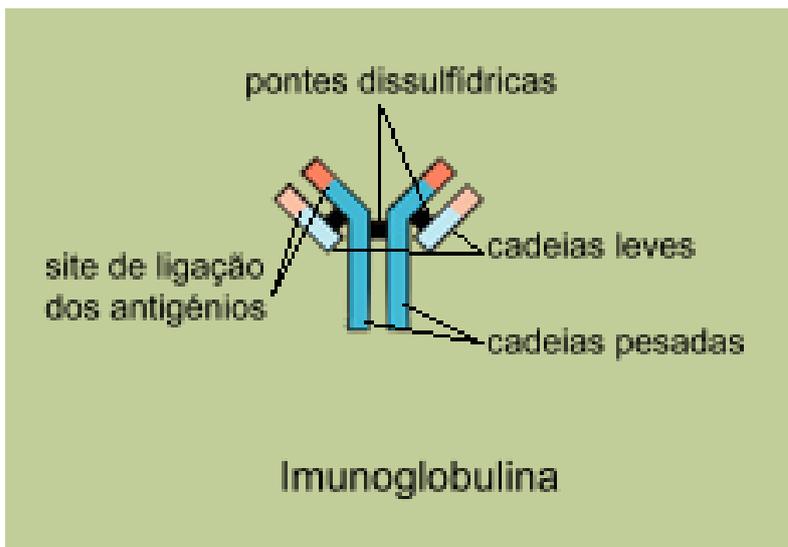
Outras células do sistema imune

1- Plasmócitos – são células no estágio terminal de diferenciação dos linfócitos B e são o maior sítio de produção de imunoglobulinas. Não se encontram habitualmente no sangue periférico, apenas no tecido linfoide.

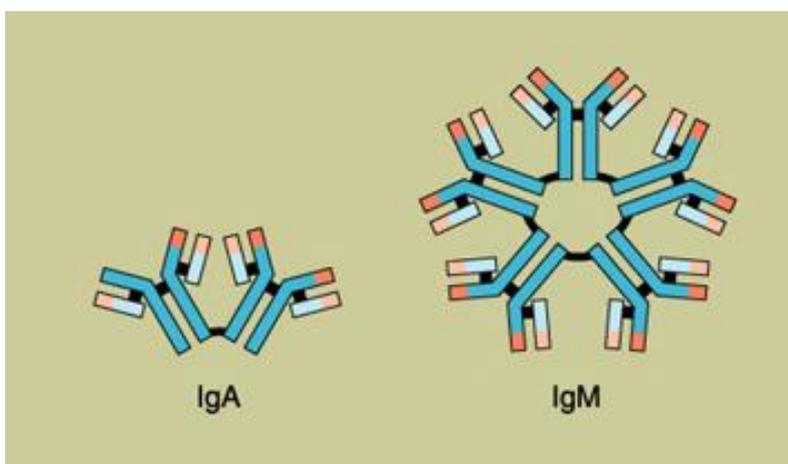
2- Neutrófilos e Monócitos – são glóbulos brancos produzidos na medula óssea onde amadurecem e de onde saem para a circulação, para entrar nos tecidos; aí, na presença de bactérias ou outros microorganismos exercem a sua função de fagocitose (Hoffbrand et al, 2001).

### 2.1.1.2 Imunoglobulinas

As imunoglobulinas são produzidas pelos linfócitos B existindo sob duas formas: aderentes á membrana do linfócito ou segregadas para a circulação. A molécula de imunoglobulina (fig. II,2) é formada por 4 cadeias polipeptídicas, sendo duas cadeias leves (L) e duas cadeias pesadas (H). Quer umas, quer outras estão unidas por pontes dissulfídicas (S-S).



**Figura II.2;** Estrutura básica de uma molécula de imunoglobulina. Cada molécula é formada por duas cadeias leves (K ou  $\lambda$ ) e duas cadeias pesadas; cada cadeia tem uma parte variável (v) e uma parte constante (c); as partes variáveis incluem o site de ligação dos antígenos. A cadeia pesada ( $\mu$ ,  $\delta$ ,  $\gamma$ ,  $\epsilon$  ou  $\alpha$ ) variam segundo a classe de imunoglobulinas.



**Figura II.3;** Imunoglobulina A e imunogloblina M

Há cinco classes de imunoglobulinas: IgM, IgG, IgA, IgD e IgE.

As moléculas de IgM são pentâmeros; as de IgA secretora (saliva são dímeros) (fig. II.3); e as de IgA e IgG séricas são monómeros.

Há dois tipos de cadeias leves: Kapa (k) e lambda ( $\lambda$ ), que são comuns a todas as classes de imunoglobulinas. Em cada imunoglobulina as duas cadeias leves são do mesmo tipo e idênticas (ou 2K ou 2 $\lambda$ ). As cadeias K ocorrem em cerca de 65% e as  $\lambda$  em cerca de 35% das imunoglobulinas em cada classe; por outro lado, cada classe de imunoglobulinas tem cadeias pesadas específicas: cadeias  $\gamma$  para a IgG,  $\mu$  para a IgM,  $\lambda$  para a IgA,  $\zeta$  para a IgD e  $\epsilon$  para a IgE.

As cadeias pesadas também determinam as subclasses das imunoglobulinas: a IgG, a mais comum das imunoglobulinas, tem quatro subclasses: Ig G1 – Ig G4, com cadeias pesadas  $\gamma_1$  –  $\gamma_4$ ; a IgA tem duas subclasses: Ig A1 e Ig A2, com cadeias pesadas  $\lambda_1$  e  $\lambda_2$ . A IgA2 é a subclasse que predomina nas secreções, também referida como “mucosal antiseptic paint” e neutraliza os antígenos que entram através das mucosas.

A IgA1, predominante no soro, é sensível às proteases bacteriana e por isso menos eficaz nas defesas; o seu papel é ainda incerto.

As cadeias leves e pesadas têm uma parte variável, em que a sequência de aminoácidos pode variar de cadeia para cadeia; e uma parte constante, em que a sequência de aminoácidos não difere de cadeia para cadeia. Os antígenos vão-se ligar à parte variável das cadeias pesada e da leve (Leicester, 2004).

### **2.1.1.3. Alvos a atingir – microorganismos**

O principal papel das imunoglobulinas consiste na defesa do organismo contra microorganismos estranhos. Estes podem ser:

Bactérias – organismo unicelular, que apresenta uma parede celular e membrana plasmática; não tem membrana intracelular. Podem danificar tecidos no local da sua replicação. Podem libertar toxinas para o sangue e interromper funções fisiológicas noutras partes do corpo.

Vírus – são essencialmente ácidos nucleicos rodeados por uma membrana proteica. Não se conseguem multiplicar por não terem o mecanismo necessário para a síntese de proteínas, ao contrário das bactérias. Há três tipos de vírus: os que matam a célula, multiplicando-se rapidamente e movendo-se para outra; os que ficam

adormecidos na célula e em determinada altura entram em actividade; e os que transformam a célula anfitriã em célula cancerígena.

Mucos, pêlos, ácidos do estômago, lágrimas, glândulas da pele são a primeira linha de defesa mecânica que o corpo humano tem contra os micróbios (Chapel et al., 1999).

#### **2.1.1.4. Resposta imune**

Uma das características do sistema imune é a sua capacidade para produzir respostas altamente específicas.

Na resposta imune os linfócitos T (“Helper”) aos terem contacto com um antígeno, interagem com os linfócitos B, obrigando-os a sintetizar imunoglobulinas, as quais vão reconhecer os antígenos e actuar como anticorpos.

Alguns linfócitos B são independentes dos linfócitos T (“Helper”), podendo sintetizar uma classe de imunoglobulinas IgM, como primeira resposta à exposição a antígenos; subsequentemente sintetizam IgG, que se mantêm por maior período de tempo (Hoffbrand et al., 2004).

#### **2.1.1.5 Resposta inflamatória**

A sequência de eventos da resposta do sistema imunitário não específico à inflamação local por bactérias é a seguinte:

1. A entrada da bactéria nos tecidos vai provocar uma lesão e libertação de químicos, que iniciam os eventos subsequentes.
2. Vasodilatação da microcirculação da zona infectada, originando aumento da circulação de sangue.
3. Grande aumento da permeabilidade às proteínas nos capilares e nas veias da zona infectada, que vai resultar na difusão de proteínas e filtração de fluidos para o fluido intersticial.
4. Quimotaxia – movimentação dos leucócitos para o fluido intersticial da zona infectada

5. Destruição da bactéria no tecido quer por fagocitose ou quer por outros mecanismos.
6. Reparação do tecido (Teixeira, 200).

## **2.2. Sistema Imunitário e Exercício Físico**

### **2.2.1. Imunidade nos atletas**

Tem vindo a tornar-se claro que o sistema imunitário nos atletas responde ao aumento da actividade física, podendo-se dar algum crédito à eventual contribuição do exercício na diminuição das doenças. Em contraste, está provado que o exercício intenso provoca imunodepressão.

O sistema imunitário é estimulado com o exercício físico moderado e intenso. O exercício provoca uma mobilização de leucócitos no sangue, devido ao aumento das catecolaminas e cortisol. Os linfócitos NK são os que reagem com mais intensidade, podendo aumentar até cinco vezes, após o exercício físico. A maioria destas alterações normaliza em 24h. No que se refere ao sistema imunitário humoral, os valores das imunoglobulinas podem variar antes do exercício e até 72h após.

Com o exercício físico intenso e de longa duração ocorre imunodepressão devido à supressão dos linfócitos T, “Helper” e “Supressor”, linfócitos NK e IgA e IgM secretoras e à diminuição do número de leucócitos (neutrófilos e monócitos). Após o exercício físico intenso as células imunológicas podem ser observadas no tecido muscular e tem como função, a remoção do tecido destruído (Shepard 1997).

Pensa-se que, nos atletas de alta competição, o efeito de “overtraining” pode dever-se ao efeito de “janela aberta”. Segundo Mackinnon (1997) este efeito baseia-se no princípio de que, após exercício intenso, o atleta está mais susceptível a contrair infecções. É durante este período de imunodepressão, referido como “janela aberta”, que os microorganismos têm mais probabilidade de invadir o organismo e provocar infecções.

A imunodepressão acentuada pode ocorrer em atletas que não deixem o seu sistema imunitário recuperar, iniciando novo exercício enquanto estão ainda em imunodepressão. Os neutrófilos serão, nesta situação, a sua última linha de defesa. Havendo a remoção de todo este sistema de defesas, devido a actividade física intensa,

poderão ocorrer infecções do tracto respiratório superior (ITRS). Estudos epidemiológicos suportam a relação, segundo o modelo da curva em “J”, entre o risco de ITRS e o exercício físico nos atletas.

O modelo da curva em “J” sugere que a incidência das infecções respiratórias é menor em sujeitos que realizam exercício moderado e maior naqueles em que a intensidade do exercício físico é maior e nos sedentários. No entanto, os sedentários têm um menor risco de contrair ITRS do que os que praticam exercício de intensidade elevada (Nieman, 1994; Dowling, 2004).

### **2.2.2. Modelo Neuroendócrino**

O modelo neuroendócrino tenta explicar a resposta imunitária perante diferentes intensidades de treino, isto é, propõe uma explicação fisiológica para a relação entre carga de treino e incidência das ITRS. Durante o exercício são libertadas hormonas imunomodadoras que interagem entre si, para exercer quer a imunoestimulação quer a imunossupressão, dependendo da intensidade do exercício. O exercício moderado desencadeia a libertação de hormonas imunoestimuladoras (hormona de crescimento, prolactina, endorfinas e citoquinas estimuladoras). Quando o exercício ultrapassa o ponto crítico, o ramo imunossupressivo do eixo hipotalâmico-pituitário é activado com, a libertação de hormonas imunossupressoras (catecolaminas, cortisol e ACTH) (Smith & Weilemann; 1990).

### 2.3. Imunoglobulina A e Exercício Físico

É hoje bem conhecida a correlação entre o exercício, imunodepressão e infecções em atletas de elite, havendo vários estudos, nem todos conclusivos.

O treino intenso está associado a redução dos níveis de IgA salivar como consequente aumento do risco de infecção, sendo as ITRS as mais frequentes. A diminuição da sIgA está correlacionada com a condição física do indivíduo e com o grau de intensidade e duração do exercício (Glesson, 2000; Pyne et al., 2000).

Os níveis da IgA salivar ao longo de uma época de treino podem prever quais os atletas que podem estar em risco de contrair uma infecção. O estudo efectuado por Gleeson et al., compreendeu 26 nadadores de elite que treinavam na água 20-25h por semana e fora de água 5h por semana e um grupo de controlo de 12 indivíduos que faziam apenas exercício moderado e regular. O grupo de controlo foi exposto às mesmas condições ambientais, incluindo variações climáticas nas sessões de treino. Os resultados deste estudo mostraram que os níveis de IgA apresentavam uma relação inversa com o número de infecções em ambos os grupos (nadadores e de controlo); os níveis de IgA dos nadadores antes do treino eram 4.1%, mais baixos em cada mês adicional de treino e 5.8% mais altos após cada infecção, os níveis da IgA salivar não tinham um significado correlacional após cada infecção mas, eram 8.5% mais baixos após cada km. nadado durante a sessão de treino e 7.0% mais baixos após cada mês de treino. O número de infecções observadas nos atletas foi o previsto nos modelos de regressão, pelos valores da IgA salivar pré-época e pelos valores da média do pré-treino (Gleeson et al., 1999).

Novas et al., 2003 procuraram, um estudo efectuado com tenistas de elite, mostrar que a alta incidência de ITRS associada a treinos de maior duração, intensidade e nível competitivo. Durante os 12 meses em que as tenistas foram acompanhadas, constatou-se que a concentração e a taxa de secreção da sIgA do pré-treino esteve relacionada com a quantidade de treino que tinham efectuado no dia e semana anteriores. No entanto, a diminuição da sIgA 1h após treino intenso, também estava positivamente relacionada com a duração e a intensidade de treino do dia e da semana anterior. Apesar da indução pelo exercício da supressão da IgA salivar ser um factor de risco, este estudo não conseguiu prever ocorrências de ITRS neste grupo de atletas .

Apesar disso, não há estudos que comprovem que essa diminuição tenha um impacto significativo na performance em competição, visto os atletas recuperarem normalmente após 24h (Glesson, 2000).

Um outro estudo efectuado por Pyne et al., 2000 incidiu sobre 41 nadadores pertencentes á equipa Australiana de Natação. Estes atletas foram monitorizados durante a preparação para os jogos da Commonwealth por 5 meses, tendo nadado cerca de 700km (35-55km por semana, para velocistas e fundistas) em todo o tempo do estudo. 17 dias antes da competição os atletas foram categorizados como “doentes” e “saudáveis”. Verificou-se não haver diferenças significativas nas concentrações salivares de IgA, IgM e IgG durante os meses de monitorização; não haver relação de significado positivo entre a IgM e a performance dos nadadores; não haver diferenças na performance entre os nadadores “doentes e os “saudáveis”. Os nadadores medalhados (1º lugar) apresentavam os níveis de IgM e IgG mais elevados. Estes dados mostraram que, os nadadores de elite numa época de treino não alteraram as concentrações da imunoglobulina salivar e que a presença de ITRS não teve impacto significativo na performance de competição.

A não concordância nos vários estudos efectuados; talvez seja devido ao método utilizado para exprimir os resultados da IgA. Alguns estudos utilizaram apenas a concentração da IgA salivar, não tendo em consideração o facto de que o exercício físico diminui a quantidade de água na boca, enquanto que outros usaram apenas a taxa de secreção da IgA.

Num estudo efectuado por Fahlman e colaboradores, 2001 o teste de Wingate foi repetido três vezes, com um intervalo de 10min., em atletas do sexo feminino; verificou-se que os valores da sIgA diminuam acentuadamente logo após o exercício físico intenso. Apesar disso, esta diminuição da sIgA não estava associada a sintomas clínicos de ITRS nas semanas seguintes ao teste.

Nehlsen-Cannarella et al., 2003, monitorizaram as imunoglobulinas salivares (sIgA, sIgM e sIgG) e ITRS em 20 atletas remadoras e 19 não atletas. As concentrações da sIgA pré-exercício eram 77% mais altas comparadas com as dos não atletas. Quer no total dos 39 individuos quer nos 20 atletas, não houve correlação significativa entre sintomas de ITRS e pré-exercício, nem alterações entre a concentração da imunoglobulina salivar, nem a sua taxa de secreção. Neste estudo, houve um aumento da concentração da sIgA nas atletas remadoras comparado com a das não atletas;

não houve uma associação entre a concentração de imunoglobulina salivar e ITRS (14).

A diminuição da eficácia do sistema imunitário em pessoas de idade avançada induz a diminuição da resistência a microorganismos patogénicos. Assim, as ITRS tornam-se uma doença comum nessa idade. Nos estudos efectuados por Akimoto et al., 2003, 40 pessoas de idade avançada (64.9 anos  $\pm$  8.4anos) foram sujeitas a 60min. de exercício de resistência e 60min. de treino moderado de “endurance” por semana, durante 12 meses. Foi efectuada a colheita da saliva antes do teste, após 4 meses e no final dos 12 meses. Verificou-se um aumento, estatisticamente significativo ( $p < 0.01$ ), da concentração e taxa de secreção da sIgA no pré-teste, 4 e 12 meses após teste. Concluiu-se que o exercício moderado aumenta a função da mucosa imune mesmo em pessoas com uma idade mais avançada.

Walsh e colaboradores, 2002, efectuaram um estudo para determinar os efeitos do exercício prolongado em condições de temperaturas baixas. 15 ciclistas masculinos foram sujeitos a um teste de 2h num cicloergómetro a uma temperatura de  $-6.4^{\circ}\text{C}$  e de  $19.8^{\circ}\text{C}$ . Verificou-se que as taxas de salivação e de secreção baixaram após o exercício. No entanto, a temperatura não teve influência nas taxa de salivação e de secreção da IgA salivar.

Quando comparadas as taxas de concentração de sIgA em atletas sujeitos a exercício moderado, em diferentes situações ambientais, temperaturas baixa e neutra, constatou-se que a taxa de salivação aumenta com o frio e diminui com temperatura neutra. 30min. após o teste houve um aumento da taxa de secreção salivar e uma diminuição da taxa de salivação. Não foram descobertas diferenças significativas nas concentrações da sIgA. Com estes dados concluiu-se que o exercício moderado em temperaturas baixas não faz diminuir a taxa de secreção da sIgA ao contrário do que acontece em temperaturas neutras (Mylona et al., 2002).

Com o objectivo de avaliar a variação dos níveis salivares de cortisol e de IgA com a altura do dia, em nadadores antes de um esforço submaximal, foi efectuado por Dimitriu e colaboradores, 2002, um estudo em 14 nadadores, com média de idade de 18 anos ( $\pm$  3.2 anos). Os nadadores realizaram duas tarefas, sendo primeira às 06.00h e a segunda às 18.00h, em dois dias separados. Observaram-se efeitos diferentes nas diferentes alturas do dia (manhã e tarde) na concentração, na taxa de secreção e na taxa de salivação da IgA. O protocolo não provocou alterações na concentração da IgA nem na taxa de secreção. Comparados os valores antes e pós exercício, houve um significado

estatístico no cortisol ( $p < 0.01$ ) e na taxa de salivação ( $p < 0.01$ ). Estes resultados sugerem uma variação circadiana nas variáveis medidas antes do exercício mas sem mostrarem um significado na resposta ao exercício.

Apesar de nem todos os estudos apresentados serem unânimes, os dados apresentados sugerem haver uma relação causal entre os níveis de IgA salivar, os vários tipos de exercício e ITRS.

## 2.4. Vias Energéticas

As fibras musculares contêm creatina fosfato (CP) suficiente para reciclar adenosina trifosfato (ATP) durante 10-15seg; no entanto apenas metade desta quantidade é usada rapidamente na conversão de adenosina fosfato (ADP) em ATP, antes da formação de ácido láctico que vai diminuir a velocidade deste processo (Maglisho, 2003).

As fibras musculares conseguem contrair no máximo até 4-5seg. devido ao armazenamento de CP existente no músculo. À medida que esse armazenamento vai diminuindo, a fonte de energia dos 5seg ate aos 20-30seg. vai ser o glicogénio muscular. Após os 20seg. a contribuição de CP torna-se nula.

Para que haja movimento é necessário que os músculos se contraíam; isto só é possível se ocorrerem duas condições básicas: o sistema nervoso central fornecer o impulso nervoso necessário e se os músculos dispuserem de energia. Os músculos transformam a energia química que lhes é fornecida, em energia mecânica.

O ATP (ácido adenosico trifosfórico) existente no interior das fibras musculares, ao cindir-se em ADP (ácido adenosico difosfórico) + P (fósforo) liberta energia; esta constitui uma fonte directa de energia utilizável na contracção muscular.

Sempre que o músculo dispõe de ATP pode-se contrair, no entanto esta reserva de ATP no músculo é muito limitada, havendo necessidade de assegurar a sua ressíntese.

Esta ressíntese é efectuada a partir de combustões entre alimentos (combustível) e oxigénio (carburante):

- Alimentos – através de duas vias:
  - Hidratos de carbono (açúcares) → glicose+ oxigénio → energia;
  - Lípidos (gorduras) → ácidos gordos + oxigénio ácidos gordos energia.
- Oxigénio – é retirado do ar atmosférico pelos pulmões e transportado até às fibras musculares pela corrente sanguínea; aqui reage com a glicose, originando uma combustão da qual se liberta energia, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e água (H<sub>2</sub>O).

O nosso organismo pode produzir trabalho com oxigénio (trabalho aeróbio) e sem oxigénio (trabalho anaeróbio).

Existem três tipos de processos energéticos para a contracção muscular – anaeróbio aláctico, anaeróbio láctico e aeróbio.

**Anaeróbio aláctico** – Para além do ATP, a célula muscular armazena creatina fosfato (CP), que têm como função a regeneração do ATP, permitindo a continuidade da contracção muscular. Este processo de produção de energia é o mais potente de todos os três; contudo esgota-se rapidamente e só poderá ser utilizado em cerca de 4 a 10 segundos – até aos 4 segundos esgota-se o ATP pré-existente e dos 4 aos 10 segundos utiliza-se o ATP regenerado pela CP. Este sistema energético é utilizado em exercícios de curta duração e de intensidades máximas (98% a 100%). Esta fonte energética é denominada de anaeróbia, porque não utiliza oxigénio e aláctica porque não produz ácido láctico.

**Anaeróbio láctico** – Além das reservas de ATP e CP as células musculares contêm também reservas de glicogénio. Este glicogénio é usado para a ressíntese das reservas de ATP e CP. Este sistema energético é usado em exercícios próximos da intensidade máxima (90 a 98%) e com uma duração de 2 a 3 minutos. Este processo energético é denominado por anaeróbio, porque não utiliza oxigénio e láctico porque existe uma produção de ácido láctico que é um factor limitativo da continuidade do trabalho muscular.

**Aeróbio** – este processo de produção de energia utiliza, como substrato energético, glúcidos (glicose) e lípidos, que na presença de oxigénio se transformam em ácido pirúvico; por reacções químicas sucessivas vai ocorrer a produção de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e água (H<sub>2</sub>O), e de grandes quantidades de ATP. Este sistema energético é utilizado em exercícios submáximos (60 a 70%) e de longa duração e é inesgotável, podendo ser utilizado sempre que exista oxigénio e alimentos passíveis de oxidação. (Maglisho, 2003)

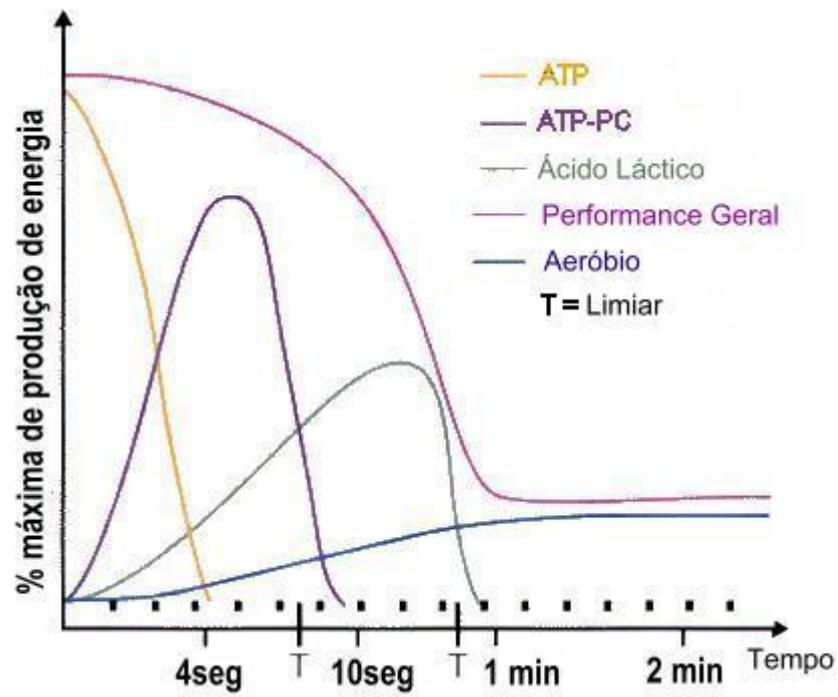


Figura II.4; velocidade de produção de energia

## 2.5. Teste de Wingate

O teste de Wingate foi desenvolvido pelo Departamento de Pesquisa e Medicina do Desporto no Instituto Wingate para Desporto e Educação Física em Israel. É um teste supramaximal, anaeróbio; é um teste de potência láctico e aláctico, que nos dá valores de potências mínima, máxima e média e índice de fadiga. É um teste simples, feito num cicloergómetro e usado em muitos laboratórios de todo o mundo.

A potência máxima é atingida logo nos primeiros 3 – 5 seg., a potencia média é a média da potência ao longo dos 30seg do teste e o índice de fadiga é o grau de diminuição da potência durante o teste.

Apesar de existirem outros testes de potência anaeróbia e de o teste de Wingate não ser perfeito, este é o “teste mais testado” em todo o mundo. O teste é usado como uma tarefa reproduzível e estandardizada que ajuda a analisar a resposta fisiológica e cognitiva de um exercício supramaximal (21).

## 2.6. A percepção subjectiva de esforço – RPE (escala de Percepção de Esforço)

Com o aumento da intensidade do exercício ocorrem, nos atletas, alterações de ordem psicológica e da percepção.

De acordo com Borg (22) há três componentes no esforço; percepção, componente psicológica e performance. São estas as componentes que dão a informação do tipo de esforço.

A percepção de esforço é uma sensação de intensidade da tarefa. Esta capacidade de avaliar um esforço está altamente desenvolvida nos seres humanos, tendo um papel importante na preservação da saúde e na adaptação ao esforço.

A avaliação do custo de energia pode ser efectuada pelo uso de técnicas psicológicas; no entanto, é a percepção que um indivíduo tem do custo do exercício que determina se vai continuar ou parar e se é necessário aumentar ou diminuir o ritmo.

A escala de Borg foi originalmente desenvolvida para a percepção de esforço durante a reabilitação cardíaca. Inicialmente efectuava uma relação entre a percepção de esforço e a frequência cardíaca (RPE 6-20). A escala RPE (Rating of Perceived Exertion) relacionava o esforço percebido com o ritmo cardíaco. Consistia numa escala de 6 (nenhuma sensação) a 20 (esforço máximo).

Mais tarde foi introduzida, uma nova escala de 10 pontos, que se adequava melhor às sensações subjectivas da tarefa física. Esta escala é hoje conhecida por Cr. 10 de Borg (Category ratio scale) (23, 24).

**Tabela II.1** Escala Cr.10 de Borg.

0	NENHUMA
0,5	APENAS APRECIÁVEL
1,0	MUITO LIGEIRA
2,0	LIGEIRA
3,0	MODERADA
4,0	ALGO FORTE
5,0	FORTE
6,0	
7,0	MUITO FORTE

8,0	
9,0	
10	MÁXIMA