TCC/UNICAMP
Sh66e
1772 FEF/432

MAYRA HARUE SHIROMA

A ERGOMETRIA E SUA APLICABILIDADE

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
2004

TCC/UNICAMP
Sh66e
1290001772

MAYRA HARUE SHIROMA

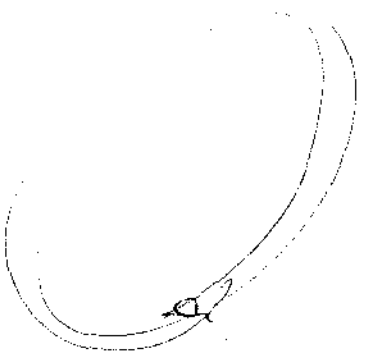
A ERGOMETRIA E SUA APLICABILIDADE

Monografia apresentada como requisito parcial para a conclusão do curso de Bacharelado em Educação Física, modalidade Treinamento em Esportes junto Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas, sob orientação da Prof ª Dra. Mara Patrícia Traina Chacon-Mikahil.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
2004

Apresentado em: 14 /12/2004

Prof[a]. Dr[a]. Mara Patrícia T. Chacon-Mikahil - Orientadora



Prof. Dr. José Rocha

RESUMO

O trabalho desenvolvido teve como tema a ergometria, apresentando como objetivos levantar a importância do teste de esforço como método diagnóstico, prognóstico, terapêutico e funcional, abordar de maneira sucinta, a ergometria em seus aspectos práticos e fisiológicos, e introduzir algumas considerações sobre ergometria e prescrição de exercícios. Para tal, foi realizada uma revisão bibliográfica em artigos, livros e pesquisas na Internet. O trabalho consta de uma introdução abordando a justificativa e histórico da ergometria; uma seção destinada à ergometria, abordando as indicações e contra-indicações, metodologia, sinais e sintomas durante o exame; outra seção relacionada ao exercício físico, onde são citados os ajustes fisiológicos ao exercício e as adaptações orgânicas e benefícios da atividade, além de uma seção destinada às considerações sobre a ergometria e a prescrição de exercícios. Com este trabalho, pode-se concluir que o teste ergométrico é um exame muito importante, tanto para aplicações diagnósticas, prognósticas e terapêuticas, além das avaliações funcionais, pois permite acompanhar respostas clínicas, cardiovasculares, cardiorespiratórias e eletrocardiográficas, facilitando a interpretação das respostas fisiológicas e/ou patológicas ao exercício físico.

Palavras-chave: Ergometria, Teste de Esforço, Exercício Físico.

RESUMEN

El trabajo desarrollado tuvo como tema la ergometría, con el objetivo de identificar la importancia de la evaluación de esfuerzo como método diagnóstico, prognóstico, terapéutico y funccional; abordar, de manera sucinta, la ergometría en sus aspectos práticos y fisiológicos, e introducir algunas consideracciones sobre ergometría y prescripción de ejercicios. Para esto, fue realizada una revisión bibliográfica en artículos, libros e investigaciones en la Internet. El trabajo contiene una introducción abordando la justificativa e histórico de la ergometría; una sección destinada a la ergometría, abordando las indicaciones y contra-indicaciones, metodología, señales y síntomas durante el examen; otra sección relacionada al ejercicio físico, donde son citados los ajustes fisiológicos al ejercicio y las adaptaciones orgánicas y beneficios de la actividad, como también una sección destinada a las consideraciones sobre la ergometría y la prescrición de ejercicios. Con este trabajo, se puede concluir que la evaluación ergométrica es un examen muy importante, tanto para aplicaciones diagnósticas, prognósticas y terapéuticas, como también para lãs evaluaciones funcionales, pues permite acompañar respuestas clínicas, cardiovasculares, cardiorespiratórias y electrocardiográficas, facilitando la interpretación de las respuestas fisiológicas y/o patológicas al ejercicio físico.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 8
2 ERGOMETRIA 10
2.1 CONCEITUAÇÕES 10
2.2 INDICAÇÕES E CONTRA INDICAÇÕES 11
2.3 METODOLOGIA 14
2.3.1 Instruções ao Paciente e as Etapas do Teste 15
2.3.2 Equipamentos Utilizados 17
2.3.3 Ambiente 21
2.3.4 Protocolos 21
2.4 SINAIS E SINTOMAS A SEREM OBSERVADOS DURANTE O EXAME 26
2.4.1 Respostas Hemodinâmicas 28
2.4.2 Eletrocardiograma (ECG) 29
2.4.3 Sensibilidade e Especificidade 32
3 EXERCÍCIO FÍSICO 33
3.1 AJUSTES FISIOLÓGICOS AO EXERCÍCIO 33
3.1.1 Ajustes cardiovasculares 33
3.1.2 Circulação sangüínea durante o exercício 37
3.2 ADAPTAÇÕES ORGÂNICAS EM RESPOSTA AO EXERCÍCIO FÍSICO 38
4 CONSIDERAÇÕES SOBRE A ERGOMETRIA E A PRESCRIÇÃO DE EXERCÍCIOS42
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 44
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 45
7 ANEXO A 48
8 ANEXO B 49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Indicações para interrupção de um teste de esforço. 17
Quadro 2 – Análise comparativa entre cicloergômetro e esteira rolante..... 20
Quadro 3 – Protocolos mais comumente utilizados. 22
Quadro 4 – Protocolo de Bruce. 23
Quadro 5 – Protocolo de Ellestad. 23
Quadro 6 – Protocolo de Naughton. 24
Quadro 7 - Protocolos dos testes em bicicleta. 25
Quadro 8 – Avaliação subjetiva do esforço – Borg. 27
Quadro 9 – Exemplificação do comportamento da freqüência cardíaca durante a realização de esforço dinâmico em bicicleta ergométrica em potência constante de 150W, em três diferentes indivíduos. 36
Quadro 10 – Respostas fisiológicas ao condicionamento aeróbico em indivíduos destreinados.. 40
Quadro 11 – Benefícios da atividade física regular e/ou do exercício. 41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Efeitos da corrida e da marcha em esteira rolante, com e sem apoio de membros superiores 15
Figura 2 – Modificações eletrocardiográficas normais durante o exercício 30
Figura 3 – Modificações eletrocardiográficas anormais mais frequentes durante o exercício 31
Figura 4 – Volume sistólico 34

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, as doenças cardiovasculares são responsáveis 45,6% das mortes nos países desenvolvidos. Nos EUA, por exemplo, 13,5 milhões de pacientes possuem histórico de infarto do miocárdio ou de angina, e muitas vezes, esse número corre o risco de vir a desenvolver doença cardíaca coronariana; porém, nos últimos 30 anos, a taxa de mortalidade cardiovascular reduziu em 40%, e esse declínio pode ser atribuído às melhores opções terapêuticas e às efetivas estratégias preventivas (MOOSS; GORDON, 2002, p. 3). Segundo Lotufo (1998, p.321), as doenças cardiovasculares constituem importante causa de mortalidade no país, e prevalecem, desde os anos 60, nas capitais brasileiras e em cidades como São Paulo. Dada a importância crescente do papel que os exercícios desempenham na promoção da saúde, na terapia médica e na reabilitação, a ergometria é de fundamental importância para avaliar o indivíduo, seja com fim diagnóstico, prognóstico ou apenas funcional, pois como vimos, o índice de portadores de doenças cardíacas é alto. Assim, com o teste de esforço pode-se prevenir e/ou tratar tais doenças. Considerando esta expectativa pessoal, abordaremos a seguir uma breve introdução sobre a ergometria e sua aplicabilidade.

O exercício físico sempre esteve presente no cotidiano dos seres humanos, porém, desde o início do século passado, o esforço físico é utilizado como método diagnóstico e, atualmente, a ergometria é a metodologia (dentro da cardiologia não-invasiva) de melhor relação custo-benefício para o paciente, pois é um exame de custo relativamente baixo e que retrata o seu desempenho cardíaco.

Em 1918, Bousfield (ELLESTAD, 1984, p. 1) fez os primeiros registros de alterações da repolarização ventricular durante crises espontâneas de angina. Porém, o primeiro trabalho que abordou o teste ergométrico foi o método da escada de dois degraus, analisando a freqüência cardíaca e a pressão arterial, publicada por Master e Oppenheimer em 1929 (TEBEXRENI et al., 2001, p. 519). Missal (ELLESTAD, 1984, p. 2), por volta de 1938, provavelmente foi o primeiro a utilizar o teste de esforço máximo, fazendo pacientes normais subirem correndo três a seis lances de escadas. Mais tarde passou a utilizar degraus de 9 polegadas de altura, onde os pacientes deveriam se exercitar até o ponto da dor, e valorizava o registro eletrocardiográfico o mais rápido possível. Paul Wood, em 1950, realizou trabalho semelhante ao de Missal, enfatizado também a necessidade de exercitar a capacidade máxima do indivíduo, resultando em freqüências cardíacas acima de 90% do esperado, realizando seu protocolo de 84 degraus de escada próximo ao hospital em que trabalhava, com registro

imediato de eletrocardiograma (TEBEXRENI et al., 2001, p. 520). Por volta de 1954, Astrand e Ryming (Ibdem, 2001, p. 520) estabeleceram as bases fisiológicas correlacionando o consumo de oxigênio com a freqüência cardíaca a níveis submáximos de exercício.

O ano de 1956 pode ser considerado o início do teste de esforço moderno, quando Robert Bruce relatou um protocolo para um teste em esteira rolante (ELLESTAD, 1984, p. 3).

Desde então, muitos protocolos foram elaborados com o intuito de alcançar valores máximos de consumo de oxigênio (VO_{2max}).

> O objetivo de todos os protocolos é possibilitar uma resposta sintoma-limitada no intervalo de 6 a 15 minutos de exercício. Todos incluem uma carga inicial baixa com progressivo aumento a intervalos de tempo regulares, adequada duração de cada estágio e também do período de duração (TEBEXRENI et al., 2001, p. 520).

Assim, o objetivo deste trabalho é abordar de maneira sucinta, a ergometria em seus aspectos práticos e fisiológicos, como indicações e contra-indicações, metodologia, sinais e sintomas, e introduzir algumas considerações sobre ergometria e prescrição de exercícios.

2 ERGOMETRIA

Atualmente, a ergometria é a metodologia de melhor custo-benefício encontrada dentro dos recursos diagnósticos da cardiologia não-invasiva, sendo um procedimento bastante solicitado e que apresenta um enorme espectro de indicações.

É um teste bastante seguro, uma vez que existe uma série de normas a serem adotadas para sua execução, além dos profissionais qualificados para conduzir e interpretar os resultados.

2.1 CONCEITUAÇÕES

Teste ergométrico ou teste de esforço é um importante procedimento diagnóstico e prognóstico na avaliação de indivíduos com cardiopatia isquêmica, sendo utilizada também na medicina preventiva, dentro da perícia médica (principalmente em relação à readequação profissional de indivíduos portadores de doença cardiovascular, que eram privados da atividade profissional), na avaliação da capacidade funcional para exercícios dinâmicos e, em ajustes da terapêutica adotada, por exemplo, em pós-cirúrgicos e em prescrição de medicamentos. É através deste exame que podem ser determinadas, de maneira individualizada, a capacidade cardiorrespiratória, as respostas de freqüência cardíaca e a carga de trabalho; além disso, "permite a estratificação de risco e o acompanhamento das respostas clínicas, cardiovascular, cardiorrespiratória, eletrocardiográfica e metabólica na evolução do programa de exercício" (ALFIERI; JR; GUIMARÃES, 2004, p. 185).

Segundo o Consenso Nacional de Ergometria (MASTROCOLLA, 1995, p. 191), através de estudos de meta-análise na literatura mundial, o teste de esforço apresenta, em média, 66% de sensibilidade e 84% de especificidade para doença coronária.

Como podemos verificar na citação a seguir, segundo Serra (2002, p. 323):

> A realização e interpretação multivariada do teste ergométrico implicam o conhecimento de aspectos epidemiológicos e probabilísticos de doenças; a necessidade de identificação de manifestações clínicas das cardiopatias, de noções de fisiologia do exercício e das respostas cardiovasculares ao esforço, de reconhecimento de arritmias de diferentes graus de malignidade e das

> condutas pertinentes; a afinidade com procedimentos utilizados no tratamento de emergência cardiovascular e a competência na utilização do método como uma oportunidade de incentivar a prática da atividade física. Implicam, finalmente, a capacidade de elaboração de um laudo suficientemente objetivo, de modo a fornecer ao médico assistente uma resposta efetiva às suas indagações e dúvidas, e, simultaneamente, suficientemente extenso, de maneira a extrair do método o máximo de informações não supérfluas ou redundantes.

Atualmente, o teste de esforço é o método não-invasivo de grande aplicação na avaliação da função coronariana, associado às vantagens ligadas à reprodutibilidade, à sensibilidade e à especificidade, pois reflete a análise dos aspectos metabólicos e eletromecânicos do miocárdio. Além disso, os resultados obtidos ressaltam a correlação existente entre as alterações anatômicas e o grau de resposta isquêmica durante a ergometria (ALFIERI; JR; GUIMARÃES, 2004, p. 186).

2.2 INDICAÇÕES E CONTRA INDICAÇÕES

Segundo as diretrizes da American Heart Association (AHA) e da American College of Cardiology (ACC) (apud FERGUSON; MYERS; FROELICHER, 2004, p. 91) as indicações para o teste de esforço podem ser resumidas utilizando as seguintes classificações:

- Classe I: condições para as quais há evidência e/ou consenso geral de que o teste de esforço é útil e eficaz.
- Classe II: condições para as quais há evidência conflitante e/ou divergência de opiniões sobre a utilidade/eficácia do teste de esforço.

  IIa: o peso da evidência/opinião é em favor da utilidade/eficácia (provavelmente recomendado);

  IIb: a utilidade/eficácia não é bem definida pela evidência/opinião (talvez seja recomendado);
- Classe III: condições para as quais há evidência e/ou consenso geral de que o teste de esforço não é útil ou eficaz e, em alguns casos, pode ser prejudicial (não é recomendado).

Já o Consenso Nacional de Ergometria no Brasil (MASTROCOLLA, 1995, p. 191), divide as indicações em gerais e especiais:

INDICAÇÕES GERAIS

Referem-se aos casos em que o teste ergométrico é utilizado como método diagnóstico e como orientação das condutas a serem tomadas, principalmente no processo de prevenção primária e secundária nos seguintes casos:

- Doença arterial coronariana:
  - avaliação de indivíduos assintomáticos com fatores de risco;
  - avaliação de indivíduos com dor torácica sugestiva;
  - avaliação prognóstica e evolutiva de portadores de doença coronária crônica;
  - avaliação pós-infarto do miocárdio;
  - avaliação em pacientes em programa de reabilitação cardíaca;
  - modificações no quadro clínico e/ou eletrocardiográfico (desde que se mantenha a situação de coronariopatia estável e que não constitua contra-indicação);
  - pré e pós: angioplastia transluminal coronária e cirurgia de revascularização do miocárdio;
  - avaliação de terapêutica farmacológica;
  - complementação de outros métodos que tenham evidenciado suspeita de doença coronária;
  - investigação de alterações de repolarização ventricular ao ECG de repouso,
  - perícia médica (pesquisa de doença coronária aterosclerótica obstrutiva para fins trabalhistas, profissionais ou de seguro).
- Hipertensão arterial:
  - avaliação de hipertensos com dois ou mais fatores de risco para doença arterial coronária;
  - estudo do comportamanto da pressão arterial (PA) frente aos esforços (a fim de fornecer subsídios para o diagnóstico precoce e avaliação prognóstica para o desenvolvimento de futuros hipertensos, além de definir respostas pressóricas do tipo lábil, hipertensão reativa e hipertensão mantida ou fixa),
  - avaliação para indivíduos em programa regular de exercícios.
- Arritmias:
  - análise da arritmia frente ao esforço;
  - avaliação de pacientes com arritmias em programa de condicionamento físico;
  - estabelecimento de correlação entre sintomas e arritmias desencadeadas pelo esforço;

- síndrome do intervalo QT longo, com antecedentes ou com história familiar de síncope ou morte súbita,
- recuperados de parada cardiorrespiratória.

- População sadia ou aparentemente normal:
  - avaliação de indivíduos com história familiar de coronariopatia ou morte súbita na família;
  - avaliação de indivíduos com ocupações especiais que possam colocar em risco a vida de terceiros (ex: piloto de avião, motoristas de táxi, etc.),
  - avaliação indivíduos com idade superior a 30 (homens) e 45 (mulheres) que vão iniciar programa de condicionamento físico.

Desta forma, dentro das indicações gerais da ergometria, os principais objetivos da realização de teste ergométrico em indivíduos aparentemente sadios estão voltados à avaliação funcional, à motivação para mudança de hábitos de vida (alteração de fatores de risco), à prescrição de exercícios físicos e à complementação de avaliação clínica de rotina.

INDICAÇÕES ESPECIAIS

Referem-se a realização do teste ergométrico em casos e populações específicas, como:

- indivíduos sadios, inclusive atletas, para avaliação funcional ou com fins acadêmicos;
- avaliação funcional em coronariopatas com bloqueio do ramo esquerdo ou WPW (Wolff-Parkinson White);
- estratificação de risco na síndrome WPW;
- detecção de arritmias em portadores de miocardiopatia hipertrófica, forma não obstrutiva;
- avaliação funcional em portadores de valvopatias, destacando-se o subgrupo de pacientes com prolapso da valva mitral;
- avaliação terapêutica na hipertensão arterial;
- avaliação funcional de pacientes portadores de marcapasso artificial com resposta variável de freqüência, pré determinada ou dependente de biosensores;
- avaliação funcional de pacientes com insuficiência cardíaca;
- avaliação funcional em doenças não cardíacas, como pneumopatias, diabetes;
- avaliação funcional em cardiopatias congênitas,

- avaliação funcional em crianças, ressaltando-se as portadoras de sopro inocente ou com disfunções leves, arritmias ou em pós-operatório de correção total de cardiopatias congênitas.

Por outro lado, de acordo com Hanson (1994, p. 200) as contra-indicações pdem ser divididas em absolutas e relativas:

Absolutas:

- infarto agudo do miocárdio recente;
- angina instável;
- insuficiência cardíaca congestiva;
- estenose aórtica e mitral grave;
- pericardite ou miocardite aguda;
- embolia pulmonar;
- bloqueio atrioventricular de grau III;
- infecção aguda;
- estresse emocional significante (psicose).

Relativas:

- hipertensão arterial grave;
- digitálicos ou efeitos de outras drogas;
- marcapasso artificial de batimento fixo;
- cardiomiopatia;
- doença metabólica descontrolada (diabetes, por exemplo);
- qualquer distúrbio sistêmico grave;
- distúrbios neuromusculares, músculos-equeléticos ou reumatóides que dificultem o exercício.

2.3 METODOLOGIA

Para a realização do teste ergométrico é necessária uma rigorosa obediência às condições básicas para aplicação de um esforço físico graduado, uma vez que a finalidade é avaliar respostas clínicas, eletrocardiográficas e hemodinâmicas.

2.3.1 Instruções ao Paciente e as Etapas do Teste

É imprescindível a disponibilidade de pessoal habilitado e de equipamentos para eventuais emergências, além de recomendar-se aos pacientes que façam repouso habitual na noite que antecede o teste e que não realizem qualquer atividade física durante as 24 horas que antecedem o exame (ALFIERI; JR; GUIMARÃES, 2004, p. 189).

Muitos pacientes são extremamente ansiosos, podendo executar o teste de esforço de maneira inconveniente, caminhando de forma rígida e tensa sobre a esteira, por isso, é de grande importância explicar o propósito e a seqüência do exame. A ansiedade pode ser minimizada por uma explanação detalhada e prévia, podendo incluir, por exemplo, uma demonstração de como caminhar sobre a esteira (HANSON, 1994, p. 208), os detalhes do funcionamento dos equipamentos (como exemplo, a presença da chave de desligamento de emergência que só deve ser acionada quando o paciente realmente não tem condições físicas e/ou clínicas de continuar o exame), explicar que deve-se buscar o seu esforço máximo, evitando parar e/ou desistir se não houver sintomas que indiquem a interrupção do teste. Além disso, lembrar ao paciente de que os apoios laterais e frontais devem ser utilizados apenas como suporte, para não perder o equilíbrio, não havendo necessidade de segurar com força, fato este que pode reduzir a sensação de trabalho realizado, acarretando em um aumento no tempo de exercício, e muitas vezes superestimando a capacidade de esforço (FERGUSON; MYERS; FROELICHER, 2004, p. 70), como observado na Figura 1.

Figura 1 - Efeitos da corrida e da marcha em esteira rolante, com e sem apoio de membros superiores. O efeito do padrão de atividade e do grau de suporte externo nas demandas metabólicas e cardiovasculares num indivíduo exercitando-se sob velocidade e inclinação da esteira constantes. Note-se que o maior e menor estresse são atingidos na corrida sem suporte e na marcha com suporte (C e B respectivamente). Observar, ainda, que: (i) o suporte externo reduz acentuadamente as demandas, principalmente na marcha (A-B vs. C-D) e (ii) há aumento dessas demandas quando se passa da marcha para a corrida (A vs. C e B vs. D). Fonte: NEDER; NERY, 2002, p. 160.

Antes de iniciar o exercício, são obtidos registros eletrocardiográficos do paciente em diferentes condições: posição supina, sentado ou em pé (quando o exame é realizado em cicloergômetro ou esteira rolante, respectivamente), e realizando manobra de hiperventilação, pois algumas variações significantes no segmento ST ou na onda T podem ocorrer enquanto o paciente mantém-se em pé ou após a hiperventilação (HANSON, 1994, p. 208). Rocha (1998, p.89) cita que tais variações podem ser decorrentes não apenas pela mudança na posição corporal, mas também por alterações hormonais levando a resultado falso-positivo. A manobra de hiperventilação é importante por provocar uma constrição coronariana, a qual pode revelar alterações eletrocardiográficas. Já Ferguson; Myers; Froelicher (2004, p. 70) não consideram necessária a manobra de hiperventilação antes do teste, pois "sujeitos com e sem doença podem ou não apresentar alterações do segmento ST com hiperventilação; a maioria dos pesquisadores não mais considera útil o valor desse procedimento na diminuição do número de respondentes falso-positivos".

Outros registros são feitos durante o teste de esforço a fim de monitorizar o paciente e acompanhar a identificação precoce de respostas anormais frente ao esforço.

O tempo de recuperação inclui um período de caminhada de 2 a 3 minutos a uma velocidade de 2 a 3 mph, seguido de um período de repouso (2 a 3 minutos), onde também são feitos registros eletrocardiográficos, chamada de recuperação mista (procedimentos ativo e passivo), ou apenas uma caminhada (recuperação ativa). Avalia-se ainda, a pressão arterial em repouso, durante o exercício e na recuperação.

O teste é interrompido no caso de sintomas de fadiga muscular, hiperpnéia, obtenção da freqüência cardíaca (FC) máxima prevista, dor precordial, tontura, respostas de pressão arterial anormais, arritmias graves, dentre outros, como pode ser visualizado na Quadro 1.

Quadro 1 – Indicações para interrupção de um teste de esforço.

1. O indivíduo deseja parar.
2. Falha no sistema de monitorização.
3. Angina progressiva.
4. Início precoce de grave horizontalização ou depressão ou elevação de ST.
5. Taquicardia supraventricular mantida.
6. Taquicardia ventricular.
7. Bloqueio de ramo direito ou esquerdo provocado pelo exercício associado à doença de base.
8. Qualquer queda significante (10 a 20 mmHg) na pressão sanguínea sistólica ou incapacidade de elevação da pressão sanguínea sistólica com aumento na carga de exercício após o período inicial de ajustamento.
9. Tontura, confusão, ataxia, palidez, cianose ou sinais de severa insuficiência circulatória periférica.
10. Excessiva elevação na pressão sanguínea: pressão sistólica maior que 250mmHg; pressão diastólica maior que 120mmHg.
11. Complexos ventriculares prematuros R ou T.
12. Bradicardia inapropriada inexplicada: elevação na freqüência de pulso que é mais lenta do que 2 desvios-padrão abaixo dos valores normais ajustados para a idade.
13. Início de bloqueio de segundo ou terceiro grau.
14. Extrassístoles polimórficas.
15. Aumento na ectopia ventricular.

Modificado de HANSON, 1994, p. 208.

2.3.2 Equipamentos Utilizados

ERGÔMETROS

Devem ser preferencialmente com controle de carga por dispositivos eletrônicos ou eletromagnéticos, dispondo de uma interface de comunicação com um computador central, para onde serão enviadas informações como velocidade, inclinação, rotações por minuto, dentre outros, além de possibilitar um preciso comando de variação de cargas. Dentre os ergômetros mais utilizados destacamos algumas características e requisitos obrigatórios:

Esteira Rolante:

- Deve suportar pacientes com diferentes pesos corpóreos (pelo menos até 157,5 kg);
- Deve possibilitar a regulagem da velocidade, elevação e tempo de exame;
- Deve permitir tanto a caminhada quanto a corrida;
- Recomenda-se a presença de apoios laterais e frontais;
- A plataforma da esteira deve ter, no mínimo, 127cm de comprimento e 40,64 cm de largura;
- Deve disponibilizar de programação automática de velocidade, inclinação e tempo de exame, com intervalos de 1 minuto (no mínimo), entre os estágios do exame;
- Deve apresentar compensação automática de velocidade em função do peso do paciente (o equipamento aplicará maior força para compensar a carga, a fim de manter sempre a velocidade solicitada pelo protocolo),
- Presença de chave de desligamento de emergência de fácil acesso tanto para o médico como para o paciente.

Cicloergômetro:

- Pode ser uma alternativa à esteira quando o paciente apresenta limitações ortopédicas, neurológicas ou vasculares periféricas;
- Pode ser com frenagem mecânica (são mais baratos e leves, porém o paciente deve manter uma velocidade fixa de pedaladas para manter o trabalho constante) ou com frenagem eletromagnética (são mais caros, menos portáteis, porém dispõem de ajuste interno de resistência, capaz de manter o trabalho de acordo com a velocidade de pedaladas),
- A qualidade do traçado eletrocardiográfico e a medida da pressão arterial tendem a ser melhores que na esteira, e as respostas fisiológicas são diferentes (o consumo máximo de oxigênio, por exemplo, é cerca de 5 a 20% mais baixo, e a resposta pressórica por carga de trabalho é proporcionalmente maior).

Comparando os ergômetros:

Bicicleta ergométrica X Esteira

A bicicleta ergométrica é mais barata, ocupa menos espaço e faz menos barulho, porém a esteira é o ergômetro de maior aceitação. Segundo Leite (1993, p. 110), estes dois ergômetros apresentam vantagens e desvantagens.

Bicicleta ergométrica

Vantagens:

- permite aumento de cargas pequenas em unidades pequenas;
- mais fácil de se prescrever exercícios;
- técnica mais simples;
- pode ser usada em diferentes posições e situações, por isso é útil na avaliação de pacientes com problemas neuromusculares e ósseos dos membros inferiores, com lesões medulares, miopatias de membros inferiores, amputados;
- pode-se usá-la para avaliações simultâneas (ex: ergometria e cateterismo cardíaco);
- fácil de ser transportada (pesquisas fora do laboratório),
- menor custo financeiro.

Desvantagens:

- envolve menor massa muscular durante o exercício em relação a esteira; consequentemente, em geral, o indivíduo deixa a prova sem atingir o VO_2máx;
- fadiga precoce de quadríceps femoral, antes de atingir adequado nível de exercício;
- requer que o praticante saiba pedalar,
- para um mesmo VO_2máx, DC (débito cardíaco) é igual ou menor e o VS (volume sistólico) inferior ao observado na esteira rolante.

Esteira

Vantagens:

- usa um tipo comum de exercício (caminhar, correr);
- usa massa muscular maior,
- para um mesmo VO_2máx, impõe menor estresse ao sistema cardiovascular.

Desvantagens:

- custo financeiro elevado;
- maior dificuldade na obtenção do eletrocardiograma (ECG) e tomada de pressão arterial (PA);
- pesada e barulhenta.

Apresentamos, no Quadro 2, um resumo comparativo do uso de esteira e bicicleta ergométrica, do Consenso Nacional de Ergometria, publicado em 1995 (MASTROCOLLA, 1995, p. 197).

Quadro 2 – Análise comparativa entre cicloergômetro e esteira rolante.

Análise comparativa entre cicloergômetro e esteira rolante		
Aspectos operacionais	**Cicloergômetro**	**Esteira rolante**
Custo	Muito menor	Muito maior
Dimensões	Menores	Maiores
Nível de Ruído	Menor	Maior
Manutenção	Mais fácil	Mais difícil
Aspectos técnicos		
Ausculta cardiopulmonar	Possível	Mais difícil
Medida da PA	Mais fácil	Mais difícil
Qualidade do traçado de ECG	Similar/Melhor	Similar
Aspectos fisiológicos		
VO máximo	Menor	Maior
FC máxima	Menor	Maior
PAS máxima	Maior	Menor
DP máximo	Similar	Similar
Limiar Anaeróbico	Menor	Maior
Estimativa do gasto energético	Mais precisa	Menos precisa
Aspectos do cliente		
Risco de acidentes	Menor	Maior
Insegurança/medo	Menor	Maior
Adaptação/facilidade	Menor	Maior

* Cicloergômetro clássico, usando somente membros inferiores, de frenagem mecânica ou eletromagnética; FC- freqüência cardíaca; PAS- pressão arterial sistólica; DP- duplo produto

Modificado de MASTROCOLLA, 1995, p. 197.

Cicloergômetro de braço:

- É uma alternativa para realização de teste em indivíduos com incapacidade funcional de membros inferiores;
- Também pode ser utilizada na avaliação ocupacional de indivíduos cujo trabalho exija a movimentação dos membros superiores e porção superior do tronco;
- O exercício é realizado com uma manivela ergométrica, com o indivíduo sentado ou em pé; esta última posição permite uma maior utilização do tronco e grupos musculares

posturais, possibilitando um pico de estresse cardiopulmonar mais alto (HANSON, 1994, p. 205).

OUTROS EQUIPAMENTOS

Ao considerar a aplicação dos testes ergométricos, também devemos selecionar outros equipamentos indispensáveis e que são utilizados para este procedimento, como:

- Monitorização da pressão arterial: estetoscópio e esfigmomanômetro;
- Monitorização cardíaca: monitor para observação contínua e eletrocardiógrafo para registros de ECG e contagem de freqüência cardíaca;
- Material para emergência médica: desfibrilador, oxigênio, seringas e agulhas descartáveis, esparadrapo, equipamento de aspiração, luvas, gaze, algodão, cateter intravenoso, laringoscópio, entre outros;
- Medicamentos para urgência médica: solução de glicose, solução fisiológica, antiarrítmicos, broncodilatadores, anticoagulante, diuréticos, entre outros.

2.3.3 Ambiente

A sala de exames deve ser bem iluminada, ventilada ou refrigerada e com dimensões suficiente para acomodar todos os equipamentos. Deve também permitir a circulação de pelo menos 3 pessoas, caso ocorram situações emergenciais; uma área para o preparo do paciente, como vestiário e banheiro, também é importante.

2.3.4 Protocolos

> O princípio básico de todo protocolo para o teste de esforço graduado é um aumento progressivo no trabalho externo de grandes grupos musculares (usualmente das pernas) a um ponto final de fadiga, VO_2máx, ou à interrupção devido a respostas anormais (HANSON, 1994, p. 204).

PROTOCOLOS EM ESTEIRA ERGOMÉTRICA

Simula a grande maioria das atividades físicas, permitindo um teste máximo mais condizente com a realidade da condição aeróbia e anaeróbia geral, devido ao maior envolvimento muscular, e por se assemelhar com movimentos rotineiros. Os protocolos mais comumente utilizados estão descirtos no Quadro 3.

Quadro 3 – Protocolos mais comumente utilizados.

Protocolo	Indicações	Velocidade Inicial	Inclinação	Tempo/ estágio	Objetivo*
Bruce (Hanson,1994,p.204)	Paciente cardíaco (exceto aqueles com baixo limiar anginoso, ou pós- infarto miocárdico antes da alta hospitalar); Jovens; Reabilitação cardíaca (fase III).	1,7 mph	10% até 22%	3 minutos	Exaustão, Máximo ou Submáximo
Bruce modificado (TEBEXRENI et al., 2001, p. 521)	Idosos; Indivíduos com capacidade física limitada por doença; Reabilitação cardíaca (fase I para fase II).	1,7 mph	0% até 22%	3 minutos	Exaustão, Máximo ou Submáximo
Ellestad (NEDER;NERY, 2002, p. 167)	Indivíduos fisicamente ativos; Jovens.	1,7 mph	10% até 25%	2 e 3 minutos	Exaustão, Máximo ou Submáximo
Naughton (MASTROCOLLA, 1995, p. 196)	Idosos e sedentários; Pacientes com evolução recente de infarto agudo do miocárdio; Portadores de insuficiência cardíaca compensada; Reabilitação cardíaca (fase I para fase II).	1,0 mph	0% a 20%	2 minutos	Máximo ou Submáximo
Balke (HANSON, 1994, p. 204)	Pacientes cardíacos; Reabilitação cardíaca	3,3 mph	2,5% até 30%	1 minuto	Exaustão, Máximo ou Submáximo

* Depende da condição física e/ou clínica do paciente.

Apresentamos a seguir, nos Quadros 4, 5 e 6, os protocolos de testes ergométricos mais utilizados em avaliações em esteira rolante.

Quadro 4 – Protocolo de Bruce.

Protocolo de Bruce						
Estágio	Km/h	MPH	Inclin %	minutos	VO_2	MET
1	2,4	1.7	10	3	17,	5 5
2	4,0	2.5	12	3	24,5	7
3	5,5	3.4	14	3	35,0	10
4	6,7	4.2	16	3	45.5	13
5	8.0	5.0	18	3	56.0	16
6	8,8	5.5	20	3	665	19
7	9,6	6.0	22	3	77.0	22
Km/h e MPH representam a velocidade da esteira : Inclin % a elevação da rampa em relação à horizontal: VO_2 o consumo de oxigênio (ml.kg.min) e MET o consumo de oxigênio em unidades metabólicas.						

Fonte: MASTROCOLLA , 1995, p. 197.

Quadro 5 – Protocolo de Ellestad.

Protocolo de Ellestad						
Estagio	Km/h	MPH	Inclin %	minutos	VO_2	MET
1	2,4	1.7	10	3	17.5	5
2	4,8	3.0	10	2	24,5	7
3	6,4	4.0	10	2	31.5	9
4	8.0	5.0	10	3	42.0	12
5	8,0	5.0	15	3	49.0	14
6	9.6	6.0	25	3	56.0	17
Km/h e MPH representam a velocidade da esteira: Inclin % a elevação da rampa em relação à horizontal . VO_2 o consumo de oxigênio (ml . kg . min) e MET o consumo de oxigênio em unidades metabólicas.						

Fonte: MASTROCOLLA, 1995, p. 197.

Quadro 6 – Protocolo de Naughton.

protocolo de Naughton						
Estágio	Km/h	MPH	Inclin %	minutos	VO_2	MET
1	1,6	1.0	0%	2	5,4	1,5
2	3,2	2.0	0%	2	7,0	2,0
3	3,2	2.0	3.5%	2	10,5	3,0
4	3,2	2.0	7%	2	14,0	4,0
5	3,2	2.0	10.5%	2	17,5	5,0
6	3,2	2.0	14%	2	21,0	6.0
7	3,2	2.0	17.5%	2	24,5	7,0
8	3,2	2.0	20%	2	28	8.0
km/h e MPH representam a velocidade da esteira: Inclin % a elevação da rampa em relação à horizontal ; VO_2 o consumo de oxigênio (ml . kg . min) e MET o consumo de oxigênio em unidades metabólicas.						

Fonte: MASTROCOLLA, 1995, p. 197.

Observação: Este protocolo, ao eliminar os estágios 1 e 2 (iniciando a partir do estágio 3), é chamado de Nauhgton modificado.

Alguns autores como Ferguson; Myers; Froelicher (2004, p. 75) e Tebexreni et al. (2001, p. 521) defendem a utilização dos testes de rampa (o trabalho aumenta constante e continuamente), pois os incrementos de trabalho são pequenos e individualizados, podendo-se definir a duração de determinado teste (aproximadamente 10 minutos). Em um trabalho realizado por Myers e colaboradores (apud TEBEXRENI et al. 2001, p. 522), a correlação entre VO_2 predito e alcançado para determinada carga de trabalho foi maior nos protocolos de rampa individualizados e menor nos protocolos que apresentam maiores incrementos de carga (Protocolo de Bruce, por exemplo), sugerindo que o VO_2 é superestimado para os testes que apresentam maiores incrementos de trabalho, havendo maior discrepância do valor estimado de VO_2 por carga de trabalho em relação ao teste de rampa individualizado.

> Nos protocolos de rampa, o aumento da carga de trabalho é contínuo de tal forma que as condições do estado de equilíbrio não sejam atingidas sendo, uma limitação, o requerimento da estimativa prévia da capacidade funcional individual, baseada numa escala de atividade que, se mal delimitada, pode ocasionar um teste de "endurance", ou ainda, provocar a interrupção precoce da avaliação (TEBEXRENI et al., 2001, p. 522).

PROTOCOLOS EM BICICLETA ERGOMÉTRICA

> A posição sentada e a manutenção do tórax em posição fixa possibilitam, mesmo em exercício, não só a obtenção de traçados de boa qualidade, como também curva fidedigna da pressão arterial sistêmica (ALFIERI; JR; GUIMARÃES, 2004, p. 187).

A maioria dos protocolos inicia-se com uma sobrecarga de 25W e aumenta 25W a cada 2 minutos. Indivíduos mais novos podem iniciar com 50W e um aumento de 50W a cada 2 minutos.

Na seqüência, apresentamos no Quadro 7, um exemplo de protocolo utilizado em bicicleta ergométrica (Protocolo de Astrand).

Quadro 7 - Protocolos dos testes em bicicleta.

Protocolos dos Testes em Bicicleta

Indivíduos muito pouco condicionados		
Estágio	*Tempo Minutos*	*Carga Watts*
1	3	25
2	3	50
3	3	75
4	3	100
5	3	150
6	3	200
7	3	250*
Indivíduos com bom condicionamento físico		
Estágio	*Tempo Minutos*	*Carga Watts*
1	3	50
2	3	100
3	3	150
4	3	200
5	3	250
6	3	300
7	3	350*

**Incrementos sucessivos de 50 Watts a cada 3 minutos até a conclusão da prova.*

Fonte: MENEGHELO; ARAKAKI, 1997, p. 65.

PROTOCOLO DE PISTA

Os testes de esforço em esteira e bicicleta ergométrica podem ser difíceis para muitos pacientes com insuficiência cardíaca, sendo o teste de caminhada de 6 minutos, nesses casos, de grande valia.

Neste tipo de teste, os indivíduos caminham em um corredor de 30 a 50 metros, durante 6 minutos, a distância total é determinada ao fim do teste, e os sintomas experimentados pelo paciente são anotados. Deve-se orientá-lo a realizar o maior esforço possível, podendo interromper o teste a qualquer momento.

Devido ao efeito do aprendizado, os pacientes apresentam melhor performance após o primeiro teste; então é necessário realizar o exame de 2 a 3 vezes, em um mesmo dia, após um período de recuperação entre cada teste, e selecionar o melhor resultado. Rodrigues; Mendes; Viegas (2004, p. 124) verificaram um aumento de 8% na distância percorrida no segundo teste realizado em um mesmo dia, o que sugere "adaptação do paciente em relação aos aspectos práticos do teste, tais como o controle da ansiedade, o reconhecimento dos limites da prova, e a adaptação neuromuscular em relação à atividade a ser realizada".

2.4 SINAIS E SINTOMAS A SEREM OBSERVADOS DURANTE O EXAME

Cansaço, fadiga e dispnéia são sintomas subjetivos, mas representam alta reprodutibilidade na intensidade do esforço em testes repetidos. A dor torácica é o sintoma mais importante, devendo-se avaliar o modo de aparecimento, o momento, a intensidade, evolução, caráter, fenômenos associados e irradiação. Além disso, também podem ocorrer tontura, palidez, sudorese, estafa física e devem ser relacionados às condições hemodinâmicas e à resposta eletrocardiográfica frente ao esforço.

Deve-se observar a duração total do esforço e, caso ocorra algum sintoma ou variação eletrocardiográfica, analisar em qual intensidade ou fase do teste houve tal alteração.

O início da angina típica durante o exercício é um fator preditivo de doença cardíaca coronariana, porém, menos de 50% de indivíduos portadores de doença arterial coronariana experimentam angina com esforço máximo ao exercício e, além disso, o grau dos sintomas de angina não está relacionado diretamente com a extensão da doença. (HANSON, 1994, p. 209).

Uma maneira de estratificar o risco de portadores de angina estável é a utilização de equações matemáticas (escores prognósticos) desenvolvidas através de variáveis clínicas e ergométricas. Pode-se utilizar o escore de Duke, que resulta da equação: tempo do exercício (em minutos) - 5 x depressão do ST (em milímetros) - 4 x índice anginoso (1 ausência de angina, 2 presença de angina e 3 angina como causa de interrupção do exercício). O valor igual ou superior a 5 representa baixo risco, com mortalidade anual igual ou inferior a 1%. O valor compreendido entre 4 e -10 representa risco intermediário, com mortalidade anual estimada entre 1 a 3%. O valor inferior a -10 representa risco elevado de futuros eventos (CÉSAR, 2004, p. 11).

Durante e após o teste, pode ser feita uma avaliação subjetiva da intensidade do esforço realizado, utilizando as escalas de percepção proposta por Borg (BORG; NOBLE, 1974), como apresentado no Quadro 8.

Quadro 8 – Avaliação subjetiva do esforço – Borg.

Avaliação subjetiva do esforço - Borg	
Tabela linear de percepção subjetiva do esforço físico (Borg)	
Grau	Avaliação
Modelo 1	Modelo 2
6	
7	muito, muito fácil
8	
9	muito fácil
10	
11	fácil
12	
13	ligeiramente cansativo
14	
15	cansativo
16	
17	muito cansativo
18	
19	muito, muito cansativo
20	exaustivo
Tabela não linear de percepção subjetiva do esforço físico (Borg)	
Modelo 1	Modelo 2
00	
0,5	muito, muito fácil
1,0	muito fácil
2,0	fácil
3,0	levemente cansativo
4,0	moderamente cansativo
5,0	cansativo
6,0	
7,0	muito cansativo
8,0	
9,0	
10	exaustivo
•	máximo

Fonte: MASTROCOLLA, 1995, p. 203.

2.4.1 Respostas Hemodinâmicas

Monitorar respostas hemodinâmicas durante a realização do teste de esforço é de fundamental importância para avaliar a resposta do paciente ao exercício.

Freqüência cardíaca (FC) - a FC máxima de um indivíduo varia inversamente com a idade, e durante a realização do teste, a tendência é aumentar linearmente com a intensidade do esforço e conseqüentemente com o consumo de oxigênio. A variação da FC do primeiro minuto de esforço tem importante caráter prognóstico, e não deve ultrapassar 20% da FC de repouso.

Durante a recuperação, a FC cai rapidamente e pode aumentar bastante nos últimos segundos do exercício (FERGUSON; MYERS; FROELICHER, 2004, p. 76).

Em indivíduos sedentários, destreinados, ansiosos, comumente ocorre um aumento desproporcional em relação á carga de trabalho imposta. Já a deficiência cronotrópica ou a dificuldade de elevação da FC frente ao nível de esforço empregado, pode ser encontrado em coronariopatas e miocardiopatas. Pode também ocorrer, porém raramente, a queda da FC com a progressão do esforço; caso isto aconteça, deve-se interromper o teste, devido à alta correlação com doença isquêmica. Indivíduos jovens, sadios e que se exercitam até a exaustão podem apresentar episódios de bradicardia no pós-esforço, devido à reação vagal reflexa (MASTROCOLLA, 1995, p. 203).

Pressão arterial sistêmica (PA) – em indivíduos normais, a pressão arterial sistólica (PAS) aumenta juntamente com a intensidade do esforço, não ultrapassando 220mmHg, e a pressão arterial diastólica (PAD) mantém-se constante, ou oscila levemente, aproximadamente10mmHg. Hipertensão reativa, segundo o Consenso Nacional de Ergometria (MASTROCOLLA, 1995, p. 203), relaciona-se aos achados de PAS acima de 220mmHg e/ou elevação de 15mmHg ou mais da PAD, partindo de valores normais de pressão em repouso; indivíduos que apresentam tal resposta hiper-reativa ao esforço possuem probabilidade futura 4 a 5 vezes maior de se tornarem hipertensos. Por outro lado, se o delta PAS (diferença entre a PAS de repouso e de pico) for menor que 35 mmHg, é sinal de patologia. Já no caso de queda do componente sistólico da PA durante o esforço, é indicativo de doença isquêmica grave. Indivíduos jovens e bem condicionados podem sofrer leve hipotensão sistólica ao esforço máximo, ao passo que o aumento da PAS nos 3 primeiros minutos pós-esforço, acima dos valores máximos atingidos durante a fase de trabalho, está relacionado à doença coronariana.

Mulheres apresentam variações de PA sistêmica no esforço sensivelmente menores que os homens, podendo ser registrados níveis fixos e eventualmente queda da PAS, sem evidências de cardiopatias (MASTROCOLLA, 1995, p. 203).

Segundo Ferguson; Myers; Froelicher (2004, p. 80), quando se interrompe o exercício, alguns indivíduos sofrem queda brusca da PAS devido ao acúmulo de sangue periférico; portanto, para evitar desmaios, não se deve deixar os pacientes de pé sobre a esteira. A PAS tende a se normalizar ao se retomar a posição supina durante a recuperação, podendo permanecer abaixo do normal por várias horas após o teste.

VO_2máx - "É a quantidade máxima de oxigênio que a pessoa pode extrair do ar inspirado enquanto pratica exercício dinâmico envolvendo grande massa muscular corporal total" (FERGUSON; MYERS; FROELICHER, 2004, p. 81). Esta captação máxima de oxigênio depende de fatores como a capacidade física natural, condição da atividade, idade e sexo, sendo considerado o melhor índice de capacidade de esforço e função cardiovascular máxima. No teste ergométrico, a impossibilidade de alcançar 5 METS (1 MET equivale a aproximadamente 3,5 ml/kg/min em captação de oxigênio), é um achado clássico de risco elevado de doença arterial coronariana, pois representa capacidade funcional muito fraca (SOCERJ, 2004).

Duplo-produto – É o produto da pressão arterial sistólica pela freqüência cardíaca. De acordo com o Consenso Nacional de Ergometria (MASTROCOLLA, 1995, p. 204), a importância da determinação do duplo-produto reside na avaliação da dor torácica e dos esquemas terapêuticos protetores para isquemia miocárdica, pois reflete o oxigênio consumido pelo miocárdio. Por exemplo, em indivíduos anginosos, o duplo-produto diminui com a progressão do processo coronariano; nos infartados, não existe alteração em relação ao número de artérias lesadas, e nos hipertensos há uma nítida elevação.

2.4.2 Eletrocardiograma (ECG)

A monitorização cardíaca através de registros eletrocardiográficos é um componente essencial do teste de esforço diagnóstico e funcional. Para que tal registro seja eficiente, é necessária a preparação adequada da pele (deve ser higienizada com lixas finas e álcool, para remover o excesso de oleosidade da pele) para o posicionamento dos eletrodos (HANSON, 1994, p. 206).

As respostas eletrocardiográficas normais durante o exercício, de acordo com o Consenso Nacional de Ergometria (MASTROCOLLA, 1995, p. 205) são:

- Onda P: torna-se apiculada e de maior amplitude com a elevação da FC, sem mudanças expressivas na duração;
- Segmento PR: tem sua duração diminuída;
- Onda Q: em geral, aumenta discretamente de amplitude, quando analisada em CM5;
- Onda R: analisada preferencialmente em CM5, tem ampla gama de variações diminuindo, em geral, em níveis máximos de FC e no período de recuperação imediato;
- Onda S: aumenta de amplitude à medida que a onda R diminui;
- Ponto J: apresenta infradesnivelamento progressivo até o esforço máximo, presente também no período de recuperação imediato;
- Segmento ST: habitualmente ocorre infradesnivelamento ascendente e progressivo até o esforço máximo, a partir do ponto J, mas com rápido retorno à linha de base, antes de 0,08s ou 80ms;
- Onda T: de morfologia variável, aumentando mais comumente de amplitude em níveis máximos de FC e no período máximo de recuperação imediato;
- Onda U: normalmente positiva, tem sua análise prejudicada durante o exercício, ficando mascarada pela fusão das ondas T e P decorrente da elevação da FC.

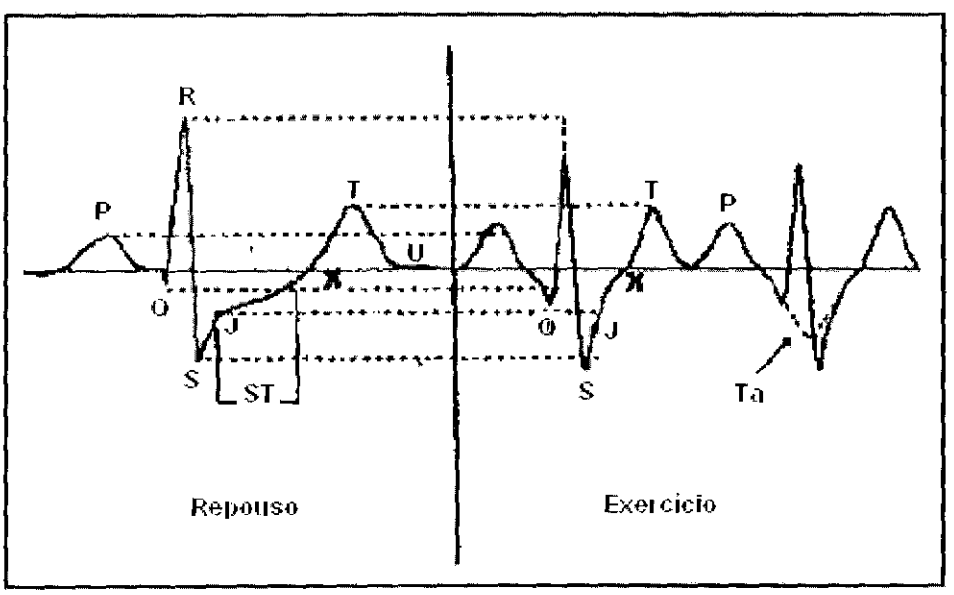


Figura 2 – Modificações eletrocardiográficas normais durante o exercício.
Onda P – despolarização atrial
Complexo QRS – despolarização ventricular
Onda T – repolarização ventricular
Onda U – onda que segue a onda T (não é constante)
Fonte: MASTROCOLLA, 1995, p. 204.

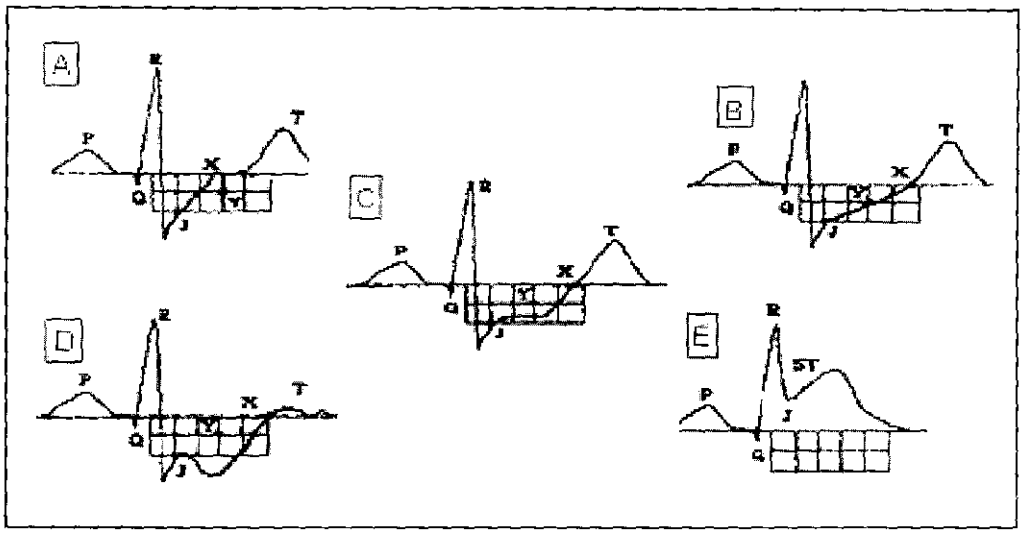


Figura 3 – Modificações eletrocardiográficas anormais mais frequentes durante o exercício. Em A) resposta normal de segmento ST, com rápido retorno à linha de base; B) infradesnível ascendente de ST; C) infradesnível horizontal de ST; D) infradesnivelamento descendente de ST, aferido a partir do ponto J; E) supradesnivelamento de ST. Fonte: MASTROCOLLA, 1995, p. 205.

De maneira resumida, podemos dizer que o teste é negativo ou normal quando há equilíbrio do segmento ST, que mantido junto à linha PQ de base é, geralmente, de morfologia ascendente, durante a realização do exercício. O ponto Y (ponto de referência fundamental, situado a 0,08s ou 80ms do ponto J) não deve ultrapassar –1,0mm no sexo masculino e –1,5mm no feminino, em relação à linha de base (ALFIERI; JR; GUIMARÃES, 2004, p. 190). Já a resposta positiva ou isquêmica, segundo o Consenso Nacional de Ergometria (1995, p. 205) é caracterizada pelo infradesnivelamento do segmento ST , que pode ser horizontal, descendente ou ascendente lento. Essas alterações apresentam os seguintes valores :

- Horizontal = 1mm ou mais, medido na origem do segmento ST (ponto J) e com uma duração de 0,08s;
- Descendente: 1mm ou mais medido na origem do segmento ST (pontoJ);
- Ascendente lento: 1,5mm ou mais, medido a partir do pontoY (0,08s após o ponto J).

Também pode ocorrer supradesnivelamento do segmento ST (menos comum), o qual é caracterizado por um desvio positivo de 1mm em relação à linha de base que une a junção PQ de pelo menos dois complexos QRS sucessivos.

2.4.3 Sensibilidade e Especificidade

No capítulo 2 deste trabalho, apresentamos dados referentes à sensibilidade e especificidade do teste de esforço para a doença coronária (66% de sensibilidade e 84% de especificidade) segundo o Consenso Nacional de Ergometria (MASTROCOLLA, 1995, p. 191).

Um teste diagnóstico ideal daria sempre respostas corretas - positivo para a presença da doença e negativo para a ausência - seria rápido, seguro, incruento, confiável e barato. Por conseguinte, na prática não existe teste ideal.

A seguir, faremos uma breve descrição sobre sensibilidade, especificidade, verdadeiro positivo, falso positivo, falso negativo e verdadeiro negativo, segundo Filho (2004).

Sensibilidade

A sensibilidade de um teste é definida pela proporção de pessoas com a doença de interesse que têm o resultado do teste positivo. Indica quão bom é o teste para identificar os indivíduos doentes.

Um teste sensível raramente deixa de encontrar a doença; testes sensíveis são úteis na fase inicial de diagnóstico quando se têm muitas possibilidades diagnósticas e se quer excluir doenças.

Especificidade

A especificidade de um teste é a proporção de pessoas sem a doença que tem o teste negativo. Indica quão bom é o teste para identificar os indivíduos não doentes.

Um teste específico raramente é positivo na ausência de doença (pouco falso-positivo) sendo a escolha para confirmar um diagnóstico.

Testes específicos são úteis quando os resultados poderão lesar o paciente.

Quando se avalia um teste diagnóstico, 4 situações são possíveis:

a) O teste é positivo e o paciente tem a doença - Verdadeiro Positivo (VP);

b) O teste é positivo mas o paciente não tem a doença - Falso Positivo (FP);

c) O teste é negativo e o paciente tem a doença - Falso Negativo (FN) e

d) O teste é negativo e o paciente não tem a doença - Verdadeiro Negativo (VN).

Obviamente, os melhores testes são aqueles que apresentam poucos resultados falsos-positivos e falso-negativos.

3 EXERCÍCIO FÍSICO

Atividade física pode ser conceituada como qualquer movimento do corpo, produzido pelos músculos esqueléticos, que como resultado haja um gasto energético em níveis maiores que o mesmo em repouso (BRAVI, 2004).

Exercício físico é uma atividade realizada com repetições sistemáticas de movimentos, com conseqüente aumento no consumo de oxigênio devido à solicitação muscular gerando, portanto, trabalho (DIOGUARDI; FALUDI; BERTOLAMI, 2004, p. 110).

A prática de um exercício físico regular tem sido considerada e comprovada como de grande importância na redução de fatores de risco para doenças cardiovasculares, além de oferecer uma melhora na qualidade e vida, pois, quando nos exercitamos, ocorrem alterações no nosso organismo que são benéficas e necessárias para um bom funcionamento orgânico, as quais serão discutidas a seguir.

3.1 AJUSTES FISIOLÓGICOS AO EXERCÍCIO

Durante um esforço físico, o organismo está sujeito a diversas alterações e adaptações circulatórias para garantir a manutenção da homeostasia dos vários tecidos do organismo, e essa resposta ao exercício depende da influência de diferentes moduladores como sexo, idade, natureza e intensidade da atividade, posição corporal e o grau de condicionamento.

Considerando o metabolismo aeróbio, uma melhor capacidade funcional do sistema cardiovascular será obtida conforme esse sistema for mais eficiente em oferecer oxigênio e distribuir o fluxo sanguíneo aos tecidos, pois durante o exercício físico, aumenta a necessidade de oxigênio pelos músculos esqueléticos em atividade, de acordo com a intensidade desta atividade (LEITE, 1993, p. 3).

3.1.1 Ajustes cardiovasculares

Ao iniciar um exercício, o primeiro evento a ocorrer é o aumento do tônus venoso, o qual é mediado por reflexos autônomos. Com isso, o ventrículo direito se distende para receber um maior volume de sangue durante a diástole, e como o coração não é capaz de

bombear mais sangue do que recebe, há um aumento do retorno venoso para que haja aumento do débito cardíaco (ELLESTAD, 1984, p. 6).

O retorno venoso é aumentado com a constrição das veias (através do sistema nervoso central), pela ação bombeadora dos músculos, principalmente os das pernas, o aumento da pressão negativa na inspiração profunda (chamada bomba torácica abdominal) e também pela tendência do sangue em ser desviado de alguns sistemas orgânicos, como o renal e hepatoesplênico (ELLESTAD, 1984, p. 7).

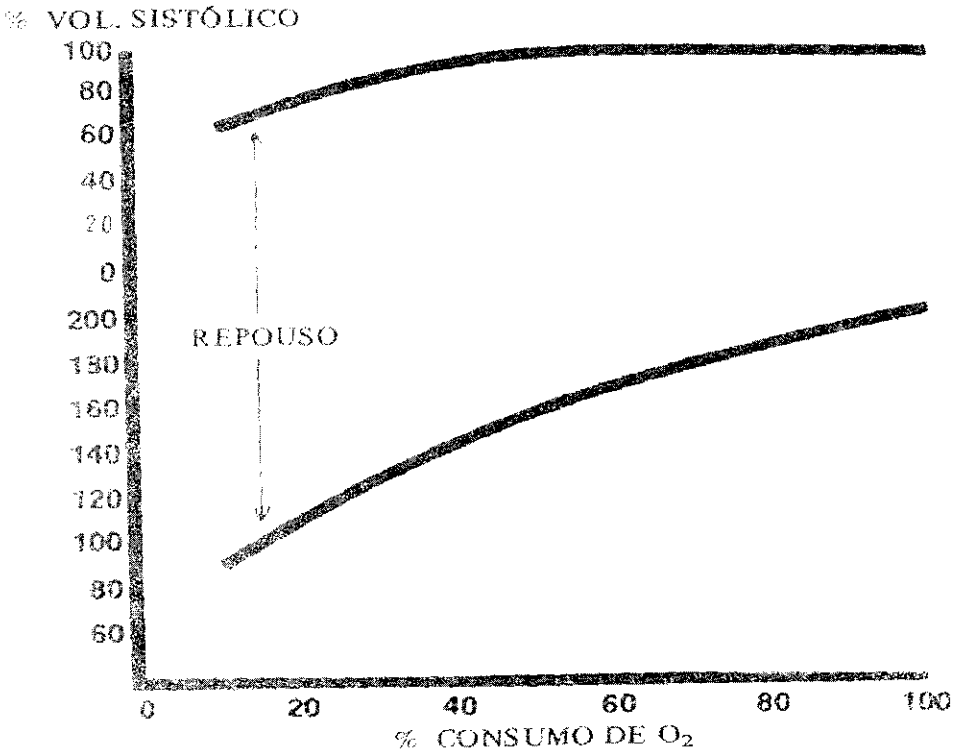


Figura 4 – Volume sistólico. À medida que a freqüência cardíaca aumenta com o exercício, há aumento moderado no volume sistólico de ejeção, que atinge o máximo aproximadamente meio caminho da capacidade máxima de exercício. Fonte: ELLESTAD, 1984, p. 7.

O volume de ejeção sistólico (VES) depende do adequado retorno venoso, da posição do corpo (o VES aumenta do repouso ao exercício moderado), da distensibilidade dos ventrículos e da força de contração miocárdica para garantir eficiência expulsiva. A freqüência cardíaca (FC) também influencia, uma vez que, quanto menor a FC, há um melhor enchimento ventricular (maior pré-carga), ou seja, indivíduos treinados apresentam menor FC para um certo nível de exigência metabólica.

"O aumento do VES com o condicionamento físico, se deve ao maior volume interno das câmaras, (...) secundariamente parece haver melhora da complacência ventricular e aumento do volume plasmático" (NEDER; NERY, 2002, p. 108).

Durante o exercício, o débito cardíaco depende de fatores como: a diminuição da resistência vascular periférica (ocorre principalmente ao nível do sistema muscular, devido á vasodilatação das artérias que suprem os músculos em atividade), aumento do retorno venoso, e também de acordo com o aumento da FC, uma vez que, em posição supina, o VES de repouso é aproximadamente igual aos valores de exercício (90 – 120 ml). "A interação dos efeitos cardíacos periféricos e da estimulação simpática é que permite a obtenção de grandes aumentos do débito cardíaco durante o exercício físico" (LEITE, 1993, p. 10).

A freqüência cardíaca aumenta linearmente com a intensidade do esforço físico e com o aumento do consumo de oxigênio. O principal responsável pelo aumento da FC até 100 bpm durante exercícios leves, é a retirada do tônus vagal; valores mais elevados da freqüência cardíaca deve-se à estimulação β-adrenérgica.

A freqüência cardíaca resulta de várias influências físicas e emocionais como o medo, expectativa, alterações na temperatura, manobras respiratórias e trabalho físico.

Conforme a idade aumenta, a FC máxima declina, "provavelmente pela redução no número e responsividade dos β-adrenoceptores cardíacos e/ou pela degeneração do tecido de condução" (NEDER; NERY, 2002, p. 107).

Segundo Leite (1993, p. 14),

> Astrand, ao estudar o comportamento da freqüência cardíaca durante o exercício físico de intensidade constante, concluiu que, em geral, a freqüência cardíaca estabilizava-se e não variava, exceto se a intensidade do esforço diminuísse. A este "estado de equilíbrio" observado no sexto e oitavo minutos denomina-se "steady-state" para um dado nível de esforço.

Quadro 9 – Exemplificação do comportamento da freqüência cardíaca durante a realização de esforço dinâmico em bicicleta ergométrica em potência constante de 150W, em três diferentes indivíduos.

"Steady-state", freqüência cardíaca e esforço físico
– Indivíduos A, B e C executaram esforço físico em bicicleta ergométrica
– Carga constante de 150 watts

	Freqüência cardíaca (bpm)		
Tempo (minuto)	Indivíduo A	Indivíduo B	Indivíduo C
Repouso = 0	58	76	82
1	98	130	136
2	100	136	142
3	110	139	146
4	118	144	149
5	120	146	165
6	119	148	165
7	118	148	163
8	119	150	167
9	119	149	165
10	119	148	165

O indivíduo A apresenta melhor capacidade funcional pois, para um mesma intensidade de esforço, apresentou menor freqüência cardíaca (FC) que os indivíduos B e C. Ao sexto minuto, A apresentou FC de 119 bpm enquanto C apresentou FC de 165, sendo o esforço leve para A e pesado para C.

Fonte: LEITE, p. 15, 1993.

Durante um exercício, a quantidade de oxigênio extraída pelos tecidos e a redistribuição de fluxo sanguíneo, a partir dos tecidos inativos em direção aos músculos em atividade, é chamada de diferença arteriovenosa. No repouso, a diferença arteriovenosa é aproximadamente 40-50ml de O_2/1000 ml de sangue, podendo aumentar até 160-180 ml de O_2/1000 ml de sangue durante o exercício (LEITE, 1993, p. 20).

Um importante parâmetro que pode avaliar a capacidade funcional do sistema cardiovascular é o consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx), que é definido como a "maior quantidade de oxigênio que o sistema cardiovascular é capaz de entregar aos tecidos do organismo, durante trabalho físico máximo" (LEITE, 1993, p. 63). Ainda segundo este autor, pode-se resumir a importância da medida do VO_2 máx:

- É o melhor parâmetro fisiológico aceito internacionalmente para avaliar, em conjunto, a capacidade funcional do sistema cardiorrespiratório;

- É um parâmetro fisiológico e metabólico para avaliar a capacidade aeróbica durante trabalhos musculares acima do metabolismo basal;
- É um parâmetro ergométrico utilizado para avaliação da capacidade de trabalho do homem em diferentes atividades ocupacionais;
- É um parâmetro fisiológico utilizado para prescrever atividades físicas sob forma de condicionamento físico normal (sedentários, obesos, idosos) ou especial (cardíacos, pneumopatas, diabéticos, etc), ou sob forma de treinamento físico (preparação física de atletas) ou para prescrever atividades físicas ocupacionais no ambiente de trabalho;
- É um parâmetro utilizado para quantificar o efeito do treinamento físico no sistema cardiorrespiratório,
- É usado em estudos epidemiológicos para comparação de capacidade física entre os povos e atletas.

3.1.2 Circulação sangüínea durante o exercício

> O sistema circulatório é uma complexa rede de distribuição de sangue por todo organismo. O coração é a bomba central que ejeta sangue para as artérias que se ramificam em vasos cada vez menores e mais finos até chegar aos capilares onde se processam as trocas metabólicas para a manutenção da vida das células. A seguir, flui dos capilares para as veias que se reúnem em vasos cada vez mais largos até que, por fim, chegam ao coração (LEITE apud VUORI, 1993, p. 37).

Durante um exercício físico as principais funções circulatórias são: fornecer substratos metabólicos aos músculos em atividade; remover e redistribuir os metabólitos; transportar oxigênio; ajustar o tônus vasomotor para redistribuição seletiva do fluxo sanguíneo total; eliminar o calor gerado pelos músculos em atividade e, transportar hormônios necessários à manutenção da homeostase durante o exercício.

O fluxo sanguíneo é distribuído seletivamente como resultado da vasoconstrição reflexa das arteríolas que irrigam as áreas inativas durante o exercício, como fígado, rins e intestino, e da vasodilatação das arteríolas responsáveis pela irrigação dos músculos

esqueléticos e cardíacos, os quais recebem mais sangue sem haver aumento do volume de sangue total.

Segundo Leite (1993, p. 46), a diferente distribuição de sangue nas condições de repouso e de exercício físico intenso, apresenta alguns pontos de destaque:

- Apenas 15 a 20% do débito cardíaco são distribuídos aos músculos esqueléticos em repouso, enquanto no exercício máximo este valor aumenta para 80-85%;
- Durante o exercício, o fluxo sanguíneo que se dirige ao fígado, intestino e rins diminui acentuadamente (no repouso, estas regiões recebem cerca de 50% do débito cardíaco e extraem pequena quantidade de oxigênio disponível; por isso, acredita-se que o fluxo sanguíneo possa ser diminuído nessas áreas durante o exercício, sem provocar sinais ou sintomas graves);
- O fluxo sanguíneo coronariano aumenta 4 à 5 vezes em relação aos valores de repouso, e o fluxo cerebral sofre pequena alteração;
- O fluxo sanguíneo cutâneo durante o exercício depende de fatores ambientais como temperatura e intensidade do exercício.

Nos músculos, as principais alterações são o maior número de capilares abertos a fim de aumentar a densidade capilar funcionante por mm^2 de músculo, e uma maior extração de oxigênio pelos músculos em atividade.

3.2 ADAPTAÇÕES ORGÂNICAS EM RESPOSTA AO EXERCÍCIO FÍSICO

"A inatividade física é classificada como um dos principais fatores de risco que contribuem para doença cardíaca, com um peso global em termos de valor preditivo semelhante ao colesterol sanguíneo elevado, fumo e hipertensão" (FRANKLIN; ROITMAN apud FLETCHER et al., 2003, p. 160).

A maioria dos estudos relacionados ao exercício físico em indivíduos sadios revela melhora na capacidade aeróbica, com aumento de 20% ± 10% do VO_2max. Também ocorre uma redução da freqüência cardíaca (FC) e pressão arterial sistólica (PAS) tanto e repouso como em ritmo de trabalho submáximo, devido ao efeito sobre o sistema nervoso autônomo que reduz as demandas miocárdicas em repouso e durante o exercício. Há uma maior capacidade oxidativa do músculo esquelético, levando a diminuição da produção de ácido lático e fluxo sanguíneo muscular com uma carga fixa de trabalho externo, porém o débito

cardíaco submáximo e a captação de oxigênio não se alteram ou diminuem ligeiramente. Contudo, os indivíduos podem ser beneficiados por um melhor fluxo sanguíneo coronariano e maior perfusão miocárdica (FRANKLIN; ROITMAN, 2003, p. 160).

Além disso, segundo Dioguardi; Faludi; Bertolami (2004, p. 112), a prática de exercício físico também pode levar à melhora de outros fatores, dentre os quais podemos citar:

- fluxo sanguíneo para os músculos e a capilarização;
- lipólise dos triglicérides no tecido adiposo e circulante e transporte dos ácidos graxos do sangue ao sarcoplasma;
- disponibilidade e taxa de hidrólise dos triglicérides intra-musculares;
- transporte dos ácidos graxos através da membrana mitocondrial;
- ativação das enzimas da cadeia oxidativa,
- adaptações hormonais (sensibilidade à catecolaminas e insulina).

Uma das adaptações orgânicas que a atividade física regular pode proporcionar é um aumento do HDL-colesterol e redução do LDL-colesterol, mesmo que não ocorra alteração dos valores de LDL-colesterol com o exercício, há efeito benéfico na redução do risco de doença arterial coronária (DIOGUARDI; FALUDI; BERTOLAMI, 2004, p. 113).

Além disso, ocorre também adaptações respiratórias como maiores volumes pulmonares e capacidade de difusão (FRANKLIN; ROITMAN, 2003, p. 161).

A atividade física regular pode reduzir a morbidade e mortalidade por doenças cardiovasculares através da melhora da condição cardiorrespiratória e pelas modificações benéficas no metabolismo das lípides e carboidratos, além da melhora da composição corporal, redução da obesidade, do estresse, do nível de catecolaminas e também do efeito benéfico na pressão arterial (DIOGUARDI; FALUDI; DIOGUARDI, 2004, p. 115). E ainda, o indivíduo mais condicionado se torna mais eficiente e mais capaz de fornecer e utilizar oxigênio e nutrientes e de resistir à fadiga, além de aprimorar a capacidade de executar as atividades da vida diária (FRANKLIN; ROITMAN, 2003, p. 165).

Quadro 10 – Respostas fisiológicas ao condicionamento aeróbico em indivíduos destreinados.

Variável[a]	**Unidade de Mensuração**	**Resposta**
VO_2max	ml/kg/min	↑
Freqüência cardíaca de repouso	batimentos/min	↓
Freqüência cardíaca do exercício (submáx)	batimentos/min	↓
Freqüência cardíaca máxima	batimentos/min	↔(ou leve ↓)
A-vDO_2	ml de O_2/100 ml de sangue	↑
Ventilação-minuto máxima	litros/minuto	↑
Volume sistólico de ejeção	ml/batimento	↑
Débito cardíaco	Litros/min	↑
Volume sanguíneo (em repouso)	Litros	↑
Pressão arterial sistólica	mmHg	↔(ou leve ↑)
Lactato sanguíneo	ml/100ml de sangue	↑
Capacidade oxidativa do músculo esquelético	múltiplas variáveis[b]	↑

[a] Para o exercício máximo, a não ser quando se especifica o contrário

[b] Representa aumentos no número de mitocôndrias e no tamanho do músculo esquelético, na densidade capilar e/ou nas enzimas oxidativas

↑ aumento

↑ redução

↔ nenhuma modificação

Adaptado de FRANKLIN; ROITMAN, 2003, p. 161.

A atividade física regular também pode reduzir a ansiedade e depressão, promover sensações de bem-estar e melhorar o desempenho nas atividades laborativas, recreativas e desportivas (ACSM, 2003, p. 5).

O quadro a seguir mostra, de maneira resumida, os benefícios da prática regular de atividade física.

Quadro 11 – Benefícios da atividade física regular e/ou do exercício.

Aprimoramento na Função Cardiovascular e Respiratória
- Maior captação máxima de oxigênio em virtude de adaptações tanto centrais quanto periféricas
- Ventilação minuto mais baixa para qualquer intensidade submáxima
- Menor custo em oxigênio do miocárdio para uma determinada intensidade submáxima absoluta
- Freqüência cardíaca e pressão arterial mais baixas para determinada intensidade submáxima
- Maior densidade capilar no músculo esquelético
- Limiar do exercício mais alto para o acúmulo de lactato no sangue
- Limiar do exercício mais alto para o início dos sinais ou sintomas de doença (p. ex., angina do peito, depressão isquêmica do segmento ST, claudicação)

Redução nos Fatores de Risco para Doença Arterial Coronariana
- Pressões sistólica/diastólica reduzidas em repouso
- Maiores níveis séricos de colesterol lipoprotéico de alta densidade e menores níveis séricos dos triglicerídios
- Gordura corporal total reduzida
- Gordura intra-abdominal reduzida
- Necessidades de insulina reduzidas, tolerância à glicose aprimorada

Mortalidade e Morbidez Reduzidas
- Prevenção primária (intervenções para prevenir um evento cardíaco agudo)
  1. Os níveis mais altos de atividade e/ou de aptidão estão associados a taxas de morte mais baixas por coronariopatia.
  2. Os níveis mais altos de atividade e/ou de aptidão estão associados com taxas de incidências mais baixas para doenças cardiovasculares combinadas, doença arterial coronariana, câncer do cólon e diabetes tipo 2.
- Prevenção secundária (intervenções após a ocorrência de um evento cardíaco [para prevenir outro evento])
  1. Com base nas metanálises (dados acumulados através de estudos), a mortalidade cardiovascular e devida a todas as outras causas é reduzida nos pacientes pós-infarto do miocárdio que participam em treinamento com exercícios para reabilitação cardíaca, especialmente como um componente da redução multifatorial dos fatores de risco.
  2. Os ensaios controlados e randomizados do treinamento com exercícios para reabilitação cardíaca envolvendo pacientes pós-infarto do miocárdio não apóiam uma redução na taxa de reinfarto não-fatal.

Outros Benefícios Postulados
- Menor ansiedade e depressão
- Sensações de bem-estar aprimoradas
- Melhor desempenho nas atividades laborativas, recreativas e desportivas

Fonte: ACSM, 2004, p. 4.

Observação: A prática de atividade física e/ou exercício regular também promove redução da mortalidade na Insuficiência cardíaca.

4 CONSIDERAÇÕES SOBRE A ERGOMETRIA E A PRESCRIÇÃO DE EXERCÍCIOS

Como descrito no Capítulo 2, o teste ergométrico é considerado um exame cardiológico não- invasivo de alta sensibilidade e especificidade, uma vez que, além dos parâmetros eletrocardiográficos, são analisados também as varáveis clínicas, metabólicas e hemodinâmicas.

Existem diversas formas para estudarmos as funções cardiovasculares em um paciente em repouso; porém, esta investigação perde o sentido, especialmente, quando a queixa principal só ocorre durante um esforço físico. Por isso, a importância do teste ergométrico, tanto em indivíduos sintomáticos, quanto em assintomáticos, pois o exercício físico pode desencadear respostas anormais do sistema cardiovascular (LEITE, 1993, p. 153).

Um dos objetivos da ergometria é ser utilizada como método diagnóstico preventivo, pelo fato de identificar e diferenciar as respostas cardiovasculares, além das normais, as anormais e atípicas durante o exercício físico, dentre as quais podemos citar, segundo Leite (1993, p.154 – 168):

- Incapacidade cronotrópica: resposta anormal da freqüência cardíaca durante o exercício;
- Incapacidade inotrópica: insuficiência relativa de bombeamento cardíaco (está relacionada à pressão arterial sistólica, volume sistólico e duplo-produto);
- Hipertensão reativa: pressão diastólica anormal;
- Sinais e sintomas que indicam deficiência cardiovascular durante e/ou após o exercício: dor precordial, palpitações, fadiga, dispnéia, palidez, cianose, broncoespasmo, entre outros.

A ergometria também é de grande importância antes de iniciar uma prática de exercícios ou para controle da melhora aeróbica para aqueles que já estão sob treinamento prévio, a fim de avaliar a capacidade funcional do indivíduo e verificar se há ou não presença de anormalidades do sistema cardiovascular, como em alguns exemplos citados anteriormente. Em atletas, o teste de esforço pode ser utilizado com o objetivo de avaliar a resposta ao treinamento, declínio no desempenho ou sintomas induzidos pelo exercício (FERGUSON; MYERS; FROELICHER, 2004, p. 67).

De acordo com Alfieri; JR e Guimarães (2004, p.193) tem sido muito discutido o confronto de programas de treinamento contínuo e intermitente, quanto a sua ação sobre o sistema cardiovascular em atletas, uma vez que com a ergoespirometria (avaliação

cardiorrespitaróría durante o esforço físico dinâmico) é possível estabelecer, com relativa precisão, os intervalos importantes na prescrição de exercícios, podendo atuar sobre os determinantes individuais de trabalho aeróbio ou anaeróbio. Contudo, o teste de esforço também é de grande importância para prescrição de exercícios, pois a partir deste exame pode-se verificar a FC máxima alcançada e avaliar a intensidade em porcentagem de VO_2 máx de maneira individualizada.

Além do acompanhamento da capacidade aeróbica e como método preventivo, a ergometria vem sendo amplamente utilizada objetivando a prescrição de exercícios para pacientes em pré e pós-operatórios e reabilitação cardíaca.

Um estudo realizado por Alfieri (1996, p. 56) envolvendo o teste de esforço na evolução recente do infarto do miocárdio, revelou que o teste de esforço precoce é um método seguro e sua realização antes da alta hospitalar fornece auto-confiança ao paciente e seus familiares, além de proporcionar ao médico, uma maneira segura de realizar a avaliação objetiva da capacidade funcional, e consequentemente, a readaptação às tarefas após a alta hospitalar. O teste ergométrico precoce nesses pacientes auxilia tanto na detecção de doentes de alto risco, que podem desenvolver eventos coronarianos após a alta hospitalar, quanto pacientes de baixo risco, os quais não requerem tratamento especial ou maiores restrições à atividade física.

O teste ergométrico também é utilizado em pós-operatórios de revascularização miocárdica, como método não-invasivo de triagem para os pacientes que devem ou não ser reestudados invasivamente (CHALELA; LIMA; MOFFA, 1996, p. 62).

De acordo com Castro e Frison (1996, p. 63), o teste de esforço é importante na estratificação de risco pós-infarto para separar pacientes de baixo risco com teste normal, e que não necessitam realizar outros exames pela sua baixa morbi-mortalidade, de pacientes que apresentam alterações significativas ao teste de esforço e que necessitam de exames complementares para orientar a terapêutica para melhorar a sobrevida nesse grupo de alta morbi-mortalidade.

Recomenda-se a realização do teste ergométrico pelo menos anualmente, para homens com idade superior a 30 anos e mulheres com idade superior a 40 anos. No entanto, isto pode ser modificado de acordo com a indicação do médico assistente e presença de fatores de risco para doenças cardiovasculares, sendo que as indicações devem ser individualizadas (ALFIERI; JR; GUIMARÃES, 2004, p. 185).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, sabemos da importância da realização de uma atividade física regular e sua relação como fator coadjuvante na prevenção primária e secundária da cardiopatia isquêmica; além disso, cada vez mais orientações específicas quanto á práticas de exercícios físicos estão sendo solicitadas (ALFIERI; JR; GUIMARÃES, 2004, p. 185).

O teste ergométrico, pelo fato de permitir o acompanhamento das respostas clínicas, cardiovasculares, cardiorrespiratória, eletrocardiográfica e metabólica, além da estratificação de risco durante o esforço, é considerado um instrumento de investigação clínica essencial que facilita a interpretação das respostas fisiológicas e patológicas ao exercício físico.

A partir do que foi estudado neste trabalho, pode-se dizer que o teste ergométrico atual é a metodologia de melhor relação custo-benefício no que diz respeito à cardiologia não-invasiva para as aplicações diagnósticas, prognósticas e terapêuticas em indivíduos aparentemente sadios e portadores de doenças cardiovasculares, e para as avaliações funcionais em atletas e em indivíduos normais.

Também deve-se lembrar que a prática de uma atividade física regular promove um aprimoramento na função cardiovascular e respiratória, uma redução nos fatores de risco para doença arterial coronariana, redução de morbidez e mortalidade, além de proporcionar uma sensação de bem-estar e melhorar o desempenho nas atividades da vida diária.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACSM – AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. ***Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição.*** 6ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

ALFIERI, R. G. *Teste de esforço na evolução recente do infarto do miocárdio* In: **Arquivos brasileiros de cardiologia**. v. 67, n. 1, p. 55 – 58, Jul.1996.

ALFIERI, R. G., JR., P. Y., GUIMARÃES, J. I. *Ergometria* In: NETO, T. B., GHORAYEB, N. **O exercício : preparação fisiológica, avaliação médica, aspectos especiais e preventivos**. São Paulo: Atheneu, 2004, p. 185 – 194.

ARAÚJO, C. G. S. *Manual de teste de esforço.* 2ª ed. Rio de Janeiro: Ao livro técnico, 1984.

BRAVI, S. *Atividade física.* Disponível em: < **http://www.corpusfit.com.br/atividadef.asp** >. Acesso em: 03 jul. 2004.

BROOKS, G. A., FAHEY, T. D. *Fundamentals of human performance.* New York: Macmillan Puc. Co. 1987.

CASTRO, I., FRISON, L. *Teste ergométrico na avaliação prognóstica pós-infarto agudo do miocárdio* In: **Arquivos brasileiros de cardiologia.** v. 67 (1), Jul/1996, p. 63 – 67.

CÉSAR, L. A. M. et al. *Diretrizes de doença coronariana crônica angina estável* In: **Arquivos brasileiros de cardiologia.** v. 83, suplemento II, Set/2004.

CHALELA, W. A., LIMA, E. V., MOFFA, P. J. *Teste ergométrico após revascularização cirúrgica e recanalização mecânica do miocárdio* In: **Arquivos brasileiros de cardiologia**. v. 67 (1), Jul/1996, p. 59 – 62.

DIOGUARDI, G. S., FALUDI, A. A., BERTOLAMI, M. C. *Lípides nas atividades física e esportiva* In: NETO, T. B., GHORAYEB, N. **O exercício : preparação fisiológica, avaliação médica, aspectos especiais e preventivos**. São Paulo: Atheneu, 2001, p. 107 - 116.

FERGUSON, C. M., MYERS, J., FROELICHER, V. F. *Considerações gerais sobre o teste de esforço* In: THOMPSON, P. D. **O exercício e a cardiologia do esporte.** São Paulo: Manole, 2004, p. 67 – 103.

FILHO, B. L. *Utilização racional dos testes diagnósticos em cardiologia.* Disponível em: < http://www.unifesp.br/dmed/cardio/ch/utiliza.htm>. Acesso em: 30 nov. 2004.

FRANKLIN, B. A., ROITMAN, J. L. *Adaptações cardiorrespiratórias ao exercício* In: ACSM. **Manual de pesquisa das diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002, p. 160 – 166.

HANSON, P. *Teste de esforço clínico* In: **ACSM. Prova de esforço e prescrição de exercício**. Rio de Janeiro: Revinter, 1994, p. 199 – 217.

LARRY, J. A., SCHAAL, S. F. . *Eletrocardiogramas normais* In: ACSM. **Manual de pesquisa das diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002, p. 415 - 420.

LEITE, P. F. *Fisiologia do exercício, ergometria e condicionamento físico, cardiologia desportiva.* 3ª ed. São Paulo: Robe Editorial, 1993.

LOTUFO, P. A. *Mortalidade precoce por doenças do coração no Brasil – comparação com outros países* In: **Arquivos brasileiros de cardiologia**. v. 70 (5), p. 321 – 325, maio/1998.

MASTROCOLLA, L. E. *Consenso nacional de ergometria.* In: **Arquivos brasileiros de cardiologia**. v. 65 (2), Ago.1995, p. 189 – 211.

MASTROCOLLA, E. L., MENEGHELO, R. S., BARRETTO, A. C. *Apoio do teste ergométrico à decisão clínica.* In: **Arquivos brasileiros de cardiologia** - Simpósio ABC de atualização em temas de ergometria. v. 67 (1), Jul.1996, p. 69 – 75.

MENEGHELO, R. S., ARAKAKI, H. *Testes ergométricos* In: GHORAYEB, N., MENEGHELO, R. S. **Métodos diagnóticos em cardiologia**. São Paulo: Atheneu, 1997.

MOOSS, A., GORDON, N. F. *Base conceitual para avaliação dos fatores de risco de doença arterial coronariana na prática clínica* In: ACSM. **Manual de pesquisa das diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002, p. 3 – 16.

NEDER, J. A., NERY, L. E. *Fisiologia clínica do exercício: teoria e prática.* São Paulo: Artes Médicas, 2002.

NEIVA, P. ***O perigo real*** In: **Revista Veja**, Editora Abril, edição 1850, ano 37, nº 16, p. 90-97, 21 abr. 2004

POWERS, S. K., HOWLEY, E. T. *Mensuração do trabalho, potência e gasto energético* In: POWERS, S. K., HOWLEY, E. T. **Fisiologia do exercício – fisiologia e aplicação ao condicionamento e ao desempenho.** 3ª ed. São Paulo: Manole, 2000, p. 95 – 106.

_____. *Testes de esforço físico paea a avaliação da função respiratória* In: POWERS, S. K., HOWLEY, E. T. **Fisiologia do exercício – fisiologia e aplicação ao condicionamento e ao desempenho.** 3ª ed. São Paulo: Manole, 2000, p. 265 - 284.

ROCHA, J. *Estudo sobre o teste ergométrico falso positivo em homens assintomáticos: avaliação sobre o papel do estrógeno sérico sobre a resposta eletrocardiográfica ao esforço.* 1998. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Médicas. Universidade Estadual de Campinas.

RODRIGUES, S. L.; MENDES, H. F.; VIEGAS, C. A. A. *Teste de caminhada de seis minutos: estudo do efeito do aprendizado em portadores de doença pulmonar obstrutiva crônica* In: **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 30 (2), 2004, p. 121 – 125.

SERRA, S. *Condicionamento físico e pré-condicionamento isquêmico. Fenômenos diferentes, efeitos favoráveis diferentes, maneiras semelhantes de obtenção.* Disponível em: <**www.dercad.org.br/artigos/fisico.asp**>. Acesso em: 17 maio 2004.

_____ . *Excelência na relação custo-efetividade. Razão adicional para indicação de reabilitação cardíaca.* Disponível em: <**www.decard.org.br/artigos/fisico.asp**>. Acesso em: 17 maio 2004.

SERRA, S. M. *Cursos, pré-requisitos e critérios para obtenção do certificado de habilitação em ergometria*. In: **Arquivos brasileiros de cardiologia**. v. 79 (3), set.2002, p. 323 – 325.

STEIN, R., VILAS-BOAS, F. *Normatização de técnicas e equipamentos para realizaçãode de exames em ergometria e ergoespirometria* In: **Arquivos brasileiros de cardiologia**, v. 80 (4), abr.2003, p. 457 – 464.

SOCERJ – SOCIEDADE DE CARDIOLOGIA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. *Abordagem Diagnóstica e Manuseio Terapêutico da Doença Coronária Crônica: Recomendações Oficiais do Consenso da SOCERJ.* Disponível em : http://www.socerj.org.br/recomend/corona/corona2.asp. Acesso em: 16 dez. 2004.

TEBEXRENI, A. S. et al. *Protocolos tradicionais em ergometria, suas aplicações práticas versus protocolo de rampa.* In: **Rev. Soc. Cardiol. Estado de São Paulo**, v. 11 (3), maio/jun. 2001, p. 519-528.

THOMPSON, P. D. *Riscos cardiovasculares do exercício* In: THOMPSON, P. D. **O exercício e a cardiologia do esporte.** São Paulo: Manole, 2004, p. 121 – 137.

VARELLA, D. *Como vai seu coração?* Disponível em: <http://www.drauziovarella.com.br/ponto/jatene_cuidados4.asp> . Acesso em: 28 ago. 2004.

WENGER, N. K., HELLERSTEIN, H. K. *Rehabilitation of the coronary patient.* 2ª ed. New York: John Wiley & Sons, 1984.

7 ANEXO A

ASPECTOS LEGAIS DA PRÁTICA ERGOMÉTRICA

A despeito dos riscos controlados inerentes à prova de esforço e da mínima morbimortalidade[1], relacionada diretamente ao procedimento, mesmo considerando-se populações altamente selecionadas, como por exemplo, evolução precoce do IAM (0,03% de morbidade e 0,02% de mortalidade), deve-se ter pleno conhecimento das possíveis implicações jurídicas na ocorrência de intercorrências potencialmente letais ou deletérias ao paciente. Tal envolvimento norteia-se no código de proteção ao consumidor[2], que é mencionado na lei 8078 de 11 09 90, nos seus artigos:

Art. 6º 1º- São considerados direitos básicos do consumidor: a proteção da vida, saúde e segurança contra os riscos provocados por práticas no fornecimento de produtos e serviços considerados nocivos ou perigosos

Art. 6º 3º - É obrigação do fornecedor informar adequada e claramente sobre os produtos e serviços prestados, com especificação correta da quantidade, características, composição, qualidade e preço, bem como os riscos que eles apresentam

Art. 14º - O fornecedor de serviços responde, independente da existência de culpa, pela reparação dos danos causados ao consumidor, por defeitos relativos a prestação de serviços, bem como por informações insuficientes ou inadequadas sobre sua função e riscos

1º - O serviço é defeituoso quando não fornece a segurança que o consumidor espera, com relação ao modo de fornecimento, resultado, riscos e a época que foi fornecido

Considerando-se as informações acima expostas como verdadeiras, sob o ponto de vista legal e, portanto, passíveis de serem aplicadas sobre um serviço prestado, há necessidade de se definir as responsabilidades médicas básicas, que podem ser traduzidas, como nos dizeres de Duarte e Alfieri[3], de duas maneiras: 1) o paciente deve ser conscientizado dos riscos previsíveis do procedimento, além de consentir na realização do mesmo, 2) o procedimento deve ser realizado cuidadosamente e todas as providências tomadas para minimizar os riscos.

O Consenso Nacional de Ergometria recomenda a utilização do "termo de informação e consentimento" a ser firmado pelo paciente previamente a realização do exame, segundo-se alguns modelos possíveis de utilização

Termo de consentimento para o teste

Sugestão 1 - "*Declaro* que fui informado sobre as finalidades do exame ergométrico a que irei me submeter, estando ciente de sua forma de execução, de eventuais sintomas, cansaço e ou outras anormalidades que poderão advir, conseqüente à aplicação do método"

Sugestão 2 - "*Concordo* voluntariamente em me submeter a um TE, que tem como finalidades principais avaliar as respostas cardiovasculares e gerais, frente a aplicação de esforço físico progressivo. Este poderá ser realizado em esteira rolante ou bicicleta eletromagnética, com possibilidade do aparecimento de sintomas, como cansaço, falta de ar, dor no peito, etc., sendo mínimas as chances de ocorrerem complicações de difícil controle clínico. Tal exame foi indicado pelo meu médico assistente para complementação de avaliação".

Este documento deverá ser assinado pelo paciente e por duas testemunhas. Na eventualidade de acidentes de natureza grave ou fatal decorrentes do procedimento, sugere-se a comunicação e solicitação de parecer da comissão de ética do conselho regional de medicina, de grande valia em caso de contestações jurídicas.

Fonte: MASTROCOLLA, 1995, p. 192.

8 ANEXO B

Tabela I - Habilidades cognitivas para a realização competente de teste ergométrico

A - Características necessárias a realização do exame

Conhecimento das indicações apropriadas do exame.
Conhecimento das contra-indicações, riscos e avaliação do risco do exame em bases individualizadas.
Conhecimento das indicações e contra-indicações de outros testes funcionais e ou de imagem.
Reconhecimento precoce e tratamento correto das complicações inerentes ao exercício.
Capacidade de realizar todas as manobras básicas e avançadas de reanimação cardiopulmonar e certificação em suporte avançado de vida em cardiologia pela SBC, renovada periodicamente.
Conhecimento dos vários protocolos de testes de exercício e suas indicações.
Conhecimento da fisiologia do exercício e das respostas hemodinâmicas e respiratórias ao exercício físico.
Conhecimento das arritmias cardíacas e habilidade em reconhecer e tratar arritmias graves.
Conhecimento das drogas com ação sobre os sistemas cardiovascular e respiratório e sua influência sobre o exercício físico e sobre as variáveis analisadas durante o exame.
Conhecimento dos princípios e detalhes do exame, inclusive preparo do paciente (limpeza da pele e colocação de eletrodos) e mecanismo de funcionamento do equipamento utilizado, bem como suas limitações.
Conhecimento dos defeitos a serem atingidos e indicações para interrupção do exame.

B - Características necessárias à interpretação do exame:

Certificado de Habilitação em Ergometria pelo Departamento de Ergometria da Sociedade Brasileira de Cardiologia
Conhecimento da sensibilidade, especificidade e acurácia diagnóstica do exame em relação às diferentes populações.
Conhecimento de como aplicar o Teorema de Bayes para interpretar os resultados do exame.
Interpretação das alterações eletrocardiográficas relacionadas ao exercício e às diferentes condições patológicas.
Conhecimento de condições que causem falsos-positivos, falsos-negativos e resultados inconclusivos.
Avaliação clínica do paciente durante o exame.
Interpretação das alterações metabólicas relacionadas ao exercício e às diferentes condições patológicas.
Conhecimento do valor prognóstico do exame.
Conhecimento de outros procedimentos diagnósticos e de quando indicá-los.
Conhecimento do equivalente metabólico (MET) e sua relação com intensidade do esforço.

Adaptado por Castro RRT, Nóbrega ACL, Vilas-Boas F e Stein R, de American College of Cardiology/American Heart Association – Clinical competence statement on stress testing. J Am Coll Cardiol 2000;36:1441-53.

Fonte : STEIN; VILAS-BOAS, 2003, p. 458.