

EMERSON KUMER



MÉTODOS DE PRESCRIÇÃO DE EXERCÍCIO AERÓBICO

Monografia apresentada como requisito parcial para conclusão do Curso de Licenciatura Plena em Educação Física, do Departamento de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Paraná.

Turma W – Prof. Iverson Ladewig PhD.

CURITIBA

2005

EMERSON KUMER

MÉTODOS DE PRESCRIÇÃO DE EXERCÍCIO AERÓBICO

Monografia apresentada como requisito parcial para conclusão do Curso de Licenciatura Plena em Educação Física, do Departamento de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Paraná.

Prof. Orientador Dr. Raul Osiecki

**Se você conhece o inimigo e conhece a si mesmo,
não precisa temer o resultado de cem batalhas.
Se você possui autoconhecimento mas não conhece
o inimigo, para cada vitória sofrerá uma derrota.
Se você não conhece nem o inimigo nem a si mesmo,
perderá todas as batalhas....
Pois o mérito supremo consiste em quebrar a
resistência do inimigo sem lutar.
Sun Tzu (500 a . C.)**

AGRADECIMENTOS

A Deus por iluminar meus passos e deixar-me longe de pessoas de má índole.

A minha família Elza, Silviane, Fernandinha e Viviane Kumer pela compreensão, carinho, amor e atenção nas horas mais difíceis.

A minha mãe, Elza Salete Kumer, por toda a educação que me deu e por ter me ensinado a lutar até o último momento, e acreditar em tudo aquilo que desejo.

A Prof. Ms. Fernanda de Lacerda Gomara, minha namorada, pelo amor e por entender a importância desta profissão para mim.

Ao Prof. Dr. Raul Osiecki, meu mestre, meu amigo e o “norte” neste árduo caminho de construção do conhecimento científico.

Aos irmãos Anderson e Marcelo Takai Matsuzawa, que mais do que meus amigos tornaram-se meus irmãos. Bravos guerreiros samurais.

Ao Prof. Dr. Iverson Ladewig, pela organização e aplicação que da a disciplina de monografia, bem como ao desafio lançado no começo do semestre.

A Prof(a). Déborah Kramer pela atenção dispensada e por ter contribuído com este trabalho através de seus conhecimentos.

Ao Prof. Ms. André Mendes Capraro, pela amizade e por acreditar que este dia chegaria.

A Lance Armstrong, por servir como um referencial de garra, luta e sucesso.

Ao Prof. Dr. Oslei de Matos por despertar em mim a vontade de buscar mais e mais conhecimento científico.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	V
LISTA DE TABELAS.....	Vi
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	Vii
RESUMO.....	Viii
1 INTRODUÇÃO.....	01
1.1 PROBLEMA.....	02
1.2 JUSTIFICATIVA.....	02
1.3 OBJETIVOS.....	02
1.3.1 Objetivo Geral.....	02
1.3.2 Objetivos Específicos.....	02
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	04
2.1 MÚSCULO ESQUELÉTICO.....	04
2.1.1 Mecanismo da Contração Muscular.....	05
2.1.2 Fluxo Sanguíneo.....	07
2.2 SISTEMA RESPIRATÓRIO.....	07
2.3 SISTEMA CARDIOVASCULAR.....	09
2.3.1 Coração.....	10
2.3.2 Vasos Sanguíneos.....	11
2.3.3 Sangue.....	12
2.3.4 Alterações cardiovasculares.....	13
2.4 BIOENERGÉTICOS.....	14
2.4.1 Fontes de Energia.....	15
2.4.2 Metabolismo.....	15
2.4.2.1 Metabolismo dos Carboidratos.....	16
2.4.2.1.1 Catabolismo da Glicose.....	16
2.4.2.1.2 Anabolismo da Glicose.....	17
2.4.2.1.3 Gliconeogênese.....	18
2.4.2.1.4 Metabolismo dos Lipídios.....	18
2.4.2.1.5 Anabolismo dos Lipídios.....	18
2.4.2.2 Metabolismo das Proteínas.....	19
2.4.2.2.1 Catabolismo das Proteínas.....	20
2.4.2.2.2 Anabolismo das Proteínas.....	20
2.5 FISIOLOGIA DO ESPORTE E EXERCÍCIO.....	20
2.6 AVALIAÇÃO CARDIORRESPIRATÓRIA.....	21
2.6.1 Vantagens e desvantagens dos testes máximo e submáximos.....	24
2.6.2 Pressão arterial.....	27
2.7 MÉTODOS DE PRESCRIÇÃO DE EXERCÍCIO AERÓBICO.....	28
2.7.1 Frequência cardíaca.....	28
2.7.1.1 Frequência cardíaca de treinamento – FCT.....	28

2.7.1.2 Método de Karvonen – percentual da frequência cardíaca de reserva.....	29
2.7.2 Equivalente metabólico - MET.....	30
2.7.3 Percepção de esforço – Escala de Borg.....	31
2.7.4 VO ₂ máximo – (VO ₂ máx).....	33
2.7.5 VO ₂ de reserva.....	35
2.7.6 Limiar de Lactato.....	36
2.7.7 Limiar anaeróbico – LA.....	38
2.8 PROTOCOLOS DE PRESCRIÇÃO DE EXERCÍCIOS.....	40
2.8.1 Teste de esforço máximo em esteira.....	40
2.8.2 Protocolo de esteira de Balke.....	40
2.8.3 Protocolo de esteira de Bruce.....	41
2.8.4 Teste de esforço máximo em bicicleta ergométrica.....	42
2.8.5 Protocolo de teste máximo em bicicleta ergométrica de Astrand.....	43
2.8.6 Protocolo de teste máximo em bicicleta ergométrica de Fox.....	43
2.8.7 Teste de esforço máximo de step em banco.....	43
2.8.8 Protocolo de teste de step máximo de Nagle, Balke e Naughton.....	44
2.8.9 Protocolo de teste de esforço submáximo.....	44
2.8.10 Testes de esforço submáximo em esteira.....	44
2.8.11 Testes de estágio único de caminhada em esteira.....	45
2.8.12 Testes de estágio único de jogging em esteira.....	45
2.8.13 Testes de esforço submáximo em bicicleta ergométrica.....	46
2.8.14 Protocolo de teste de bicicleta ergométrica de estágio único de Fox.....	48
2.8.15 Testes de esforço submáximo de step em banco.....	49
2.8.16 Protocolos adicionais de testes de esforço submáximo.....	50
2.8.16.1 Protocolos de teste submáximo de subir escadas.....	50
2.8.16.2 Protocolos de teste submáximo de remo ergométrico.....	50
3 CONCLUSÃO.....	51
REFERÊNCIAS.....	52
ANEXOS.....	55

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1-	Redistribuição do fluxo sanguíneo durante repouso e sob diferentes intensidades de exercício.....	13
FIGURA 2-	Relação linear entre a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio.....	29
FIGURA 3-	Cargas de trabalho.....	39
FIGURA 4-	Nomograma para teste de esforço progressivo de Bruce.....	42
FIGURA 5-	Nomograma para seleção de carga de trabalho para teste de Astrand-Ryhming.....	48

LISTA DE TABELAS

TABELA 1-	Variações da resposta da frequência cardíaca com alterações ambientais – corrida 14 km/h.....	23
TABELA 2-	Variações diárias da frequência cardíaca.....	24
TABELA 3-	Estimativas de MET para cada estágio dos protocolos de esteira utilizados normalmente.....	31
TABELA 4-	Escala de esforço percebido por BORG.....	32
TABELA 5-	Equações generalizadas e de populações específicas para protocolos de esteira.....	41
TABELA 6-	Protocolos de testes submáximos em bicicleta ergométrica do ACSM.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SIGLA	DEFINIÇÃO
AcetilCoA	Acetil coenzima A
ADP	Difosfato de adenosina
ATP	Trifosfato de adenosina
Bpm	Batimentos por minuto
FC	Frequência cardíaca
FCrep	Frequência cardíaca de repouso
FCT	Frequência cardíaca de treinamento
$l \cdot \text{min}^{-1}$	Litros por minuto ⁻¹
ml	Militros
mph	Milhas por hora
O ₂	Oxigênio
pH	Potencial de hidrogenação

RESUMO

Atualmente é cada vez mais comum a prática de exercícios físicos, principalmente pelas mudanças de padrões e de atitudes diárias do homem. Houve uma fase que levou o homem americano a uma vida mais sedentária, e que esta começou a se reverter nos últimos tempos. Como o homem, fisiologicamente falando, não se adapta bem a esse estilo de vida inativo iniciaram-se estudos baseados no fato da atividade física ser vital para a saúde do corpo. E, nesse caso surgiram várias questões onde o tipo e a intensidade do exercício variam, dependendo das características de cada indivíduo, como sexo, idade, nível de condicionamento físico além de suas preocupações relacionadas à saúde. Sendo assim, sabe-se que o primeiro passo para a realização do exercício é a avaliação médica para em seguida se prescrever o exercício que será realizado. O presente trabalho faz uma abordagem dos diversos métodos de prescrição de exercício aeróbico, detalhando características essenciais de cada um. A prescrição envolve fatores como o tipo de exercício, a frequência da participação, a duração e a intensidade de cada período de exercício, bem como também ressalta que a correta prescrição tem como objetivo a melhora da capacidade aeróbia de indivíduos sedentários.

Palavras-chave: prescrição de exercício; VO_2 ; exercício aeróbico.

1 INTRODUÇÃO

Há dois mil anos, Hipócrates (460-377 a.C.), médico e atleta, já vinha defendendo a atividade física e a nutrição adequada como essenciais para a saúde. Porém, apenas em 1992 a medicina moderna reconheceu a importância da atividade física na saúde humana e o risco de doenças coronarianas, concentração de lipídeos hipertensão, entre outros problemas decorrentes da inatividade desta (GUYTON, 1998, p.55).

O ser humano foi projetado e construído para o movimento, no entanto, fisiologicamente falando, não nos adaptamos bem ao estilo de vida inativo. Nas décadas de 1970 e 1980, quando parecia ser uma explosão de condicionamento físico, menos de 10% dos americanos adultos se exercitavam em níveis que poderiam contribuir para seu condicionamento aeróbico. Diferente da década de 90 que será lembrada como os anos em que a medicina finalmente admitiu o fato da atividade física ser vital para a saúde do corpo (WILMORE; COSTILL, 2001, p.609).

Sabe-se que, dependendo das características de cada indivíduo, bem como idade, nível de condicionamento físico, até mesmo suas preocupações relacionadas com a saúde, apresentam grande influência no tipo e na intensidade de exercício mais adequado para cada indivíduo (HOLLMANN, 1989, p.75).

Atualmente, a atividade física na forma de esporte voltou a servir aos objetivos de qualidade, se não física pelo menos política, tal como nos primórdios do desenvolvimento da civilização humana. Não obstante, passou a ser considerada não só apenas uma forma de treinamento ou uma forma de divertimento, mas um coadjuvante para uma boa saúde (FERNANDES Fº, 2002, p.131).

Sendo assim, a presente pesquisa tem a proposta de apresentar os possíveis métodos de prescrição de exercícios físicos aeróbicos, prevendo o controle das intensidades individuais de trabalho físico e otimizando seus efeitos sobre os componentes da aptidão física.

1.1 PROBLEMA

Quais os meios e métodos que podem ser utilizados na prescrição de atividades aeróbicas, para a correta prescrição destas atividades e sua contribuição para o bom desempenho do indivíduo em atividades físicas.

1.2 JUSTIFICATIVA

A justificativa do tema de pesquisa sustenta-se no fato da importância de se condensar numa literatura os vários métodos existentes para que sejam mais bem aplicados e aproveitados na prescrição de atividades aeróbicas.

Sabendo-se atualmente do crescente número de pessoas que procuram atividades físicas, bem como as aeróbicas, e da grande importância destas para a saúde, torna-se cada vez mais interessante o estudo e aprofundamento desses métodos de prescrição de exercício para cada pessoa individualmente auxiliando numa melhor preservação da saúde.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

- Apresentar métodos de prescrição para exercícios aeróbicos, bem como sua utilização, efeitos e aplicabilidade nas atividades físicas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Apontar as características e efeitos dos exercícios aeróbicos;
- Destacar as interações metabólicas que ocorrem durante a execução de

exercícios de caráter aeróbico;

- Evidenciar os métodos de avaliação do componente cardiorrespiratório;
- Descrever os métodos mais utilizados na elaboração dos programas de caráter aeróbico.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MÚSCULO ESQUELÉTICO

Os mais de 600 músculos esqueléticos são responsáveis por todas as funções físicas do corpo humano. Essas funções incluem os movimentos do esqueleto, a contração do coração, a contração dos vasos sanguíneos, os movimentos do intestino, entre outros. A atenção do ser humano é voltada apenas para os músculos que podem ser controlados conscientemente, que são os esqueléticos, ou voluntários. E são assim chamados, pois a maioria se fixa ao esqueleto e é responsável por seu movimento (GUYTON, 1988, p.79).

Cerca de 75% do músculo esquelético são representados por água e 20% por proteína, sendo as mais abundantes a miosina (cerca de 60%), a actina e tropomiosina, além da mioglobina incorporada no tecido muscular. Os 5% restantes são constituídos por sais inorgânicos e outras substâncias, como fosfatos de alta energia, uréia, ácido láctico, os minerais como cálcio, magnésio e fósforo, várias enzimas, íons de sódio, potássio e cloreto, aminoácidos, gorduras e carboidratos (Mc ARDLE; KATCH; KATCH, 1998, p.300).

As forças musculares que atuam no sistema de alavancas ósseas do corpo fazem com que os ossos se movimentem em torno de seu eixo articular (HOLLMANN, 1989, p.74).

Os músculos esqueléticos possuem vários envoltórios de tecido conjuntivo fibroso, e cada fibra muscular esquelética é formada por algumas centenas e algumas dezenas de milhares de fibras musculares esqueléticas dispostas paralelamente, e cada uma estendendo-se por todo o comprimento do músculo, além de possuir uma grande quantidade de miofibrilas e cada uma destas contém cerca de 1.500 filamentos de miosina e 3000 de actina, alternados, e que são na sua maioria, moléculas polimerizadas e proteína, e responsáveis pela contração muscular (GUYTON, 1988, p.79).

Seccionando-se o tecido conjuntivo externo que recobre o músculo encontra-se o epimísio, que envolve todo o músculo, mantendo-o unido. Dentro deste, observa-se pequenos feixes de fibras chamados de fascículos, e a bainha que circunda esses fascículos é o perimísio (GUYTON, 2002, p.66).

Já, dentro do perimísio é que se observam as fibras musculares que são as células musculares, e cada uma destas é recoberta por uma bainha de tecido conjuntivo chamada endomísio (WILMORE; COSTILL, 2001, p.29).

2.1.1 Mecanismo da Contração Muscular

Existem forças atrativas que se desenvolvem entre os filamentos de actina e miosina, essas forças resultam de forças mecânicas, químicas e eletrostáticas, geradas pelas interações das pontes cruzadas dos filamentos, fazendo com que estes deslizem um ao longo do outro.

A força da contração muscular é transmitida diretamente da couraça de tecido conjuntivo do músculo para os tendões, que por sua vez exercem tração sobre os ossos em seus pontos de inserção (GUYTON, 1988, p.81).

Em condições de repouso, as forças entre os dois filamentos estão neutralizadas mas, quando o potencial de ação passa ao longo da membrana da fibra muscular, ocorre a liberação de grandes quantidades de íons cálcio no sarcoplasma, que é uma matriz no interior da fibra muscular, e que banha as miofibrilas. Para se iniciar uma contração, os íons cálcio ativam as forças atrativas, iniciando a contração. No entanto, para que o processo de contração continue é necessária energia que deriva das ligações de alta energia do ATP, degradado até difosfato de adenosina (ADP), para liberar energia necessária (GUYTON, 1988, p.80; WILLIAMS; WILKINS, 1998, p.301).

2.1.2 Fluxo Sanguíneo

O intenso exercício é a maior condição que o sistema circulatório normal enfrenta. Isto ocorre, pois, em algumas condições de exercício, o fluxo sanguíneo nos músculos pode aumentar em até 20 vezes, também devido a grande massa de músculo esquelético no corpo humano (GUYTON, 2002, p. 211).

O fluxo sanguíneo pode aumentar o suficiente para fazer com que o débito cardíaco, no adulto jovem normal, fique cinco vezes maior do que o normal e, no atleta treinado, até seis a sete vezes o normal. Assim, as atividades musculares que elevam o nível de tensão, representam um quadro bastante diferente no que concerne ao fluxo sanguíneo muscular. A regulação do fluxo sanguíneo é obtida, principalmente, pelo controle local da resistência vascular, em função das necessidades metabólicas do tecido. O fluxo sanguíneo durante o exercício físico é pequeno ou nulo em alguns capilares musculares, mas, durante o exercício vigoroso, todos os capilares se abrem, e essa abertura diminui a distância que o oxigênio e outros nutrientes têm que percorrer, dos capilares até as fibras musculares e, às vezes, contribui com aumento de duas a três vezes a área da superfície onde o oxigênio e os nutrientes sanguíneos podem difundir-se (GUYTON, 1988, p.235; GUYTON, 2002, p.211).

As causas do grande aumento do fluxo sanguíneo muscular que ocorre durante a atividade do músculo esquelético são os efeitos químicos locais que agem diretamente nas arteríolas musculares, causando vasodilatação. Além disso, os fatores que atuam ao mesmo tempo, no aumento do fluxo sanguíneo na contração muscular são principalmente, a redução do oxigênio nos tecidos musculares, além de íons potássio, o trifosfato de adenosina (ATP), o ácido lático, e o dióxido de carbono (HOLLMANN, 1989, p.88; GRABOWSKI; TORTORA, 2005, p.101).

Além de regular os tecidos locais, os músculos esqueléticos também possuem nervos simpáticos vasoconstritores. As fibras destes, quando estimulados ao máximo, podem reduzir o fluxo sanguíneo pelos músculos em repouso até a metade ou pouco mais,

significando uma vasoconstrição fraca em se comparado com a dos nervos simpáticos em outras áreas do corpo, onde pode ser quase totalmente interrompida (DOMINGUES, 2005, p.2).

Durante o exercício, ocorrem efeitos essenciais para que o sistema circulatório possa suprir o grande fluxo sanguíneo requerido pelos músculos. Estes efeitos são a descarga maciça do sistema nervoso simpático em todo o corpo, com seus efeitos estimulantes sobre a circulação, o aumento da pressão arterial e o aumento do débito cardíaco (GUYTON, 2002, p.212).

Além dos mecanismos reguladores locais dos tecidos, os músculos esqueléticos também possuem nervos simpáticos. Entretanto, esses nervos exercem efeitos tão diminutos sobre o fluxo sanguíneo muscular, em se comparado com os dos mecanismos locais, que são, usualmente, sem importância. Seu principal efeito é o de participar na regulação da pressão arterial por produzirem constrição das arteríolas, após hemorragia grave (GUYTON, 1988, p.236).

2.2 SISTEMA RESPIRATÓRIO

A ventilação pulmonar, também denominada respiração, é o processo pelo qual o ar é mobilizado para dentro e para fora dos pulmões. O ar é drenado para os pulmões através do nariz, podendo também passar pela boca, no entanto a respiração através do nariz apresenta algumas vantagens como a umidificação e aquecimento do ar na inspiração e na filtragem das partículas contidas neste (WILMORE; COSTILL, 2001, p.246).

Os processos de ventilação pulmonar e transporte de gases, junto com mecanismos pelos quais o oxigênio é fornecido e extraído do meio ambiente externo e trocado por quantidades praticamente iguais de dióxido de carbono, contribuem para a regulação do meio ambiente interno em repouso e durante a atividade física (WILLIAMS; WILKINS, 1998, p. 209).

Esse sistema supre a demanda crucial de oxigênio e é responsável pela eliminação do dióxido de carbono dos nossos músculos.

O sistema respiratório humano tem como funções, suprir o oxigênio para os tecidos, e a remoção de gás carbônico. Suas principais estruturas são os pulmões, a traquéia, a glote e o nariz. Os pulmões, que contém milhões de pequenos sacos cheios de ar, os alvéolos, conectados, pelos bronquíolos e pela traquéia, com o nariz e com a boca. A ventilação pulmonar ocorre, pois, a cada inspiração, os alvéolos são expandidos, enquanto que, na expiração, o ar é forçado para fora dos alvéolos até o exterior, fazendo a renovação contínua do ar. O ar atmosférico é levado e permutado pelo ar presente nos pulmões através da ventilação pulmonar. O diafragma é o principal músculo da respiração, mas outros músculos, que comprimem o abdome ou que elevam ou abaixam a parede do tórax podem contribuir para o processo de ventilação pulmonar. A contração do diafragma alonga os pulmões provocando a inspiração e a compressão do abdome eleva o diafragma, provocando a expiração (GUYTON, 1998, p.123 e 352; HOLLMANN, 1989, p.89; GRABOWSKI e TORTORA, 2005, p.98).

O volume de ar inspirado em cada respiração é chamado ‘volume corrente’, e tem um valor de cerca de $\frac{1}{2}$ litro. A ‘frequência respiratória’ é, em média, de cerca de 12 por minuto. Durante a respiração muito profunda, o volume corrente máximo que pode ser respirado, chamado de ‘capacidade vital’, é cerca de 4,5 litros no indivíduo normal, e pode chegar a 6,5 litros no atleta (GUYTON, 1988, p.351).

O ar na inspiração é forçado a passar pela traquéia, brônquios e bronquíolos, até os alvéolos, e os capilares deste que fornecem a rápida passagem do oxigênio, do alvéolo para o sangue pulmonar, e do gás carbônico, do sangue para os alvéolos (HOLLMANN, 1989, p.90).

Os sistemas respiratório e cardiovascular se unem formando um sistema de liberação eficiente que transporta oxigênio aos tecidos corporais e remove dióxido de carbono (WILMORE; COSTILL, 2001, p.246).

Esse transporte envolve quatro processos separados de acordo com WILMORE e COSTILL (2001, p.246), são estes:

- Ventilação pulmonar (respiração), que é o movimento do ar para dentro e fora dos pulmões;
- Difusão pulmonar, que é a troca de oxigênio e de dióxido de carbono entre os pulmões e o sangue;
- Transporte de oxigênio e de dióxido de carbono pelo sangue;
- Troca gasosa capilar, que é a troca de oxigênio e de dióxido de carbono entre o sangue capilar e os tecidos metabolicamente ativos.

A ventilação pulmonar e a difusão são também chamadas de respiração externa, pois, envolvem a mobilização de gases externos para os pulmões e para o sangue, e após para os tecidos. Nos tecidos ocorre uma troca gasosa com o sangue que é denominada respiração interna. Sendo assim, as respirações interna e externa estão ligadas pelo sistema circulatório (WILMORE; COSTILL, 2001, p.250; GUYTON, 1988, p.352).

2.3 SISTEMA CARDIOVASCULAR

O sistema cardiovascular tem como função básica, proporcionar aos músculos ativos uma corrente contínua de nutrientes e oxigênio, a fim de se obter um alto rendimento energético, e também que a circulação do local de liberação de energia remova rapidamente os co-produtos do metabolismo (Mc ARDLE; KATCH; KATCH, 1998, p.255).

É um sistema contínuo que inclui o coração, os vasos sanguíneos e o sangue, tem muitos papéis, incluindo o de sustentador, protetor e mesmo de transportador de detritos. Fornece um suprimento adequado de sangue aos músculos ativos para suprir suas demandas durante as taxas de trabalho mais elevadas. Proporciona aos músculos ativos

uma corrente contínua de nutrientes e de oxigênio, de modo que pode ser mantido um alto rendimento energético. Possui inúmeras funções no corpo humano, sendo as principais classificadas em categorias como a liberação, remoção, transporte, manutenção e prevenção (GUYTON, 1988, p.353; HOLLMANN, 1989, p.92).

A capacidade de responder imediatamente às muitas e mutáveis necessidades do organismo que possui o sistema cardiovascular é imensa, pois, todas as funções orgânicas e a maioria das células dependem, de certa forma desse sistema (WILMORE; COSTILL, 2001, p. 208).

2.3.1 Coração

O coração é o órgão que fornece o impulso para o fluxo sanguíneo, é localizado no centro da cavidade torácica, com cerca de dois terços de sua massa à esquerda da linha média do corpo. É formado por duas bombas distintas, do lado direito bombeia o sangue para os pulmões e do esquerdo bombeia para o resto do corpo. Proporciona o impulso para o fluxo sanguíneo, e cada uma dessas partes é formada por duas câmaras separadas, o átrio e o ventrículo. O primeiro força a passagem de sangue adicional para os ventrículos, antes de ocorrer a contração ventricular. Com isso, os ventrículos contraem fortemente por um segundo, bombeando o sangue para os pulmões ou para a circulação sistêmica (GUYTON, 1988, p.207).

O sangue que já percorreu todo o trajeto entre as células do corpo, liberando oxigênio e nutrientes e retirando produtos metabólicos, retorna através das grandes veias, a cava superior e a inferior ao átrio direito. Essa câmara recebe todo o sangue desoxigenado do corpo. Ao atingir o átrio direito, o sangue é forçado pela contração atrial a passar pela válvula tricúspide enchendo o ventrículo direito, que bombeia o sangue através da válvula pulmonar para a artéria pulmonar, daí para os pulmões e, finalmente pelas veias pulmonares, para o átrio esquerdo. A contração deste, força o sangue a passar

pela válvula mitral para o ventrículo esquerdo, atingindo a aorta e, com isso, toda a circulação sistêmica (GUYTON, 1988, p.208; HOLLMAMM, 1989, p.99).

Toda a musculatura cardíaca é denominada miocárdio, que é um tipo de músculo estriado semelhante ao esquelético, no entanto, suas fibras individuais são células multinucleadas interligadas à maneira de uma treliça. O músculo cardíaco gera seu próprio sinal elétrico, que é chamado de autocondução, permitindo que ele se contraia ritmicamente sem estimulação neural. Esse sistema de condução cardíaca possui quatro componentes que são o Nodo sinoatrial (SA), o Nodo Atrioventricular (AV), o Feixe atrioventricular (feixe de His) e as Fibras de Purkinje. O primeiro nodo – SA – é o que fornece o impulso para a contração, é conhecido como o marcapasso cardíaco e estabelece um ritmo chamado sinusal. Este impulso atinge o AV, localizado próximo ao centro do coração, e que conduz o impulso para os ventrículos e entra no Feixe de his, que se divide, esses ramos do feixe se subdividem e são denominadas fibras de Purkinje (WILMORE; COSTILL, 2001, p.212).

2.3.2 Vasos Sanguíneos

Também denominado sistema vascular, é formado por inúmeros vasos que transportam o sangue do coração para os tecidos e vice-versa. Compreendem as artérias, arteríolas, capilares, vênulas e veias. Os maiores vasos são as artérias, e estas transportam sangue do coração para as arteríolas, que permitem a entrada do sangue nos capilares. Os capilares são os menores vasos, possuem na maioria das vezes apenas uma camada de célula na sua parede, e é responsável pela maior parte da troca entre o sangue e os tecidos. Já, no seu retorno, o sangue deixa os capilares e volta através das vênulas, que formam outros vasos maiores chamados veias, que fecham o ciclo (Mc ARDLE; KATCH; KATCH, 1998, p.345).

Toda a distribuição sanguínea pelo corpo é controlada e esse controle é feito pelas arteríolas e chamado de auto-regulação. Esta auto-regulação se refere à capacidade

dos vasos de controlarem seu próprio fluxo sanguíneo, dependendo da necessidade dos tecidos que elas nutrem, e o controle das arteríolas é feito por vasodilatação, onde se abrem ou fecham para a maior ou menor passagem de sangue (GUYTON, 1988, p.226).

2.3.3 Sangue

É a substância circulante do corpo humano, junto com a linfa. São responsáveis pelo transporte de material entre os tecidos e as células do corpo (Mc ARDLE; KATCH; KATCH, 1998, p.324).

É composto por plasma, que tem seu volume basicamente representado por água, e que representa de 55% a 60% do volume sanguíneo total, mas com a intensidade de exercícios em dias mais quentes pode ser reduzido em até 10%, ou aumentado nessa porcentagem em dias mais frios e úmidos; o sangue também composto por elementos figurados que representam cerca de 40% a 45% do volume total do sangue, são os eritrócitos, leucócitos e as plaquetas (WILMORE; COSTILL, 2001, p.220).

Seu volume total no corpo é bastante variável de acordo como tamanho e o estado de treinamento da pessoa. O indivíduo de maior tamanho e que já apresenta um alto nível de treinamento possui um maior volume sanguíneo. De acordo com Wilmore e Costill (2001, p.220), o volume de sangue de pessoas de tamanho médio e atividade física normal varia de 5 a 6 litros nos homens e de 4 a 5 litros nas mulheres.

No caso do esporte, o sangue tem como funções primárias, além do transporte, que foi citado acima; a termorregulação, pois segura o calor de áreas de maior metabolismo do corpo e dissipa pelo organismo; e o equilíbrio ácido-básico, também chamado pH, em que o sangue tampona os ácidos produzidos mantendo o pH adequado do metabolismo.

FIGURA 1 - REDISTRIBUIÇÃO DO FLUXO SANGÜÍNEO DURANTE REPOUSO E SOB DIFERENTES INTENSIDADES DE EXERCÍCIO

Órgãos	Fluxo Sangüíneo (ml/min)							
	Repouso		Exercício					
			Leve		Moderado		Máximo	
	MI	%	MI	%	MI	%	ml	%
Cérebro	750	12,93	750	4,28	750	4,28	750	3,00
Coração	250	4,31	350	3,68	750	4,28	1.000	4,00
Músculo	2.200	20,69	4.500	47,37	12.500	71,44	22.000	88,00
Pele	500	8,62	1.500	15,80	1.900	10,86	600	2,40
Rins	1.100	18,96	900	9,47	600	3,43	250	1,00
Abdômen	1.400	24,14	1.100	11,58	600	3,43	300	1,20
Outros	600	10,35	400	4,21	400	2,28	100	0,40
Total	5.800	100,0	9.500	100,0	17.500	100,0	25.000	100,0

FONTE: DOMINGUES, 2005

A figura anterior apresenta o fluxo sanguíneo, medido em ml/min, em várias partes do corpo humano quando em repouso e em atividade.

2.3.4 Alterações Cardiovasculares com o Exercício

No decorrer do exercício, ocorrem várias mudanças no organismo, entre estas, a demanda de oxigênio nos músculos ativos apresenta um grande aumento, além da utilização de mais nutrientes e do aumento dos processos metabólicos, do aumento da temperatura corporal, diminuição do pH nos músculos e no sangue (HOLLMANN 1989, p.102).

Já, as alterações cardiovasculares que ocorrem têm como objetivo, permitir que o sistema satisfaça as demandas aumentadas impostas a ele e que o organismo possa realizar da melhor maneira possível suas funções. A fim de se avaliar essas alterações são avaliados principalmente os seguintes componentes do sistema: a frequência cardíaca, o volume de ejeção, débito cardíaco, fluxo sanguíneo, pressão arterial, e o sangue (WILMORE; COSTILL, 2001, p.222).

GUYTON (1988, p.235) cita que, a condição mais estressante enfrentada pelo sistema circulatório normal é o exercício extenuante, devido ao aumento do fluxo sanguíneo nos músculos, e da grande massa de músculos esqueléticos no corpo. Esse fluxo aumenta de tal maneira que faz com que o débito cardíaco, no adulto normal, fique cerca de cinco vezes acima do normal e, no atleta treinado cerca de sete vezes maior.

2.4 BIOENERGÉTICOS

O termo energia é geralmente definido como a capacidade de realizar trabalho. No entanto, esta definição não diz nada a respeito das várias funções biológicas que dependem da produção e liberação de energia (Mc ARDLE; KATCH; KATCH, 1998, p.254).

Todo ser vivo depende da energia para a sobrevivência. No caso do ser humano, a energia é obtida dos alimentos, que fornecem energia para a atividade normal, e poderá ser armazenada para futura utilização. A energia é fornecida pelos alimentos sob a forma de carboidratos ou glicídios, gorduras ou lipídios e proteínas, que são clivados dentro das células para liberar a energia que foi armazenada (LEHNINGER, 1991, p.263).

De acordo com WILMORE e COSTILL (2001, p.116), alguma energia livre das células é utilizada para o crescimento e a reparação do organismo. Estes processos, aumentam a massa muscular durante o treinamento e reparam a lesão muscular decorrente do exercício ou de uma lesão. A energia tem importância também no transporte ativo de inúmeras substâncias como a glicose e íons Cálcio pelas membranas celulares. Este

transporte ativo é fundamental para a manutenção da vida da célula e para a homeostasia. No entanto, no caso desta pesquisa, é interessante citar a atividade das miofibrilas, que utilizam uma certa parte da energia liberada do organismo para produzir o deslizamento dos filamentos de actina e miosina, dando origem ao trabalho e a força muscular.

2.4.1 Fontes de Energia

Os alimentos são formados basicamente de carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio, Sendo assim, a maioria das moléculas dos alimentos são utilizadas de maneira complexa, onde a energia das ligações é liberada quimicamente no interior das células e armazenada sob um composto energético denominado adenosina trifosfato (ATP). Algumas moléculas dos alimentos, ainda, servem como componentes para síntese de moléculas estruturais ou funcionais mais complexas, tais como proteínas musculares, hormônios e enzimas, enquanto que outras são armazenadas para uso futuro, como o glicogênio e os triglicerídeos (GRABOWSKI e TORTORA, 2005, p. 796).

Possuem ligações intermoleculares fracas e que se rompem facilmente. Sendo assim, os alimentos são utilizados de maneira complexa onde, a energia das ligações é liberada quimicamente no interior das células e armazenada sob um composto energético denominado adenosina trifosfato ou ATP.

2.4.2 Metabolismo

O metabolismo é a ação reguladora de energia entre as reações catabólicas, que são reações de decomposição e liberam energia, e as reações anabólicas, que são reações de síntese e consomem energia. As reações químicas dos sistemas vivos dependem da transferência eficaz de quantidades manejáveis de energia de uma molécula para outra, tarefa esta realizada freqüentemente pelo ATP (GRABOWSKI e TORTORA, 2005, p. 797).

2.4.2.1 Metabolismo dos Carboidratos

Durante o processo de digestão e absorção, praticamente todos os carboidratos são convertidos em glicose e seu destino depende das necessidades das células do corpo que podem utilizá-la para quatro funções (GRABOWSKI e TORTORA, 2005, p. 799).

São elas:

- 1 - produção de ATP;
- 2 - síntese de aminoácidos;
- 3 - síntese de glicogênio;
- 4 - síntese de triglicerídeos.

2.4.2.1.1 Catabolismo da glicose

A oxidação da glicose, também conhecida como respiração celular, envolve quatro conjuntos de reações: a glicólise, a formação de acetil coenzima A (AcetilCoA), o ciclo de Krebs e a cadeia de transporte de elétrons.

A glicólise é o conjunto de reações nas quais uma molécula de glicose é oxidada produzindo duas moléculas de ácido pirúvico, duas moléculas de ATP e duas moléculas de $\text{NADH} + \text{H}^+$. Esta é uma maneira de produzir ATP anaerobicamente, pois a glicólise não requer oxigênio (LEHNINGER, NELSON e COX, 1995, p. 298).

O destino do ácido pirúvico produzido depende da disponibilidade de oxigênio. Se o oxigênio é raro, por exemplo, nas fibras musculares esqueléticas durante o exercício vigoroso, o ácido pirúvico é reduzido por meio de via aeróbica a ácido láctico, regenerando o NAD^+ utilizado na glicólise, permitindo desta maneira que esta continue. À medida que é produzido, o ácido láctico se difunde rapidamente para fora da célula e entra no sangue, chegando aos hepatócitos que o convertem novamente em ácido pirúvico. Entretanto, se o oxigênio é abundante, a maioria das células converte o ácido pirúvico em

AcetilCoA, produzindo também $\text{NADH} + \text{H}^+$, contendo energia, e CO_2 . A molécula de AcetilCoA une a glicólise, que ocorre no citosol, com o ciclo de Krebs, que ocorre na matriz mitocondrial (GRABOWSKI e TORTORA, 2005, p. 800; LEHNINGER, NELSON e COX, 1995, p. 307).

As reações do ciclo de Krebs oxidam a AcetilCoA produzindo CO_2 , uma molécula de ATP, três moléculas de $\text{NADH} + \text{H}^+$ e uma molécula de FADH_2 . A cadeia de transporte de elétrons oxida as moléculas de $\text{NADH} + \text{H}^+$ e FADH_2 , transferindo seus elétrons para uma série de transportadores de energia. O ciclo de Krebs e a cadeia de transporte de elétrons requerem oxigênio para produzirem energia e são conhecidos como respiração celular aeróbica de acordo com Grabowski e Tortora (2005, p. 800). No catabolismo da glicose, a degradação de cada molécula de glicose produz 24 moléculas de ATP e CO_2 . Este difunde-se pelo citosol para a membrana plasmática e então passa ao sangue que o transporta até os pulmões para ser exalado (GRABOWSKI e TORTORA, 2005, p. 803; LEHNINGER, NELSON e COX, 1995, p. 331 e 341).

2.4.2.1.2 Anabolismo da glicose

Se a glicose não é necessária imediatamente para a produção de ATP, ela é combinada com muitas moléculas de glicose para formar o polissacarídeo glicogênio. A glicogênese ocorre no hepatócitos ou nas células musculares esqueléticas e é estimulada pela insulina.

Quando as atividades do corpo requerem energia, o glicogênio armazenado nos hepatócitos é convertido em glicose e esta será transportada para as células e será catabolisada. A conversão do glicogênio, de volta a glicose, é chamada de glicogenólise (GRABOWSKI e TORTORA, 2005, p. 807).

Nas células musculares esqueléticas, o glicogênio é convertido à glicose 1-fosfato, que é degradada gerando ATP através da glicólise e posteriormente pelo ciclo de Krebs. Como o ácido láctico produzido durante a glicólise, nas células musculares

esqueléticas, pode ser convertido em glicose no fígado, o glicogênio armazenado nos músculos pode ser fonte indireta da glicose sangüínea (LEHNINGER, NELSON e COX, 1995, p. 378).

2.4.2.1.3 Gliconeogênese

Quando o suprimento de glicogênio está escasso, as células do corpo começam a catalisar mais triglicerídeos e proteínas. Estas degradações não ocorrem em larga escala, a menos que o indivíduo esteja em jejum, faminto, ingerindo alimentos que contenham muito poucos carboidratos ou caso seja portador de distúrbio endócrino (GRABOWSKI e TORTORA, 2005, p. 808).

Na degradação de proteínas, tanto o ácido láctico como 60% dos aminoácidos podem ser convertidos em ácido pirúvico, e este, pode ser sintetizado em glicose ou entrar no ciclo de Krebs gerando energia.

O glicerol, proveniente da degradação dos triglicerídeos, pode ser convertido em gliceraldeído 3-fosfato, e esta molécula pode formar ácido pirúvico ou sintetizar glicose segundo Lehninger, Nelson e Cox (1995, p. 445). De acordo com Grabowski e Tortora (2005, p.808), a gliconeogênese é estimulada pelo cortisol (principal hormônio glicocorticóide produzido pelo córtex da supra-renal) que estimula a conversão das proteínas em aminoácidos, aumentando a disponibilidade destes para a gliconeogênese e também pelo hormônio pancreático glucagon.

2.4.2.2 Metabolismo dos Lipídeos

2.4.2.2.1 Catabolismo dos lipídeos

Os lipídeos, como os carboidratos, podem ser oxidados para produzir energia. Se o corpo não tem necessidade imediata de uso de lipídeos para esta finalidade, eles são

armazenados no tecido adiposo e no fígado, constituindo 98% de toda reserva de energia do corpo (GRABOWSKI e TORTORA, 2005, p.809).

Antes que os triglicerídeos possam ser catabolisados para gerar ATP, precisam ser convertidos em glicerol e ácidos graxos, processo chamado de lipólise. Dois hormônios intensificam esta degradação, a epinefrina e a norepinefrina. Estas substâncias são liberadas quando o tônus simpático aumenta, ou seja, durante o exercício. Outros hormônios lipolíticos são o cortisol, hormônios tiróideos e fatores do crescimento semelhantes à insulina (GRABOWSKI e TORTORA, 2005, p. 811).

Durante o processo de catobolismo, o glicerol é transformado em gliceraldeído 3-fosfato, que origina ácido pirúvico e conseqüentemente acetilCoA que entram na cadeia de respiração celular aeróbica produzindo ATP. Enquanto isto, os ácidos graxos são degradados por uma série de reações chamadas de beta-oxidação (LEHNINGER, NELSON e COX, 1995, p. 359). Na beta oxidação enzimas quebram a cadeia graxa em fragmentos contendo dois carbonos que são unidos à coenzima A formando AcetilCoA. A AcetilCoA pode ser oxidada pelo ciclo de Krebs ou transformada em ácido acetoacético, nos hepatócitos, originando os corpos cetônicos (LEHNINGER, NELSON e COX, 1995, p. 370).

2.4.2.2.2 Anabolismo dos lipídeos

A lipogênese ocorre quando as pessoas consomem mais calorias do que são necessárias para satisfazer suas necessidades de energia. O excesso de carboidratos, proteínas e gordura na dieta têm, todos, o mesmo destino: são convertidos em triglicerídeos. O hormônio pancreático insulina estimula a lipogênese (GRABOWSKI e TORTORA, 2005, p. 812).

2.4.2.3 Metabolismo das Proteínas

Durante a digestão, as proteínas são decompostas em seus aminoácidos constituintes que são absorvidos e transportados para o fígado. Diferentemente dos carboidratos e triglicerídeos, os aminoácidos não são armazenados para uso posterior, ou eles são oxidados para produzir ATP ou usados para sintetizar novas proteínas para o crescimento e reparo do corpo. Todo o excesso de aminoácidos na dieta é convertido em glicose ou triglicerídeos (GRABOWSKI e TORTORA, 2005, p. 813).

2.4.2.3.1 Catabolismo das proteínas

As proteínas são, primeiramente, degradadas em aminoácidos. Os hepatócitos convertem estes aminoácidos formados em diversas substâncias, isentas de grupo amina ($-NH_2$), que entram no ciclo de Krebs, são oxidadas e geram energia. Os grupos aminos, originados na degradação dos aminoácidos, são convertidos nas células hepáticas em amônia e posteriormente em uréia, que é excretada na urina (LEHNINGER, NELSON e COX, 1995, p. 386).

2.4.2.3.2 Anabolismo das proteínas

A síntese de proteínas ocorre nos ribossomos, em quase todas as células do corpo, dirigidos pelo DNA e RNA das células. Os fatores de crescimento semelhantes à insulina, hormônios tireóideos, insulina, estrogênio e progesterona quando liberados estimulam a síntese protéica (GRABOWSKI e TORTORA, 2005, p. 814). Lehninger, Nelson e Cox (1995, p.514) citam que, dos vinte aminoácidos presentes no corpo humano, dez são essenciais, ou seja, precisam estar presentes na dieta, pois não podem ser sintetizados adequadamente.

Os aminoácidos não essenciais podem ser sintetizados pelo processo chamado de transaminação, onde ocorre a transferência de um radical amino de um aminoácido para o ácido pirúvico ou outro ácido presente no ciclo de Krebs. Uma vez que os aminoácidos estejam presentes nas células, a formação de ligações peptídicas entre eles para produzir novas proteínas ocorre rapidamente (LEHNINGER, NELSON e COX, 1995, p. 521 e 679).

A regulação das reações metabólicas depende tanto do ambiente químico dentro das células do corpo, como os níveis de ATP e oxigênio, quanto dos sinais provenientes dos sistemas nervoso e endócrino (GRABOWSKI e TORTORA, 2005, p. 815).

2.5 FISILOGIA DO ESPORTE E EXERCÍCIO

Quando fazemos uma atividade física, ocorrem inúmeros ajustes no que se refere às células e moléculas, bem como vários sistemas do corpo humano. As fisiologias do esporte e do exercício foram adaptadas da anatomia e da fisiologia, e estudam as maneiras com que as estruturas e funções do corpo humano se alteram quando o submetemos a exercícios físicos. É de grande importância no treinamento do atleta e na melhora do desempenho esportivo (Mc ARDLE; KATCH; KATCH, 1998, p.390).

A fisiologia do exercício é uma área que se iniciou com o objetivo de se obter informações apenas de valor clínico, porém surgiram muitos avanços na área devido a inovações tecnológicas. E, mesmo com avanços na tecnologia, toda a fisiologia do exercício continuou concentrada na resposta que o corpo apresentava ao exercício, pois, as pesquisas, em sua maioria envolvem medidas de captação de oxigênio, frequência cardíaca, temperatura corporal e taxa de transpiração, deixando de lado a atividade das células (WILLIAMS; WILKINS, 1998, p.37).

De acordo com GUYTON (1988, p.529), a fisiologia do esporte testa a maioria, senão todos os sistemas corporais, e geralmente a limites extremos.

Para a obtenção da força muscular necessária, o corpo humano utiliza três sistemas de energia principais que são:

- o sistema do fosfagênio: que armazena energia das ligações de alta energia do ATP e da fosfocreatina. Permite surtos de energia por períodos de 10 a 15 segundos;
- o sistema glicogênio-ácido láctico: Este sistema libera energia pela conversão do glicogênio em ácido láctico. Pode suprir energia com menor intensidade, porém por períodos de 30 a 40 segundos;
- o sistema aeróbico: Este, libera energia pela metabolização dos carboidratos, gorduras e proteínas com oxigênio. Pode prover energia de menor intensidade que os outros porém, com duração ilimitada, e que é definida apenas pela disponibilidade dos nutrientes.

O carboidrato é o nutriente de escolha para utilização muscular no decorrer do exercício, e apresenta-se sob a forma de glicogênio armazenado no músculo ou de glicose absorvida pelas fibras musculares. Por exemplo, no caso de provas de alto gasto calórico, pode-se aumentar a quantidade de glicogênio várias vezes por uma dieta rica em carboidratos e, assim, a resistência muscular é diretamente relacionada à quantidade de glicogênio neles armazenada (LEHNINGER, 1995, p.135; FERNANDES F^o,2002, p.68).

O corpo humano apresenta várias respostas, denominadas de agudas, em um determinado período de exercício realizado. E, quando submetido a exercícios constantes e repetidos, o organismo realiza adaptações crônicas, como as alterações cardiovasculares que ocorrem após seis meses de treinamento. A avaliação de atletas apresenta um quadro extremamente complexo no que se refere às suas variáveis fisiológicas, isto se deve à dificuldade de monitoramento nos ambientes em que são realizados os esportes (Mc ARDLE; KATCH; KATCH, 1998, p.378).

Algumas variáveis que podem ser controladas sem interferir no treinamento são por exemplo, a radiotelemetria e os minigravadores, que podem monitorar a frequência

cardíaca e respiratória, a temperatura cutânea e corporal interna, além da atividade muscular e do consumo de oxigênio. Além das variáveis que podem ser avaliadas existem alguns fatores que alteram as respostas do corpo ao exercício. Por exemplo, a temperatura e a umidade do local, a quantidade de luz e ruído na área de teste, e até mesmo a quantidade de alimento ingerida na última refeição (SHERKEY, 1998, p.77).

A tabela 1 abaixo apresenta variações desses fatores em uma corrida a 14km/h em uma esteira rolante.

TABELA 1 – VARIAÇÕES DA RESPOSTA DA FREQUÊNCIA CARDÍACA COM ALTERAÇÕES AMBIENTAIS – CORRIDA 14KM/H

FATOR AMBIENTAL	<u>FREQUÊNCIA CARDÍACA, batimentos/min</u>	
	Repouso	Exercício
Temperatura (50% de umidade)		
21°C (70°F)	60	165
35°C (95°F)	70	190
Umidade (21°C)		
50%	60	165
90%	65	175
Nível de ruído (21°C, 50% de umidade)		
Baixo	60	165
Alto	70	165
Ingestão alimentar (21°C, 50% de umidade)		
Pequena refeição, 3 horas antes do exercício	60	165
Grande refeição, 30 minutos antes do exercício	70	175

FONTE: WILMORE; COSTILL, 2001, p.11.

A fisiologia do exercício mais atualizada compartilha um elo comum com o que era então conhecido e defendido anteriormente, como os benefícios do exercício moderado, a caminhada como um excelente exercício, a intensidade apropriada do

exercício, a especificidade do treinamento e a importância do bem-estar mental (McARDLE; KATCH; KATCH, 1998, p.37).

As respostas do corpo também variam durante o dia, tanto em repouso quanto na realização do exercício, essa variação é denominada variação diária (WILMORE; COSTILL, 2001, p.12).

A tabela 2 apresenta um exemplo de variações diárias da frequência cardíaca em repouso e no decorrer do exercício.

TABELA 2 – VARIAÇÕES DIÁRIAS DA FREQUÊNCIA CARDÍACA

CONDIÇÃO	Momento do dia					
	2h	6h	10h	14h	18h	22h
	Frequência cardíaca, batimentos /min					
Repouso	65	69	73	74	72	69
Exercício leve	100	103	109	109	105	104
Exercício moderado	130	131	138	139	135	134
Exercício máximo	179	179	183	184	181	181
Recuperação, 3min	118	122	129	128	128	125

FONTE : WILMORE; COSTILL, 2001, p. 12

2.6 AVALIAÇÃO CARDIORRESPIRATÓRIA

O fator cardiorrespiratório está relacionado à saúde de cada indivíduo. Se este fator se encontra em níveis abaixo dos padrões, sabe-se que está relacionado a vários fatores, principalmente ligados às doenças cardiovasculares. E, acima dos padrões, que são atingidos através de atividades físicas constantes, estão ligados a inúmeros benefícios para a saúde (HOLLMANN, 1989, p.38).

De acordo com FERNANDES F° (2002, p.131), a capacidade cardiorrespiratória pode ser definida como sendo a habilidade de realizar atividades físicas de caráter

dinâmico que envolvam grande massa muscular com intensidade de moderada a alta por períodos prolongados. É dependente do estado emocional dos sistemas respiratório, cardiovascular, muscular e de suas relações fisiológico-metabólicas.

Qualquer pessoa possui individualmente uma aptidão cardiorrespiratória, e esta depende de seus sistemas de absorção, transporte, e utilização de oxigênio pelos tecidos durante os exercícios físicos. A necessidade de oxigênio que é requerida pelos músculos aumenta na medida em que se aumenta a intensidade de exercícios e, no caso de esforços maiores predomina o sistema aeróbio que para funcionar de maneira mais adequada depende de uma capacidade respiratória celular e fluxo sanguíneo razoáveis, ou seja, um sistema cardiorrespiratório funcionando da melhor maneira (HEYWARD, 2002, p.144).

Atualmente, mede-se a capacidade do sistema cardiorrespiratório pela capacidade aeróbica máxima ($VO_2\text{máx.}$)¹, que é dependente do débito cardíaco máximo e da diferença artério-venosa máxima, assim, torna possível a avaliação do sistema como um todo (Mc ARDLE; KATCH; KATCH, 1998, p.367).

De acordo com FERNANDES F^o (2002, p.132), o cálculo é feito a partir da seguinte fórmula:

$$\mathbf{VO_2\text{máx.} = \text{débito cardíaco} \times \text{diferença artério-venosa máxima}}$$

O VO_2 é o consumo de oxigênio que o indivíduo utiliza durante a atividade física. Esse consumo é bem semelhante no repouso tanto em atletas treinados quanto em sedentários, porém, esse valor é bastante alterado tanto para atletas como para pessoas sedentárias. Acredita-se que a maior captação de oxigênio é a que é alcançada pelo indivíduo que respira o ar atmosférico ao nível do mar (HEYWARD, 2002, p.59).

Toda a melhora da capacidade respiratória é relacionada com a frequência e a intensidade de exercícios físicos, desde que realizados corretamente para cada indivíduo. Por exemplo, se a pessoa possui um $VO_2\text{máx.}$ alto, possui também uma maior capacidade

¹ $VO_2\text{máx}$ = VOLUME MÁXIMO DE OXIGÊNIO

energética de suportar esforços submáximos por períodos maiores, mesmo em se considerando os outros fatores que influenciam (FERNANDES F°, 2002, p.133).

Para a medida da capacidade cardiorrespiratória são necessários alguns dispositivos que são denominados ergômetros, que medem o trabalho físico. E, de acordo com BOSKIS et al (1976, p.05), para serem aplicados em atletas, os ergômetros devem possuir algumas características como serem:

- Mensuráveis: em qualquer momento da prova;
- Reproduzíveis: com fidedignidade para futuras comparações e dúvidas;
- Escalonadas: para adaptação a cada atleta individualmente;
- Controláveis: Para segurança, juntamente com o uso de eletrocardiógrafo;
- VO₂máx.: para a obtenção direta ou indireta dessa medida, geralmente dada em l.min⁻¹.

2.6.1 Vantagens e Desvantagens dos Testes Máximos e Submáximos

Para uma melhor estimativa do VO₂máx. são mais indicados os protocolos máximos. No entanto, também apresentam maior estresse do sistema cardiovascular, sendo mais indicados para jovens e pessoas assintomáticas. Como desvantagem maior apresentam as alterações na carga de trabalho em cada estágio, velocidades inadequadas e em outro caso a demora na execução do teste (FERNANDES F°, 2002, p.134).

Os submáximos possuem uma limitação, pois são baseados no monitoramento da frequência cardíaca e, se esta atingir seu valor máximo numa intensidade de trabalho menor que VO₂, poderá causar um VO₂máx. subestimado.

Podem ser aplicados em indivíduos com baixo risco, bem como com risco moderado, se estiverem iniciando um programa de exercícios moderados (40 a 60% do VO₂máx. (HEYWARD, 2002, p.58).

2.6.2 Pressão Arterial

É um fator de extrema importância na fisiologia humana, pois tem a capacidade de regular todo o metabolismo orgânico possibilitando todas as atividades voluntárias e involuntárias (FERNANDES Fº, 2002, p.146).

A pressão arterial é definida como a força que é exercida pelo sangue contra a parede vascular, que também aplicam uma pressão no sangue fazendo com que circule. Possui vários fatores como a quantidade de vasos sanguíneos disponíveis, luz do vaso e resistência ao fluxo, além de distensibilidade das paredes dos vasos, que podem contribuir no seu aumento ou diminuição no corpo humano.²

A atuação da pressão arterial depende em grande parte do débito cardíaco e da resistência elástica periférica, tornando-se uma característica de grande importância na economia e fornecimento de sangue do organismo (CARPENTER, 2002, p.40).

A pressão arterial média é determinada pela média entre as pressões diastólica (mínima) e sistólica (máxima), e determina a velocidade do fluxo sanguíneo através do circuito sistêmico. E a fórmula para se calcular a pressão média é:

$$P_{\text{média}} = PA_d + 1/3 (PA_s - PA_d)$$

Onde, em mmHg (milímetros de mercúrio), é calculada com um terço da diferença entre as duas, pois a diastólica apresenta uma velocidade menor que a sistólica. A sistólica aumenta rapidamente com a frequência cardíaca e o início do exercício (HOLLMANN, 1989, p.39).

A atividade física é um dos meios mais eficazes para o controle da pressão arterial, pela promoção da perda de peso, bem como pela melhora da circulação periférica e orgânica equilibrando o volume de sangue que chega e que é ejetado, fazendo com que a musculatura cardíaca não se sobrecarregue (HEYWARD, 2002, p.60).

² Informações adicionais no Manual da ACSM para teste de esforço e prescrição de exercício.

2.7 MÉTODOS DE PRESCRIÇÃO DE EXERCÍCIO AERÓBICO

Wilmore e Costill (1998, p.616), citam que a prescrição de exercício envolve quatro fatores que são: o tipo de exercício, a frequência de participação, e a duração e a intensidade de cada período de exercício. Antes de se obter qualquer benefício aeróbico deve-se atingir um limiar mínimo de frequência, duração e intensidade do exercício, e esse limiar difere para cada indivíduo. Também deve ser ultrapassado para a obtenção de ganhos na capacidade aeróbica, aumentando-o com a melhora dessa capacidade (HEYWARD, 2002, p.63).

2.7.1 Frequência Cardíaca

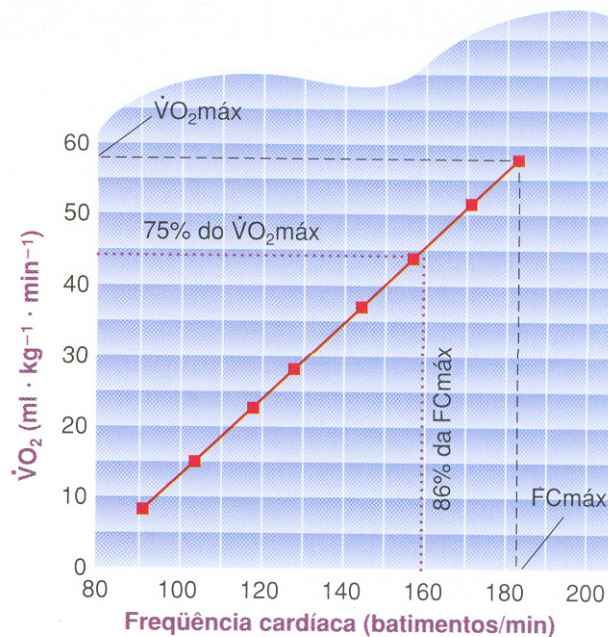
É o método preferido de monitoração da intensidade de exercício, pois está mais ligada às atividades do coração, permitindo um aumento constante da taxa de treinamento com melhora no condicionamento físico, a fim de se manter a mesma frequência cardíaca de treinamento.

2.7.1.1 Frequência Cardíaca do Treinamento – (FCT)

Seu conceito tem grande importância devido à frequência cardíaca estar diretamente ligada ao trabalho do coração, e também um bom indicador do consumo de oxigênio do miocárdio, e do fluxo sanguíneo coronariano (WILMORE; COSTILL, 1998, p.620).

Essa frequência é baseada na relação linear entre a frequência cardíaca e o VO_2 com taxas crescentes de trabalho como na figura 2 seguinte, que apresenta um aumento na taxa de trabalho e frequência equivalente a uma porcentagem de 75% do $VO_{2m\acute{a}x.}$:

FIGURA 2- Relação linear entre a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$)



FONTE: WILMORE; COSTILL, 1998, p.621

A FCT é definida a partir da frequência cardíaca, que é equivalente a uma porcentagem definida de seu $\dot{V}O_{2máx}$.

2.7.1.2 Método de Karvonen – Percentual da frequência cardíaca de reserva

Também é uma maneira de utilização da frequência cardíaca de treinamento, seu conceito sobre a reserva da frequência cardíaca máxima - que é a diferença entre a frequência cardíaca máxima e a de repouso (FC_{rep})- pode ser obtida como representado abaixo:

$$\text{Reserva da frequência cardíaca máxima} = FC_{máx} - FC_{rep}$$

Esse método ajusta a FCT para que seja idêntica à FC equivalente da mesma porcentagem de VO_2 máx. da reserva da frequência máxima.

Foi estabelecida a intensidade adequada do treinamento definindo-se uma faixa para a FCT ao invés de um único valor. Com isso, têm-se valores altos e baixos que garantem uma resposta do treinamento.

Atualmente, acredita-se que “a frequência cardíaca de treinamento é um conveniente indicador externo de consumo de oxigênio, uma maneira simples de medir a intensidade do exercício, mas não é um fim em si mesmo” (SHARKEY, 1998, p.105).

Estudos de treinamento mostraram que se consegue obter ganhos máximos em capacidade aeróbica (VO_2 máx.) com alta intensidade (90% de VO_2 máx. ou 95% de FC máx.), duração de 35 a 45 minutos e frequência de quatro vezes por semana. Em intensidades menores os resultados apresentam menor risco de lesão.

2.7.2 Equivalente Metabólico – MET

Um método bastante prescrito para se avaliar a intensidade do exercício é o equivalente metabólico ou MET. Sabe-se que a quantidade de oxigênio que o corpo consome é diretamente proporcional à energia que é gasta na atividade física. Se o corpo está em repouso, utiliza cerca de 3,5 ml de oxigênio por quilograma, ou 2,2 libras do peso corporal por minuto ($3,5\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), e essa taxa de metabolismo é denominada 1,0 MET (WILMORE; COSTILL, 1998, p.622).

A tabela 3 a seguir nos fornece um exemplo de valores de MET para cada estágio durante a esteira que são mais utilizados.

TABELA 3 – ESTIMATIVAS DE MET PARA CADA ESTÁGIO DOS PROTOCOLOS DE ESTEIRA UTILIZADOS NORMALMENTE

ESTÁGIO	BRUCE	BRUCE MODIFICADO	BALKE	NAUGHTON
1	4,6	2,3	3,6	1,8
2	7,0	3,5	4,5	3,5
3	10,2	4,6	5,0	4,5
4	12,1	7,0	5,5	5,4
5	14,9	10,2	5,9	6,4
6	17,0	12,1	6,4	7,4
7	19,3	14,9	6,9	8,3

FONTE: HEYWARD, 2002, p.64

Um MET equivale ao número de calorias que um corpo consome enquanto está em repouso. A partir desse estado, incrementam-se os METs na medida que aumenta a intensidade da atividade. As atividades são classificadas por sua intensidade de acordo com as necessidades de oxigênio, no entanto, os valores classificados são aproximados pois variam de pessoa a pessoa e no mesmo indivíduo. Mesmo sendo um bom método de orientação de treinamento, não considera as alterações ambientais nem permite mudanças no condicionamento físico (BOA SAÚDE, 2000; HEYWARD, 2002, p.65).

2.7.3 Percepção de Esforço – Escala de BORG

É uma outra maneira de se controlar a intensidade de treinamento que iniciou com Borg em 1966, quando montou uma tabela de percepção de esforço com 15 variações e que foi adaptada com o tempo (CARPENTER, 2002, p.45).

Este método também é utilizado na prescrição da intensidade do exercício. Neste caso a pessoa avalia a intensidade em que está trabalhando, sendo que para a intensidade relativa do exercício é dada uma pontuação numérica.

A tabela 4 na sequência fornece um comparativo dos métodos de classificação da intensidade do exercício.

TABELA 4 – ESCALA DE ESFORÇO PERCEBIDO DE BORG

CLASSIFICAÇÃO	ESCALA DE 15 PONTOS - A	ESCALA DE 15 PONTOS - B
6		Sem qualquer esforço
7	Muito, muito leve	Extremamente leve
8		
9	Muito leve	Muito leve
10		
11	Leve	Leve
12		
13	Pouco intenso	Pouco intenso
14		
15	Intenso	Intenso (pesado)
16		
17	Muito intenso	Muito intenso
18		
19	Muito, muito intenso	Extremamente intenso
20		Esforço máximo

FONTE: SHARKEY, 1998, p.108.

Os testes de esforço são indicados para se avaliar a capacidade aeróbica funcional (VO_2 máx), que é determinada a partir de testes progressivos máximo ou submáximo e classificar o nível da capacidade cardiorrespiratória do indivíduo (HEYWARD, 2002, p.60).

Para se trabalhar com o teste de esforço, é interessante a seleção de uma modalidade de exercício e um protocolo de testes de acordo com cada pessoa, considerando sua idade, sexo, saúde e aptidão física. A maior parte dos exercícios administrados são, caminhada, corrida, e bicicleta. Porém, no caso de indivíduos paraplégicos e limitados de membros inferiores, é recomendada a ergometria de braço (SHARKEY, 1998, p.109).

O teste pode ser contínuo ou descontínuo, o primeiro é realizado sem pausa entre os incrementos de trabalho e, no segundo caso, é dado um intervalo de repouso de 5 a 10

minutos entre as cargas de trabalho, sendo, nesse caso, mais demorado que o contínuo (HEYWARD, 2002, p.61).

Para Borg, a percepção é o único e melhor indicador do grau de esforço físico, considerando que a avaliação global da percepção do esforço integra várias informações, incluindo alguns sinais deduzidos do trabalho muscular periférico e articular, do centro cardiovascular e de funções cardiorrespiratórias e do sistema nervoso central, já, outras manifestações psicossomáticas são apresentadas na relação da percepção do esforço (CARPENTER, 2002, p.53).

2.7.4 VO₂máximo – (VO₂máx.)

A taxa de captação máxima de oxigênio – VO₂ máx.- é a taxa ou força máxima que pode ser obtida, distribuída e utilizada pelo corpo no desempenho do trabalho. Sendo assim, um bom nível é conseguido em função do funcionamento de três sistemas corporais, o respiratório, que capta o oxigênio do ar inspirado e o transporta para o sangue; o cardiovascular, que bombeia e distribui esse oxigênio carregado do sangue aos tecidos, e o músculo-esquelético que utiliza o oxigênio para converter substratos armazenados em trabalho e calor durante a atividade física (HOLLY, 2000, p.166).

É considerado como o volume de oxigênio utilizado pelo corpo, por minuto. A medida do metabolismo aeróbico máximo do corpo e, portanto, sua determinação é freqüentemente referida como a capacidade máxima aeróbica ou força aeróbica máxima, no entanto, mesmo o primeiro termo sendo mais usado, o último é o mais preciso (MORROW JR., et al, 1995, p.210).

As razões para se realizar avaliações da força aeróbica máxima variam desde uma avaliação da função cardiovascular em pacientes cardíacos, até a antecipação do desempenho de grupos de atletas (HEYWARD, 2002, p.68).

De acordo com Fernandes F° (2002, p. 134):

“Alguns pesquisadores ressaltam a importância da especificidade do treinamento, citando casos em que os indivíduos tiveram seus VO_2 máx. avaliados na natação e na esteira, antes e após um programa de treino na natação de 1 hora/dia – 3 vezes/semana – durante 10 semanas. Após esse tempo, o VO_2 máx. medido na natação aumentou 11%, enquanto o da esteira não foi alterado. Com isso, observa-se a importância da avaliação ser feita em um ergômetro similar ao movimento utilizado pelo atleta em seu esporte.”

O consumo de oxigênio depende do débito cardíaco e da diferença artério-venosa deste. Portanto depende dos sistemas cardíaco(débito), respiratório(O_2 arterial) e metabólico (O_2 venoso). O aumento da quantidade de oxigênio arterial é difícil de ser conseguido, pois depende do sistema respiratório, mas pode-se diminuir bastante a quantidade de oxigênio venoso pelo aumento da extração. Para se obter um aumento do VO_2 , portanto, é necessário o aumento do metabolismo pelo treinamento da musculatura (Mc ARDLE; KATCH; KATCH, 1998, p.432).

Com o treinamento, o consumo máximo de oxigênio pode ser maior pois o indivíduo atingirá cargas maiores. Entretanto para as cargas sub-máximas o consumo será o mesmo. O aumento do VO_2 ocorre muito mais por eficiência mecânica, ou seja, menor consumo de oxigênio pelo menor gasto energético através de uma "correção técnica" do que por adaptação fisiológica (SHARKEY, 1998, p.80).

O VO_2 máx. apresenta algumas limitações durante o exercício e segundo Fernandes F° (2002, p.135), são estas:

- Limitações centrais:
 - respiratórias: ventilação; ventilação alveolar; difusão do oxigênio; afinidade da hemoglobina por O_2 ;

- circulação central: débito central, pressão sanguínea arterial; concentração de hemoglobina no sangue; volume sanguíneo.
- Limitações periféricas:
 - circulação periférica; distribuição regional do fluxo sanguíneo; fluxo sanguíneo muscular; densidade capilar do músculo; difusão de oxigênio; afinidade da hemoglobina por O₂.
- Metabolismo muscular:
 - densidade mitocondrial; atividade das enzimas oxidativas; armazenagem de energia e disponibilidade de substratos; massa muscular; tipo de composição de fibras.

Segundo Mc Ardle (1997, p.454), o teste do consumo máximo de oxigênio (VO₂máx.), é talvez o meio mais válido de se determinar a potência aeróbica de uma pessoa, e constitui a primeira escolha nas mensurações destinadas a avaliar a aptidão cardiorrespiratória de um indivíduo.

2.7.5 VO₂ de Reserva

É um método alternativo para prescrição de exercícios cardiorrespiratórios, começou a ser utilizado pois as cargas de trabalho e os limites de frequência cardíaca precisos são críticos para o desenvolvimento das prescrições de exercício (SHARKEY, 1998, p.79). De acordo com o ACSM² as prescrições podem ser baseadas em percentuais do VO₂de reserva, principalmente para pessoas que apresentam baixa aptidão física, sendo que, pessoas bem condicionadas podem continuar sendo administradas com o VO₂máximo.

Para a maioria dos profissionais da área, o VO₂ de reserva é muito semelhante à Frequência cardíaca proposta por Karvonen. Por exemplo, um indivíduo que está em

² American College of Sports Medicine

atividade a 100% da FCR, está a 100% do VO_2 máximo, e quando está em repouso, sua frequência cardíaca é a mais baixa, a 0% da FCR, no entanto, o indivíduo em repouso não está a 0% do VO_2 máximo e este é definido como 1 MET, o que também equivale a 3.5 ml.kg.min. De acordo com a capacidade máxima da pessoa, seu VO_2 repouso será entre 5% a 25% do VO_2 máximo, principalmente em exercícios de menores intensidades e alunos de baixa aptidão (FERNANDES F°, 2002, p.155).

O cálculo do VO_2 de reserva é feito primeiramente pelo valor de VO_2 máx. em ml.kg.min, em seguida, subtrair 3.5 desse valor, que fornecerá os limites do VO_2 do repouso ao máximo, em seguida multiplica-se pela intensidade que se deseja, entre 40 e 85% da capacidade funcional, e adiciona-se novamente o VO_2 R (SHARKEY, 1998, p.79).

Tudo isso é expresso por:

$$VO_2\text{alvo} = \%intensidade).(VO_2\text{máx.} - 3.5) + 3.5$$

Fernandes F° (2002, p.156), cita que, após o resultado obtido na fórmula acima, é interessante a utilização das equações metabólicas antes de calcular as cargas de trabalho do exercício.

2.7.6 Limiar de Lactato

O limiar de lactato pode ser definido como o ponto no qual a produção de lactato aumenta drasticamente ou a um nível particular, é também um melhor indicador de performance da resistência do que capacidade aeróbica (VO_2 máx.) em eventos tais como uma corrida de estrada de 10 km. Por outro lado, sua estimativa envolve medir e marcar

em um gráfico a elevação na ventilação durante o teste progressivo em esteira rolante (SHARKLEY, 1998, p.81).

Ribeiro (2005) cita que a concentração de lactato – [LA]- depende da sua produção e metabolização. O metabolismo do lactato é aproximadamente 70% oxidativo (vias aeróbicas) e 30% por outros processos como a gliconeogênese e síntese protéica. Num teste de cargas progressivas, observa-se que em cargas de intensidades muito baixas a [LA] não se altera. Isso ocorre porque a produção e metabolização de lactato aumentam na mesma proporção e, a partir de uma certa carga a produção começa a aumentar mais do que a metabolização, portanto, a [LA] aumenta. Esta carga determina o 1º limiar de lactato (1ºLL). A partir de uma carga mais intensa, a produção de lactato dispara e a metabolização atinge um platô, tendo como resultado, o aumento também da [LA]. Esta carga determina o 2ºLL, e a partir desta observação, podemos determinar as áreas de intensidade de esforço de um indivíduo para que possamos determinar as cargas de treinamento onde, até o 1ºLL é denominado de área de intensidade sub-aeróbica, já, do 1º ao 2º de intensidade aeróbica e a partir do 2º de intensidade anaeróbica.

Em casos de treinamento com cargas na área sub-aeróbica, estes não geram nenhuma adaptação fisiológica e na área aeróbica, o indivíduo que treinar com cargas desta área terá adaptações fisiológicas como:

- Aumentos nas reservas de glicogênio;
- Aumento da densidade mitocondrial (nº e tamanho);
- Aumento da capilarização tecidual;
- Aumento da atividade das enzimas do ciclo de Krebs;
- Aumento no diâmetro dos vasos;
- Aumento da cavidade e massa cardíacas.

Nos últimos anos, o uso do lactato sanguíneo, como indicador do estado de condicionamento físico, ou da intensidade de treinamento, ganhou grande impulso. Isto se deve, principalmente, à facilidade na obtenção e análise de amostras através de

instrumentos semi-automatizados. Em particular esta medição tem sido amplamente utilizada em exercícios aeróbicos e anaeróbicos (COSTA; KOKUBUN, 1996, p.02).

A medida de concentrações submáximas de lactato sanguíneo [LA] contribuiu substancialmente para a evolução do dia a dia do treinamento e do estudo dos indicadores do metabolismo durante o esforço. Inicialmente, houve uma maior preocupação com as causas do aumento das [LA] em exercícios submáximos em laboratório. Em seguida, o foco dos estudos foi para a utilização prática das variáveis derivadas da análise das [LA]. Já, na atualidade apesar da evolução nas teorias formuladas, ainda não se conhece uma fundamentação satisfatória para os diversos conceitos de limiar anaeróbio e limiares de lactato a ponto fixo ou individualizado, apresentados sobre o assunto, no entanto, a aplicação da avaliação utilizando [LA] é crescente, demonstrando ser bastante útil no acompanhamento do treinamento esportivo (KISS et al, 1996, p.03).

2.7.7 Limiar Anaeróbico - LA

Na medida em que o exercício se torna mais intenso, se produz mais energia anaeróbica, o ácido láctico começa a se acumular no sangue, e a produção de dióxido de carbono aumenta juntamente com a frequência e a profundidade da respiração. No entanto, sabe-se que o limiar anaeróbico foi ultrapassado quando se nota o desconforto causado pelo ácido láctico e pela respiração. O limiar anaeróbico, que se baseia na relação VE/V_{O2} ou na curva do lactato sanguíneo, demonstra a carga onde o esforço físico passa a possuir um grande componente anaeróbico para um dado indivíduo (KISS, 1987, p.54; SHARKEY, 1998, p.80).

É um importante indicador da capacidade cardiorrespiratória que pode ser definido como o maior consumo de oxigênio que pode ser mantido sem a sustentação ou elevação do lactato sanguíneo. Para algumas pessoas que não treinam, esse limiar pode se encontrar entre 40 a 60% do VO₂máx. Os exercícios que são abaixo desse limiar podem ser considerados de leve a moderados, e acima, são considerados pesados. No caso de

esforços acima de 85%, as concentrações de lactato estarão aumentadas comprometendo a tolerância ao exercício (CARPENTER, 2002, p56).

Um fator importante é que pode ser aumentado independente do VO_2 máx. e está bastante relacionado com a ‘endurance capacity’, que poderá ser rapidamente aumentada em resposta ao treinamento em cerca de 10 a 20 % (SHARKEY, 1998, p.80).

Lenzi in ‘Apostila Limiar Anaeróbico’ (2002), por sua vez, elaborou um esquema de aplicação de cargas de trabalho baseado em dados relacionados a percentagens do Limiar Anaeróbico como encontrado na figura 3 seguinte:

FIGURA 3 – CARGAS DE TRABALHO

103%	- intervalado intensivo
100%	- intervalado extensivo
93 - 97%	- contínuo intensivo
90%	- contínuo extensivo
85%	- contínuo extensivo
80%	- contínuo extensivo

FONTE: APOSTILA LIMIAR ANAERÓBICO, 2002

A percepção do esforço no LA não muda com o treinamento de resistência, apesar do LA ocorrer na produção de altas forças. Assim, a Escala de Percepção de Esforço acaba tornando-se mais vinculada com o lactato sanguíneo do que o % do VO_2 máx, após o treinamento (CARPENTER, 2002, p.65).

2.8 PROTOCOLOS DE PRESCRIÇÃO DE EXERCÍCIOS

Como citado anteriormente, são estes planejados com o objetivo de se avaliar a capacidade aeróbica. São selecionadas tanto as modalidades de exercício, quanto os protocolos de teste adequados para o cliente, de acordo com suas características.

2.8.1 Teste de esforço máximo em esteira

O exercício é feito com velocidade variando até 25mph³ e inclinação em elevação por 100 unidades horizontais, expressa em percentuais. A carga, expressa geralmente em mph e graus percentuais, é aumentada com o aumento da velocidade e da inclinação, ou ambas (HEYWARD, 2002, p.63).

Na seqüência estima-se a VO_2 máx, no entanto, como o exercício máximo possui componentes aeróbicos e anaeróbicos, assim a VO_2 será superestimado, já que a contribuição do componente anaeróbio não é conhecida.

De acordo com a Heyward (2002, p.64), o ANEXO 1 deste trabalho apresenta as equações para se estimar o VO_2 , onde deve-se considerar as unidades de medida utilizadas para cada uma.

2.8.2 Protocolo de esteira de Balke

Neste caso é estabelecida uma velocidade na esteira de 3,4 mph o que equivale a 91,1 m/min, e que se mantém constante do início ao fim do exercício, e a inclinação se encontra a 0% no primeiro minuto, e aumentando para 2% no início do segundo minuto. Após, para cada minuto adicional a inclinação é aumentada em 1% (KENNEY et al, 2000, p.32).

³ Milhas por hora

Para se obter uma estimativa para o protocolo de Balke pode-se utilizar a tabela 5 abaixo que avalia o VO_2 máx. do indivíduo a partir do tempo de exercício. Também se utiliza um nomograma como o da figura mostrada após a tabela.

TABELA 5 – EQUAÇÕES GENERALIZADAS E DE POPULAÇÕES ESPECÍFICAS PARA PROTOCOLOS DE ESTEIRA

PROTOCOLO	POPULAÇÃO	EQUAÇÃO
Balke	Homens ativos e sedentários	$VO_2\text{máx.} = 1,444 (\text{tempo}) + 14,99; r=0,92, EPE=2,5\text{ml/kg/min}$
	Mulheres ativas e sedentárias	$VO_2\text{máx.} = 1,38 (\text{tempo}) + 5,22; r=0,94, EPE=2,2\text{ml/kg/min}$
Bruce	Homens ativos e sedentários	$VO_2\text{máx.} = 14,76 - 1,379(\text{tempo}) + 0,451 (\text{tempo}) - 0,012(\text{tempo}); r=0,98, EPE=3,35\text{ml/kg/min}$
	Mulheres ativas e sedentárias	$VO_2\text{máx.} = 4,38(\text{tempo}) - 3,90; r=0,91, EPE=2,7\text{ml/kg/min}$
	Pacientes cardíacos e/ou idosos	$VO_2\text{máx.} = 2,282(\text{tempo}) + 8,545; r=0,82, EPE=4,9\text{ml/kg/min}$
Naughton	Pacientes cardíacos homens	$VO_2\text{máx.} = 1,61(\text{tempo}) + 3,60; r=0,97, EPE=2,60\text{ml/kg/min}$

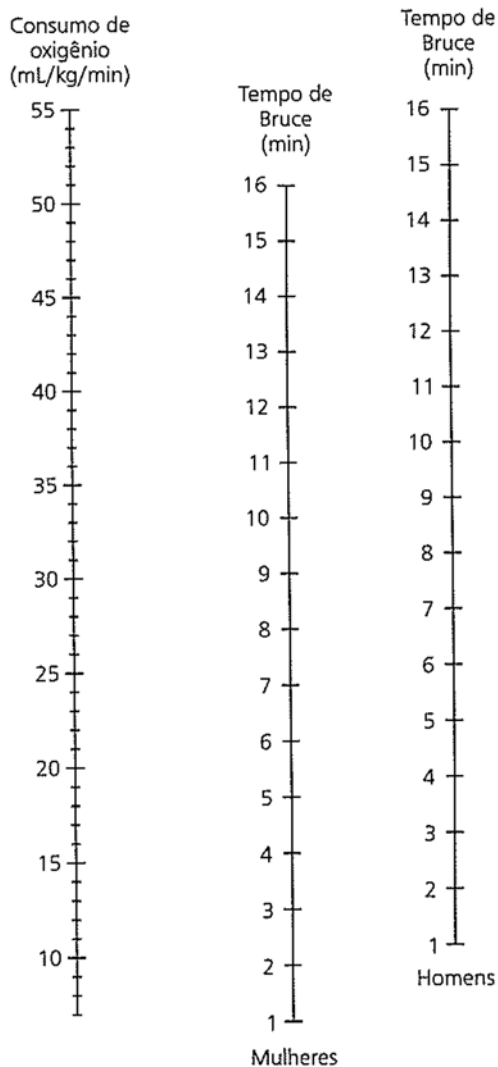
FONTE: HEYWARD, 2002, p.67

2.8.3 Protocolo de esteira de Bruce

Por outro lado, de acordo com Heyward (2002, p.67), existe o protocolo modificado de Bruce. É um protocolo de esteira de múltiplos estágios feito por Bruce, Kusumi e Hosmer em 1973, e existem dois tipos deste, o padrão e o modificado que bastante similar ao primeiro porém é mais adequado para indivíduos idosos e de alto risco, no entanto, as equações para o protocolo de Bruce são utilizadas apenas para o protocolo padrão e não para o modificado. No modificado utiliza-se a equação metabólica do ACSM para caminhada.

A figura 4 na seqüência dessa pesquisa apresenta o tempo de exercício junto ao tempo de ‘Bruce’, diferenciado por sexo e obtido através da localização do tempo e exercício do indivíduo junto ao eixo denominado ‘tempo de Bruce’ traça-se uma horizontal do eixo do tempo até o de consumo de oxigênio.

FIGURA 4 – NOMOGRAMA PARA O TESTE DE ESFORÇO PROGRESSIVO DE BRUCE



FONTE: HEYWARD, 2002, p.67

2.8.4 Teste de esforço máximo em bicicleta ergométrica

Nesse caso a resistência é aplicada contra a roda utilizando-se uma cinta de pêndulos pesados, e ajusta-se a carga apertando ou soltando a cinta do freio. A partir de aumentos da resistência na roda eleva-se a carga de trabalho.

Na maioria dos casos para pessoas não treinadas utiliza-se velocidade de 50 ou 60 rpm , e a potência aumentada em 150 a 300kgm/min (25 a 50W) a cada fase do teste. Segundo Heyward (2002, p.68), também pode-se utilizar para atletas treinados, velocidades mais altas, maiores que 80rpm.

2.8.5 Protocolo de teste máximo em bicicleta ergométrica de Astrand

Nesse teste a produção de potência inicial é de 300kgm/min (50W) para mulheres e 600kgm/min (100W) para homens, com velocidade de pedalada de 50rpm.

O exercício inicia-se com carga de trabalho básica por 2 minutos, aumentando a potência a cada 2-3 minutos. O teste é realizado até a exaustão da pessoa nessa velocidade, e é estimado pela equação metabólica do ACSM para ergometria de perna para se avaliar o VO_2 .

2.8.6 Protocolo do teste máximo em bicicleta ergométrica de Fox

É um teste descontínuo composto por uma série de vários exercícios de 5 min com 10min de intervalo de repouso. Os aumentos vão depender da resposta do indivíduo, que vai se exercitar até a exaustão, ou não conseguir mais pedalar por 3 minutos pelo menos em uma potência de 60 a 90kgm/min (10-15W).

Utiliza-se as equações metabólicas para converter a produção de potência do último estágio de estado de equilíbrio do protocolo de Fox para $VO_{2máx}$.

2.8.7 Testes de esforço máximo de *step* em banco

É o menos desejável para teste de esforço máximo, pois o indivíduo realiza tanto trabalho positivo como negativo, sendo, no entanto, de difícil padronização.

O gasto de energia pode ser calculado em MET's com a equação metabólica do ACSM para *step*.

2.8.8 Protocolo de teste de *step* máximo de Nagle, Balke e Naughton

É um teste de *step* progressivo que avalia a capacidade de trabalho, no qual a pessoa executará o *step* na velocidade de 30 passadas/min em um banco ajustável com altura inicial de 2cm, aumentando 2cm a cada minuto do exercício. A cadência é medida num metrônomo e o teste se encerra quando o indivíduo estiver fatigado. O cálculo é realizado com a equação metabólica do ACSM para *step* (HEYWARD, 2002, p.71).

2.8.9 Protocolos de teste de esforço submáximo

Muitos destes testes são iguais aos de esforço máximo, mas finalizados em alguma intensidade predeterminada de FC. Monitora-se a FC, a PA e o IPE, e utiliza-se mais comumente a bicicleta, *step* em banco ou a esteira.

Estes testes assumem uma frequência cardíaca de estado de equilíbrio em cada intensidade de exercício, assim como uma relação linear entre a FC, o consumo de oxigênio e intensidade de trabalho (HEYWARD, 2002, p.72).

Outro fator a ser citado é a eficiência mecânica, que é constante para todos os indivíduos, e, como resultado, o VO_2 máx. estimado por testes de esforço submáximo tende a ser superestimado para pessoas altamente treinadas e subestimados para sedentários e não-treinados (ACSM, 1999, p.82).

2.8.10 Testes de esforço submáximo em esteira

Nesse caso, obtém-se uma estimativa do VO_2 máx. e assumem um aumento linear na FC com incrementos na carga de trabalho.

O VO_2 máx. pode ser estimado tanto pelo modelo de estágio único como pelo de múltiplos estágios, com duas FCs submáximas, e sabe-se também que a precisão dos dois modelos é similar (MORROW, 1995, p.68).

2.8.11 Teste de estágio único de caminhada em esteira

Foi desenvolvido com o objetivo de se estimar o VO_2 máx. de adultos saudáveis, de baixo risco, entre 20 e 59 anos. Nesse caso, utiliza-se a velocidade entre 2 e 4,5mph, que depende do sexo, da idade, e do nível de aptidão física (HEYWARD, 2002, p.77).

É estabelecido um aquecimento de 4 minutos com 0% de inclinação e o trabalho deve produzir uma Fc entre 50e 70% da Fcmáx. que foi estimada para o indivíduo. Na seqüência a caminhada rápida por mais 4 minutos em inclinação de 5%.

A equação utilizada para cálculo do VO_2 máx. é a seguinte:

$$\text{Homens: } VO_2\text{máx.} = SM_{VO_2} \times [(FC\text{máx} - 61) / (FC_{SM} - 61)]$$

$$\text{Mulheres: } VO_2\text{máx.} = SM_{VO_2} \times [(FC\text{máx} - 72) / (FC_{SM} - 72)]$$

2.8.12 Teste de estágio único de jogging em esteira

É bastante realizado em jovens de 18 a 28 anos. O ritmo de jogging selecionado deve ser entre 4,3 a 7,5mph, não ultrapassando 6,5mph para mulheres e 7,5mph para homens. O indivíduo deve ser mantido sob velocidade constante por 3 minutos, e a FC não deverá exceder 180 bpm e o VO_2 é estimado pela ACSM (1999, p.87) com a equação apresentada na seqüência.

$$\text{VO}_2\text{máx} = 54,07 - 0,1938* + 4,47** - 0,1453*** + 7,062****$$

(ml/kg/min)

*PC em Kg

** Velocidade em mph

*** FC em bpm

**** sexo feminino = 0 ; masculino = 1

2.8.13 Testes de esforço submáximo em bicicleta ergométrica

São testes contínuos ou descontínuos, baseados no fato de que a FC e o consumo de oxigênio são funções lineares da taxa de trabalho e a resposta da FC às cargas é que estima o $\text{VO}_2\text{máx}$. Existem três tipos de protocolos para este caso, o da ACM, o da ACSM e o de Astrand-Ryhming, como são citados abaixo:

- Protocolo da ACM

Nesse caso utiliza-se três ou quatro cargas de trabalho consecutivas de 3 minutos na bicicleta ergométrica para elevar a FC para 110bpm a 85% da FCmáx estimada. A velocidade do pedal é de 50rpm e a carga inicial de trabalho é de 150kgm/min. A FC é utilizada no último minuto da carga inicial de trabalho para determinar as cargas subseqüentes (GOLDING, 2000, p.140).

O gasto de energia, ou VO_2 é calculado para as duas últimas cargas de trabalho aplicando as equações metabólicas do ACSM.

- Protocolo da ACSM

Foi desenvolvido com base no peso corporal e no estado de atividade do indivíduo como na tabela 6 a seguir. E, para a escolha do melhor protocolo (A., B ou C), deve ser determinado o estado de atividade e o peso da pessoa.

Cada protocolo consiste em quatro cargas de trabalho de 2 min., a frequência cardíaca medida nos últimos 15 segundos de cada carga e, se esta chegar entre 65-70% da

faixa de FC (por Karvonen) ou 85% para a idade, o exercício deve ser interrompido (ACSM, 1999, p.87).

• Protocolo de Astrand-Ryhming

É o único teste de estágio por nomograma para estimar o VO_2 máx. a partir da resposta da frequência cardíaca a uma certa carga de trabalho submáxima de 6 minutos. A potência utilizada deverá proporcionar uma frequência cardíaca entre 125 e 170 bpm, com carga inicial de 450 a 600kgm/min para mulheres fisicamente ativas e treinadas e de 600 a 900 kgm/min para homens fisicamente ativos e treinados. Para pessoas pouco condicionadas e idosos a carga inicial pode ser de 300kgm/min. É interessante a utilização do nomograma onde se traça o peso corporal e a resposta de FC do cliente após 1 minuto na bicicleta a 600kgm/min (TERRY et al, 1977, p.363).

TABELA 6 – PROTOCOLOS DE TESTES SUBMÁXIMOS EM BICICLETA ERGOMÉTRICA DO ACSM

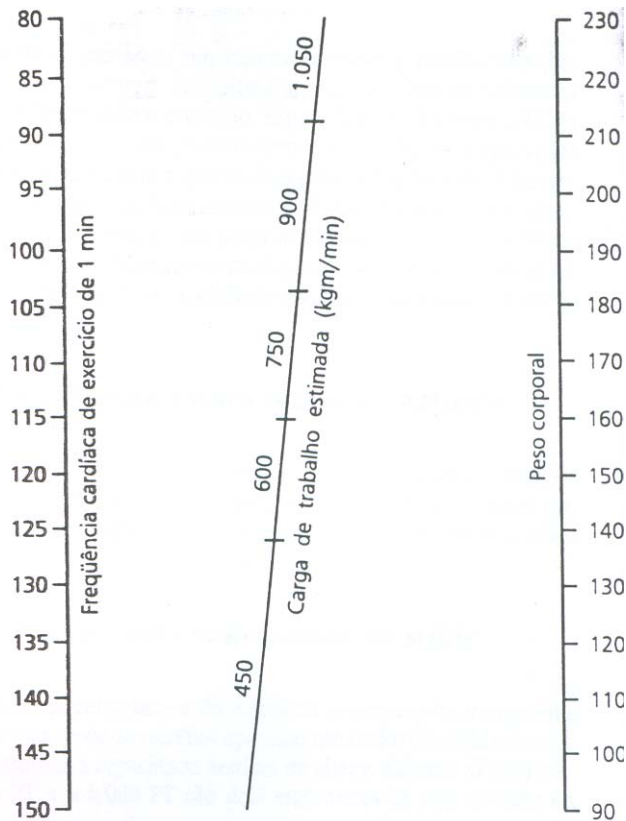
Estágios (2min cada)	Protocolos de testes		
	A	B	C
1	25 ^a (150)	25 (150)	50 (300)
2	50 (300)	50 (300)	100 (600)
3	75 (450)	100 (600)	150 (900)
4	100 (600)	150 (900)	200 (1200)
CRITÉRIO DE SELEÇÃO			
Peso corporal (kg)	Muito ativo ^b		
	Não	Sim	
≤ 73 (≤ 160)	A	A	
74 – 90 (161-199)	A	B	
≥ 91 (≥ 200)	B	C	

NOTA: a- carga de trabalho em watts (kgm/min) / b- muito ativo= exercício aeróbico de 20 min, 3 dias por semana

FONTE: HEYWARD, 2002, p.74

A figura 5 representa o nomograma do protocolo acima e também estima o VO_2 máx. em l/min a partir de dados submáximos em esteira e step.

FIGURA 5 – NOMOGRAMA PARA SELEÇÃO DE CARGA DE TRABALHO PARA TESTE DE ASTRAND-RYHMING



FONTE: HEYWARD, 2002, p.76

2.8.14 Protocolo de teste de bicicleta ergométrica de estágio único de Fox

Como uma modificação do protocolo de teste de esforço máximo, o indivíduo utiliza uma carga de trabalho única, por exemplo 900kgm/min por 5 minutos. Este teste possui um erro padrão de ± 276 ml/min e para se calcular o VO_2 máx, é medida a FC no final do quinto minuto do exercício e aplica-se a equação abaixo:

$$VO_2\text{máx (ml/min)} = 6300 - 19,26 (FC)$$

2.8.15 Testes de esforço submáximo de step em banco

Existem vários tipos de teste de step que avaliam a capacidade cardiorrespiratória, no entanto apenas alguns oferecem equações que estimam o VO_2 máx. como os testes abaixo:

- Protocolo de teste de step de Astrand-Ryhming

Nesse caso a pessoa executa o step sob frequência de 22,5 passadas/min durante 5 minutos, com altura do banco de 33 cm para mulheres e 40 cm para homens. A frequência cardíaca pós-exercício é medida contando o número de batimentos entre 15 e 30 segundos logo após o exercício. O VO_2 máx. deve ser corrigido se o indivíduo tiver mais de 25 anos.

- Protocolo de teste de step do Queens College

É um teste projetado por Mc Ardle e outros autores em 1972 com o objetivo de se estimar o VO_2 máx. O indivíduo executa o step em uma frequência de 22 passadas por minuto para mulheres e 24 passadas/min para homens durante 3 minutos, e utilizando o banco numa altura de 41,3 cm. É interessante a pessoa permanecer em pé após o exercício e após 5 segundos mede-se a frequência cardíaca de 15 segundos. Para se estimar o VO_2 máx. em ml/kg/min, aplica-se as equações seguintes dadas por Mc Ardle et al(1997), nesse caso erro padrão é de $\pm 16\%$.

$$\text{Homens: } \text{VO}_2\text{máx} = 111,33 - (0,42 \text{ FC, bpm})$$

$$\text{Mulheres: } \text{VO}_2\text{máx} = 65,81 - (0,1847 \text{ FC, bpm})$$

2.8.16 Protocolos adicionais de testes de esforço submáximo

2.8.16.1 Protocolos de teste submáximo de subir escadas

Atualmente existem vários ergômetros de step bastante utilizados para melhor aptidão física. Alguns pesquisadores como Howley, Colacino e Swensen (1992, p.1057), citaram respostas da FC para aumentos submáximos de cargas de trabalho em ergômetro de step. E, em se comparando com os valores obtidos na esteira, as FC's medidas no step foram mais altas em cada intensidade submáxima. No entanto, os valores de MET obtidos pelo ergômetro foram cerca de 20% mais altos do que os valores de MET medidos.

2.8.16.2 Protocolo de teste submáximo de remo ergométrico

Foi desenvolvido para remadores não-competitivos ou inexperientes. As pás do ventilador antes do início do teste devem ficar em posição de totalmente fechadas, com a roda de engrenagem de eixo pequeno, também deve-se selecionar uma intensidade do exercício submáximo que a pessoa possa manter por 5 a 10 minutos, e, ao final de cada minuto mede-se a FC de exercício. O exercício deve ser executado até se alcançar a FC de estado de equilíbrio.

3 CONCLUSÃO

Atualmente existem vários métodos para prescrição de exercícios aeróbicos, dentre eles são apresentados no presente trabalho: VO_2 máximo; limiar de lactato; frequência cardíaca e percentagem (%) VO_2 de reserva.

Os fatores mais relevantes na prescrição desses exercícios são o tipo, a frequência, a duração e a intensidade do exercício que será realizado, e foi avaliado também que se alcança um limiar mínimo para se obter algum benefício, e esse limiar é diferenciado para cada indivíduo.

A pesquisa realizada apresenta de uma maneira mais especificada os métodos de prescrição de exercício aeróbico, e protocolos utilizados por profissionais da área. No entanto verificou-se que os esportes e atividades físicas em geral são adequados para a manutenção dos níveis de condicionamento físico, porém, não desenvolvem o condicionamento físico de pessoas não condicionadas, estes, devem realizar atividades de condicionamento para em seguida mudar para o esporte ou atividade que deseja.

Verificou-se também, por outro lado que a atividade física deve ser um objetivo para a vida e saúde humana e, uma vez interrompida, seus benefícios se perdem com grande facilidade.

Sendo assim, um estilo de vida fisicamente ativo é considerado de extrema importância para um indivíduo se manter saudável e a prevenção de doenças. Portanto, a informação profissional torna-se cada vez mais necessária a fim de não surgirem erros e problemas futuros, pois o método utilizado é sempre determinado individualmente.

REFERÊNCIAS

ACSM – American College of Sports Medicine. **ACSM health /fitness instructor certification study guide**. Philadelphia : Lippincott, 1999.

APOSTILA LIMIAR ANAERÓBICO. **CEFISE-Centro de Estudos e fisiologia do esporte**. Nova Odessa-SP, 2002. Apostila.

BOA SAÚDE. **Quanto vale cada exercício em calorias?** 2000. Disponível em:<http://www.boasaude.com>. Acesso em: 02 mai 2005.

BOSKIS, B.; PEROSIO, L. J.; SCATTINI, M. C. **Manuel de Ergometria y Rehabilitacion en Cardiologia**. Buenos Aires : ECTA. 1976.

CARPENTER, C. S. **Treinamento cardiorespiratório**. Rio de Janeiro: Sprint.2002.

COSTA, J. M. P.; KOKUBUN, E. Lactato sanguíneo em provas combinadas e isoladas de triatlo: possíveis implicações para o desempenho. **Revista Paulista de Educação Física**. São Paulo: USP, v.10, jan/jun.1996.

DOMINGUES, M.R. **Fisiologia do Exercício II**. Disponível em: <http://www.vetnet3.vetorialnet.com.br/~coriolis>. Acesso em: 19 abr.2005.

FERNANDES F°, J. **A Prática da Avaliação Física**. 2.ed. Rio de janeiro: Shape. 2002.

GOLDING, L. **YMCA Fitness Testing and Assessment Manual**. 4.ed. Champaign: Human Kinetics. 2000.

GRABOWSKI, J. R.; TORTORA, G. J. **Princípios de Anatomia e Fisiologia**. 9.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.

GRECO, C.C. et al. Limiar anaeróbico da velocidade crítica determinada com diferentes distâncias em nadadores de 10 a 15 anos: relação com a *performance* e a resposta de lactato sanguíneo em testes de *endurance*. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Niterói, v.9, n.1, jan./feb. 2003.

GUYTON, A. C. **Fisiologia Humana**. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

GUYTON, A. C. **Tratado de Fisiologia Médica**. 10.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

HEYWARD, V. H. **Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription**. 4.ed. Champaign, IL: Human Kinetics. 2002.

HOLLMANN, W. **Medicina de esporte**. São Paulo: Manole. 1989.

HOLLY, R. G. Medida da taxa de captação máxima de oxigênio. In: BLAIR, S. N. et al. **Prova de esforço e prescrição de exercício/ACSM**. Revinter, 166-171. 2000.

HOWLEY, E.; COLACINO, D.; SWENSEN, T. **Factors affecting the oxygen cost of stepping on na electronic stepping ergometer**. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. V.24. 1992, p.1055-1058.

HEYWARD, V. H. **Avaliação Física e Prescrição de Exercício**. 4.ed. São Paulo: Artmed, 2002.

KENNEY, L.; HUMPHREY, R. H.; BRYANT, C. X.; MAHLER, D. A. **Manual do ACSM para teste de esforço e prescrição de exercício**. 5.ed. Rio de Janeiro: Revinter, 2000.

KISS et al. **Validade Da Velocidade De Limiar De Lactato De 3,5 Mmol X L⁻¹ identificada Através De Teste Em Pista De Atletismo**. *Revista Paulista de educação Física*. São Paulo: USP, v.10. jan/jun 1996.

KISS, M. A. P. D. M. **Avaliação em Educação Física: Aspectos Biológicos e Educacionais**. 1.ed. São Paulo: Manole, 1987.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L. e COX, M. M. **Princípios de Bioquímica**. 2.ed. São Paulo: Sarvier, 1995.

Mc ARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia Do Exercício – Energia, Nutrição e Desempenho humano**. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1998.

MORROW JR et al. **Measurement and Evaluation in Human Performance**. Champaign: Human Kinetics, 1995.

RIBEIRO, J. **Fisiologia do Exercício**. Disponível em: <http://www.jerriribeiro.vilabol.uol.com.br>. Acesso em: 15 abr. 2005.

SHARKEY, B. J. **Condicionamento Físico e Saúde**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.
TERRY, J. W.; TOLSON, H.; JOHNSON, D. J.; JESSUP, G. T. **A work load selection procedure for the Astrand-Ryhming test**. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. Torino : Minerva Medica. V.17: p.361-366.

WILMORE, J. H.; COSTILL, D. L. **Fisiologia do esporte e do exercício**. 2.ed. São Paulo, Manole, 2001.

ANEXOS

ANEXO 1

$\dot{V}O_2$ bruto da modalidade de exercício (mL/kg/min)	$\dot{V}O_2$ de repouso (mL/kg/min)	Comentários
$\dot{V}O_2$ da caminhada = $V^a \times 0,1 + V \times G^b \times 1,8$	+ 3,5	<ol style="list-style-type: none"> 1. Para velocidades de 50 a 100 m/min (1,9 a 3,7 mph) 2. 0,1 mL/kg/min = valor de O_2 de caminhar horizontalmente 3. 1,8 mL/kg/min = valor de O_2 de caminhar em plano inclinado (% grau da esteira)
$\dot{V}O_2$ da corrida = $V^a \times 0,2 + V \times G^b \times 0,9$	+ 3,5	<ol style="list-style-type: none"> 1. Para velocidades > 134 m/min (> 5,0 mph) 2. Se verdadeiramente for <i>jogging</i> (não caminhada), essa equação também pode ser utilizada para velocidades de 80 a 134 m/min (3 a 5 mph) 3. 0,2 mL/kg/min = valor de O_2 de correr horizontalmente 4. 0,9 mL/kg/min = valor de O_2 de correr em plano inclinado (% grau da esteira)
$\dot{V}O_2$ da ergometria de perna = $W^c/MC^d \times 10,8 + 3,5$	+ 3,5	<ol style="list-style-type: none"> 1. Para cargas de trabalho entre 50 e 200 W (300 a 1.200 kgm/min) 2. kgm/min = $kg \times m/rev \times rev/min$ 3. Monark e Bodyguard = 6 m/rev; Tunturi = 3 m/rev 4. 10,8 mL/kg/min = de O_2 de pedalar contra carga externa (resistência) 5. 3,5 mL/kg/min = de O_2 de pedalar com carga zero
$\dot{V}O_2$ da ergometria de braço = $W^c/MC^d \times 18,0 +$ nenhum	+ 3,5	<ol style="list-style-type: none"> 1. Para cargas de trabalho entre 25 e 125 W (150 a 750 kgm/min) 2. kgm/min = $kg \times m/rev \times rev/min$ 3. 18,0 mL/kg/min = valor de O_2 de pedalar contra uma carga externa (resistência) 4. Nenhum = devido à pequena massa muscular do braço, não é necessário nenhum termo especial para pedalada sem carga (carga zero)
$\dot{V}O_2$ do step = $F^e \times 0,2 + F \times H^f \times 18,0 \times 1,33$	+ 3,5	<ol style="list-style-type: none"> 1. Apropriado para frequências de step entre 12 e 30 passadas/min e alturas de banco entre 0,04 m e 0,40 m 2. 0,2 mL/kg/min = de O_2 de mover-se horizontalmente 3. 1,8 mL/kg/min = de O_2 de subir no banco (altura do banco) 4. 1,33 inclui componente positivo de subir no banco (1,0) + componente negativo de descer do banco (0,33)

^aV = velocidade da esteira em m/min; 1 mph = 26,8 m/min.

^bG = grau (% inclinação) da esteira em forma decimal; p. ex., 10% = 0,10.

^cW = produção de potência em watts; 1 W = 6 kgm/min.

^dM = massa corporal em quilogramas; 1 kg = 2,2 lb.

^eF = frequência das subidas e descidas no step em steps por minuto.

^fH = altura do banco em metros; 1 in = 0,0254 m.