



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
MESTRADO EM MEDICINA INTERNA

TESTE ERGOMÉTRICO EM CRIANÇAS E ADOLESCENTES -
COMPARAÇÃO ENTRE OS PROTOCOLOS DE BRUCE E RAMPA

Odwaldo Barbosa e Silva

Recife/PE – 2003



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
MESTRADO EM MEDICINA INTERNA

TESTE ERGOMÉTRICO EM CRIANÇAS E ADOLESCENTES -
COMPARAÇÃO ENTRE OS PROTOCOLOS DE BRUCE E RAMPA

Dissertação apresentada pelo aluno Odwaldo Barbosa e Silva, ao Mestrado em Medicina Interna do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco como um dos requisitos à obtenção do grau de Mestre – área de concentração: Cardiologia.

Orientador Prof. Dr. Lurildo Cleano Ribeiro Saraiva, professor adjunto de Cardiologia do Departamento de Medicina Clínica do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco.

Recife/PE – 2003

Silva, Odwaldo Barbosa e
Teste ergométrico em crianças e adolescentes :
comparação entre os protocolos de Bruce e rampa /
Odwaldo Barbosa e Silva. – Recife : O Autor, 2003.
66 : il., tab.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de
Pernambuco. CCS. Medicina Interna, 2003.

Inclui bibliografia e anexos.

1. Teste ergométrico (Cardiologia infantil) –
Comparação entre protocolos. 2. Protocolos em rampa –
Crianças e adolescentes – Teste ergométrico. 3.
Cardiologia infantil – Teste ergométrico. I. Título.

616.12-071-053.6	CDU (2.ed.)	UFPE
618.9212075	CDD (21.ed.)	BC2003-292

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

REITOR: Prof. Mozart Neves Ramos

VICE-REITOR: Prof. Geraldo José Marques Pereira

PRÓ-REITOR PARA ASSUNTOS DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

Prof. Paulo Roberto Freire da Cunha

CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

DIRETOR: Prof. Gílson Edmar Gonçalves Silva

DEPARTAMENTO DE MEDICINA INTERNA

CHEFE: Prof. Ênio Torreão Soares Castellar

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA INTERNA

COORDENADOR: Prof. Edgar Guimarães Victor

VICE-COORD.: Prof^a. Maria de Fátima Pessoa Militão de Albuquerque

CORPO DOCENTE

Prof^a. Ana Lúcia Coutinho Domingues

Prof^a. Ângela Luiza Pinto Duarte

Prof. Edgar Guimarães Victor

Prof. Edmundo Pessoa de Almeida Lopes Neto

Prof. Fernando Tarcísio Miranda Cordeiro

Prof. Frederico Castelo Branco Cavalcanti

Prof^a. Heloísa Ramos Lacerda de Melo

Prof. Hilton de Castro Chaves Jr.

Prof. José Ricardo Barros Pernambuco

Prof. Luiz Bezerra de Carvalho Jr.

Prof. Lurildo Cleano Ribeiro Saraiva

Prof^a. Magdala de Araújo Novaes

Prof^a. Maria de Fátima Pessoa Militão de Albuquerque

Prof^a. Marília de Carvalho Lima

Prof. Nelson Antônio Moura de Araújo

Prof^a. Norma Lucena Licínio da Silva

Prof^a. Sandra Tereza de Souza Neiva Coelho

Prof^a. Vera Magalhães da Silveira

DEDICATÓRIA

À

minha esposa, Cecilia;

aos meus filhos, Bruno e Gustavo;

à minha mãe, Abdênia;

e às crianças e adolescentes,

que um dia estiveram

sob meus cuidados.

AGRADECIMENTOS

Edgar Victor,
professor na graduação, chefe na residência,
coordenador na especialização e no mestrado, pela
confiança, apoio e participação em todas as etapas da minha formação.

Lurildo Saraiva,
competente orientador na elaboração deste trabalho.

Fátima Militão,
exigente, sempre disponível, alavanca do nosso mestrado.

Augusto Bozza,
pela colaboração com seu artigo
e inspiração no trabalho com as crianças e adolescentes.

Cleusa Lapa, Nadja Arraes, Jane Osias,
e todas as cardiologistas pediátricas,
que acreditaram no meu trabalho e me confiaram as “suas crianças”.

Anne e Fabiana,
pelo árduo trabalho no levantamento das fichas dos arquivos.

Cecilia e Gustavo,
pelo paciente e longo trabalho na digitação do banco de dados.

Lucy, Rose e Solange,
amigas e competentes secretárias.

Esmeralda e Viviane,
dedicadas colaboradoras e nossos anjos da guarda no mestrado.

LISTA DE ABREVIATURAS

ACC	American College of Cardiology
ACSM	American College of Sports Medicine
AHA	American Heart Association
bpm	batimentos por minuto
CIA	comunicação inter-atrial
CIV	comunicação interventricular
ECG	eletrocardiograma
FC	freqüência cardíaca
FC max	freqüência cardíaca máxima
MET's	equivalentes metabólicos (1 MET=3,5mL/kg/min)
mL/kg/min	mililitros de oxigênio consumidos por kilograma de peso corporal por minuto
PA	pressão arterial sistêmica
PB	protocolo de Bruce
PR	protocolo em rampa
PVM	prolapso da válvula mitral
TE	teste ergométrico
VO ₂	consumo de oxigênio corporal
VO ₂ max	consumo máximo de oxigênio
VSAQ	veterans specific-activity questionnaire
WPW	Wolff-Parkinson-White

LISTA DE TABELAS

TABELA I.	Freqüência e freqüência relativa por faixa etária, sexo e tipo de protocolo.	Pág 27
TABELA II.	Distribuição da idade, peso, altura e freqüência cardíaca de repouso, por sexo e tipo de protocolo.	28
TABELA III.	Peso por faixa etária e tipo de protocolo. Pacientes do sexo masculino.	29
TABELA IV.	Freqüência cardíaca de repouso por faixa etária e tipo de protocolo. Pacientes do sexo masculino.	29
TABELA V.	Freqüência cardíaca máxima e tempo de exercício por faixa etária e tipo de protocolo. Pacientes do sexo feminino.	30
TABELA VI.	Freqüência cardíaca máxima e tempo de exercício por faixa etária e tipo de protocolo. Pacientes do sexo masculino.	31
TABELA VII.	Velocidade e inclinação máxima por faixa etária e tipo de protocolo. Pacientes do sexo feminino.	32
TABELA VIII.	Velocidade e inclinação máxima por faixa etária e tipo de protocolo. Pacientes do sexo masculino.	32
TABELA IX.	VO ₂ max (calculado pela fórmula do ACSM / corrida) por sexo, faixa etária e tipo de protocolo.	33
TABELA X.	Velocidade e inclinação sugeridas (inicial e aos 10 min) e VO ₂ alcançado por faixa etária, para orientar a prescrição do exercício no protocolo em rampa nas pacientes do sexo feminino.	48
TABELA XI.	Velocidade e inclinação sugeridas (inicial e aos 10 min) e VO ₂ alcançado por faixa etária, para orientar a prescrição do exercício no protocolo em rampa nos pacientes do sexo masculino.	48

SUMÁRIO

Lista de abreviaturas	
Lista de tabelas	
Resumo	
Summary	
1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	4
2.1. Histórico	4
2.2. Protocolos de Bruce e rampa	6
2.3. Indicações do TE em crianças e adolescentes	9
3. JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS	19
4. CASUÍSTICA, MATERIAL E MÉTODO	21
4.1. Desenho do estudo	21
4.2. Local	21
4.3 População	21
4.4 Definição das variáveis	22
4.5. Coleta dos dados	23
4.6. Descrição e análise dos resultados	24
4.7. Limitações metodológicas	25
4.8. Aspectos éticos	25
5. RESULTADOS	27
6. DISCUSSÃO	34
7. CONCLUSÃO	49
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
9. ANEXOS	60

RESUMO

O teste ergométrico (TE) tem sido realizado nas crianças e adolescentes para avaliar a capacidade de exercício, antes do início de atividades físicas, na presença de doenças cardíacas ou para avaliar sintomas relacionados ao esforço. A esteira tem sido o ergômetro mais usado e o protocolo de Bruce aplicado na maioria dos pacientes. Tem havido maior interesse por protocolos individualizados, com duração entre 8 e 12 min, aumentos constantes e pequenos da velocidade e inclinação, de acordo com o VO_2 max previsto, conhecidos pelo nome de "rampa". O objetivo foi comparar o tempo, FC, velocidade, inclinação e VO_2 max nos protocolos de Bruce ou rampa, em crianças e adolescentes submetidos ao teste ergométrico (TE), e sugerir critérios para a utilização do protocolo em rampa. Foi realizado um estudo observacional, tipo série de casos, com controle histórico, de 1006 crianças e adolescentes entre 4 e 17 anos submetidos ao TE entre outubro de 1986 e fevereiro de 2003, que concluíram um dos dois protocolos. Foram excluídos os que tiveram o TE interrompido por outras causas que não cansaço físico, em uso de medicações que interferiam na FC e limitações físicas à realização do exercício habitual. A análise estatística dos dados foi realizada adotando significância para $p < 0,05$ e intervalo de confiança de 95%. A FC max alcançada foi superior a 180 bpm nos dois protocolos, em todas as idades. O tempo de exercício próximo a 10:00 min, foi praticamente igual nas meninas; nos meninos foi significativamente maior no protocolo de Bruce, com valores superiores a 12:00 min a partir dos 12 anos. A inclinação foi maior nas meninas mais jovens com o protocolo de Bruce, e a velocidade e o VO_2 max maior em todos que realizaram o protocolo em rampa. Com os dois protocolos a FC max ultrapassou a desejada, com menor tempo e maior VO_2 max com o protocolo em rampa. O VO_2 max, a velocidade e inclinação alcançadas, podem ser utilizados como referência, para auxiliar na prescrição do exercício do protocolo em rampa, no teste ergométrico realizado na esteira.

SUMMARY

The exercise test (ET) has been performed in children and adolescents to assess exercise capacity, before the start of physical activities, in the presence of heart disease or to evaluate symptoms related to effort. The treadmill has been the most frequently used ergometer associated with the Bruce protocol. There has been increased interest in individualized protocols, lasting between 8 and 12 min, with small constant increases in speed and inclination, in accordance with the predicted VO_2 max, known as the ramp protocol. The purpose of this study is to compare the duration of effort, heart rate (HR), speed, grade and VO_2 max of the young people submitted to one of these protocols and to suggest approaches for the use of the ramp protocol. A series of cases type observational study was performed on 1006 children and adolescents aged between 4 and 17 years, who had been submitted to the ET from October 1986 to February 2003 and completed one of the two protocols. Those that were excluded had the ET interrupted for causes other than physical fatigue, use of medications that interfered with HR and physical limitations preventing regular exercise. The statistical analysis of the data was done adopting a significance level of $p < 0.05$ and a confidence level of 95%. The duration of the exercise of around 10:00 min, was practically equal among the girls, while with the boys it was significantly longer with the Bruce protocol, with values over 12:00 min from the age of 12. The max HR achieved was over 180 bpm in the two protocols at all ages. The inclination was a little higher in the youngest girls with the Bruce protocol, and the speed and the VO_2 max were greater in all individuals with whom the ramp protocol was used. The VO_2 max, the speed and grade achieved can be used as baseline when the ramp protocol is chosen using the treadmill.

1. INTRODUÇÃO

O teste ergométrico (TE) ou teste de esforço é o método complementar de diagnóstico não invasivo, no qual se submete o indivíduo a esforço físico programado e se observam aspectos clínicos (sintomas e sinais), hemodinâmicos (frequência cardíaca e pressão arterial), metabólicos (medidas e cálculos do consumo de oxigênio e limiares ventilatórios) e eletrocardiográficos (ritmo, distúrbios da condução, segmento ST e onda T). É um dos exames mais solicitados nas consultas cardiológicas, e pelas estatísticas norte-americanas, 8,2% dos pacientes são orientados a se submeter a este procedimento¹.

Depois do eletrocardiograma convencional, o TE transformou-se na metodologia de melhor relação custo-benefício. O rigor e obrigatoriedade de uma extensa lista de normas a serem seguidas, resultam em um exame com baixa morbi-mortalidade e alta reprodutibilidade. Está indicado no auxílio ao diagnóstico, estabelecimento de condutas, determinação do prognóstico e avaliação funcional do sistema cardiovascular. Utilizado inicialmente na investigação da dor torácica em pacientes suspeitos de doença arterial coronariana, posteriormente teve suas indicações ampliadas a outras situações clínicas e especialidades médicas, e hoje, ainda é aplicado como auxiliar de inúmeras outras metodologias, como medicina nuclear, ecocardiografia e para a coleta dos gases expirados no exercício, para a medida direta do consumo de oxigênio².

A aplicação do TE necessita de rigorosa obediência às condições básicas da metodologia nos aspectos relacionados à equipe médica, área física, equipamentos, materiais e medicações para uso em caso de urgência. O médico deve ter experiência com o método e estar apto a atuar em eventual situação de emergência. A área física deve ter dimensão, iluminação, ventilação e temperatura ambiente agradável. Os equipamentos para a realização do exame são o ergômetro (cicloergômetro, esteira ergométrica, ergômetro de manivela), monitor para observação e sistema de registro do eletrocardiograma, esfigmomanômetro e estetoscópio. Os materiais e medicações para tratamento de emergências, suporte básico e avançado de vida (desfibrilador, laringoscópio, ambú, sondas traqueais, etc), deverão estar disponíveis³.

O protocolo a ser executado deve ser individualizado, de forma que a velocidade e a inclinação da esteira possam ser aplicadas de acordo com a capacidade do paciente testado. Em nosso meio, o mais utilizado com a esteira ergométrica ainda é o protocolo de Bruce, que pelo aumento mais intenso da velocidade e inclinação, deve ser utilizado em indivíduos fisicamente ativos e/ou jovens aparentemente saudáveis. Os protocolos em rampa, com pequenos e constantes incrementos na intensidade do esforço, permitem uma mensuração mais acurada da capacidade funcional e o ajuste da duração do teste no tempo ideal de 8 a 12 minutos³.

Nas crianças e adolescentes (idade \leq 19 anos)⁴, o TE tem sido solicitado com maior freqüência nos últimos anos, mas ainda não alcança

10% do total dos exames realizados. O TE nesta faixa etária tem um risco muito baixo quando comparado aos adultos, e complicações não são freqüentes, mesmo quando o teste é realizado em crianças com cardiopatias^{5,6}. Mesmo nas idades mais baixas, não são grandes as dificuldades para se realizar o exame, mas as crianças mais jovens são menos cooperativas que as mais velhas e precisam ser encorajadas para tentar realizar o esforço máximo⁷. Conhecimentos específicos de fisiologia do exercício, das diferenças de comportamento da freqüência cardíaca, pressão arterial e eletrocardiograma, além do uso de esfigmomanômetro de tamanho adequado, são pré-requisitos à realização do TE neste grupo de pacientes.

Ainda que a doença arterial coronariana seja observada muito raramente neste grupo, a investigação da dor torácica é uma indicação freqüente. As aplicações do TE nos jovens estão principalmente relacionadas à medida da capacidade de esforço, avaliação de anormalidades conhecidas ou possíveis do ritmo cardíaco e avaliação de sintomas desencadeados pelo exercício⁷. Também tem sido indicado na avaliação antes do início de atividade física, na presença de asma brônquica, cardiopatias ou após correção cirúrgica de doenças congênitas ou adquiridas. Chama a atenção o aumento da incidência de hipertensão arterial, associada à obesidade, sedentarismo e dislipidemia, que acompanham as mudanças dos hábitos de vida das crianças, que ocupam maior número de horas ao dia sentadas, assistindo televisão, jogando *vídeo-games* ou usando o computador.

2- REFERENCIAL TEÓRICO

2.1- HISTÓRICO:

Datam do início do século XX as primeiras observações de alterações eletrocardiográficas desencadeadas pelo exercício. Em 1908, Einthoven registrou o primeiro eletrocardiograma (ECG) após o exercício, de um indivíduo normal e de um paciente após subir alguns lances de escada, porém, não comentou os achados⁸.

Em 1918, Bousfield⁹ fez os primeiros registros eletrocardiográficos e descreveu alterações da repolarização ventricular durante um episódio espontâneo de angina, em um paciente com história de sífilis, escarlatina e “ataques de reumatismo”, com um sopro diastólico e pulso em martelo d’água. Feil & Siegal¹⁰, em 1928, em uma série de casos de pacientes com angina do peito, registraram e descreveram alterações do segmento ST e da onda T durante episódios de dor torácica.

Foi de Master & Oppenheimer¹¹, em 1929, a publicação do primeiro protocolo para o TE, com descrição detalhada e cuidadosa da metodologia, utilizando o esforço em uma escada de dois degraus. A capacidade cardíaca foi avaliada pelas respostas do pulso e da pressão arterial, mas não foi reconhecido o valor do ECG.

Nos anos que se seguiram, diversos estudos descreveram alterações eletrocardiográficas, derivações que registravam melhor estas anormalidades e os riscos envolvidos no procedimento. Em 1941, 12 anos

após o trabalho original de Master & Oppenheimer, é que o TE foi proposto como um método diagnóstico para a detecção de isquemia induzida pelo esforço. Master & Jaffe sugeriram a realização do ECG antes e após o exercício, para identificar insuficiência coronariana⁸.

O uso da bicicleta ergométrica cresceu a partir dos estudos de Astrand & Rhymin¹² em 1954, que estabeleceram as bases fisiológicas para o teste de esforço, correlacionando o consumo de oxigênio com a frequência cardíaca a níveis sub-máximos de exercício.

Em 1956, Bruce¹³ introduziu a esteira rolante para a realização do TE, descreveu o protocolo para a utilização deste novo tipo de ergômetro e estabeleceu diretrizes que agrupariam os pacientes de acordo com a tolerância ao exercício, nas classificações de I a IV da *New York Heart Association*. Marcou o início da atual metodologia do TE e ainda é o protocolo mais utilizado em todo o mundo¹⁴.

Em 1959, Balke & Were desenvolveram um novo protocolo de esforço, e estabeleceram uma fórmula para o cálculo do consumo de oxigênio (VO_2) baseada na velocidade e inclinação da esteira¹⁴. Ellestad et al¹⁵, em 1969, descreveram um novo protocolo em esteira ergométrica, “simples, seguro e reprodutível”, que havia sido aplicado em 4.028 indivíduos entre sete e 83 anos para avaliação cardiovascular.

Carmo, do Instituto Estadual de Cardiologia Aloysio de Castro, no Rio de Janeiro, publicou em 1962, um dos primeiros trabalhos na área de ergometria em nosso país. Entretanto, a divulgação do método como exame de rotina em cardiologia é creditada a Feher & Magalhães, do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia de São Paulo, em 1972¹⁴.

Em 1981, Whipp et al.¹⁶ descreveram a metodologia do primeiro protocolo individualizado em rampa, utilizando um cicloergômetro, para a determinação da resposta cardiovascular durante o exercício com duração de 4 a 8 minutos. Vivacqua & Hespanha¹⁷, em 1987, descreveram protocolos especiais para a esteira ergométrica adaptados à população brasileira, cuja característica era a aplicação de carga de forma semi-individualizada, permitindo ao paciente executar o exercício de maneira mais confortável e mais bem ajustada à sua condição física.

Myers et al.¹⁸, em 1991, publicaram o primeiro trabalho que compara outros protocolos aos de rampa, e serviu de base para os estudos que se seguiram sobre a utilização do protocolo em rampa na esteira ergométrica. Submeteram 41 pacientes a seis diferentes protocolos, três em esteira (Bruce, Balke e rampa) e três em cicloergômetro (25 Watts, 50 Watts por estágio e rampa). Observaram as respostas hemodinâmicas e trocas de gases e desenvolveram programas de computador para individualizar a rampa, baseados na capacidade de exercício na esteira ou bicicleta, para obter um tempo ótimo de exercício de 10 minutos.

2.2- PROTOCOLOS DE BRUCE E RAMPA:

O protocolo a ser executado em um determinado teste, sempre deve levar em consideração as condições específicas do paciente. Para tanto, deve ser feita uma escolha individualizada, de tal forma que a

velocidade e a inclinação da esteira ou a carga do cicloergômetro, possam ser aplicadas de acordo com a capacidade do paciente testado³.

A tolerância ao esforço depende do tipo de exercício e do protocolo realizado. A padronização dos protocolos do TE permite a comparação de resultados de repetidos testes no mesmo indivíduo e testes realizados em diferentes laboratórios. A maioria dos protocolos envolve progressivo incremento da carga de trabalho, sem período de repouso entre o aumento da intensidade. Muitos protocolos, usando cicloergômetro ou esteira ergométrica, podem ser usados nas crianças. O TE pediátrico deve se adaptar a indivíduos de vários tamanhos e idade. O melhor protocolo depende de informações como idade, sexo e condicionamento físico da criança, além da familiaridade da equipe do laboratório aos protocolos usados⁵. A esteira tem sido utilizada na maioria dos laboratórios e clínicas brasileiras que realizam o TE, o protocolo mais usado ainda é o de Bruce e “é possível que este protocolo seja mais usado no Brasil do que em qualquer outra parte do mundo”¹.

O protocolo de Bruce (PB) (anexo A) tem aumento da velocidade e inclinação com intervalos de três minutos (velocidade de 1,7 a 6 milhas/hora e inclinação de 10 a 22%). Como o aumento da intensidade do esforço é grande e não linear (escalonado), deve ser usado com prudência em pacientes com limitações clínicas. Está preferencialmente indicado naqueles que já realizam algum grau de atividade física, é mal tolerado pelos idosos, fisicamente inativos e cardiopatas, situações nas quais outros protocolos devem ser usados^{2,3}.

Indivíduos com características diferentes como idade, sexo e condicionamento físico, são submetidos a esforços predeterminados, de mesma intensidade, o que causa grande variação no tempo do exame.

A vantagem deste protocolo é que pode ser realizada em qualquer idade (criança e adolescente). A desvantagem é que o teste é mais longo que com outros protocolos, podendo se tornar monótono para indivíduos mais jovens. Tem ainda o inconveniente ao avaliar indivíduos mais treinados, que esperam até 12 minutos antes de começar a correr⁵.

Nos últimos anos tem havido um maior interesse clínico por protocolos do TE que atendam às características de linearidade nas respostas do consumo de oxigênio. Esses protocolos, conhecidos genericamente pelo nome de “rampa”, ao invés de estágios com duração definida, utilizam pequenos aumentos da intensidade do esforço, o que permite uma melhor adaptação do protocolo às condições do paciente^{2,3}. O protocolo em rampa (PR) se caracteriza pela duração entre 8 e 12 minutos, com aumentos pequenos e constantes da velocidade e inclinação, individualizados para o sexo e idade do paciente, tomando como base o consumo máximo de oxigênio (VO_2 max) previsto^{3,18,19,20}, que pode ser estimado pelas fórmulas do *American College of Sports Medicine* (ACSM)^{20,21} (anexo B) ou pelo questionário “VSAQ” (*Veterans Specific-Activity Questionnaire*)^{22,23}.

Testes mais curtos mostram valores menores do VO_2 max, possivelmente por limitação muscular pela maior intensidade do esforço. Da mesma forma, nos testes mais longos, também são encontrados

menores valores de VO_2 max, pelo aumento da temperatura corporal, maior desidratação, desconforto muscular ou pelos diferentes substratos energéticos envolvidos nos exercícios mais prolongados²⁴.

A escolha do tipo de exercício do TE pode influenciar na avaliação das variáveis (segmento ST, FC e VO_2) e as causas da interrupção do esforço podem sofrer variações com o protocolo²². Yamamoto et al.²⁵, em 1992, desenvolveram um programa de computador para controlar o aumento da velocidade e inclinação da esteira ergométrica, para permitir o aumento linear do VO_2 com o indivíduo caminhando até o final do exercício, de acordo com o tempo do exame.

Para Myers & Froelicher²⁶, o protocolo do TE deve ser individualizado, com aumento progressivo, pequeno e constante da inclinação e velocidade, de modo a permitir realizar o teste em 8 a 12 minutos. No protocolo em rampa, a comparação do resultado entre exames diferentes deve ser feita pelo VO_2 max, ao invés do tempo de exercício, como no protocolo de Bruce.

2.3- INDICAÇÕES DO TE EM CRIANÇAS E ADOLESCENTES:

Pacientes adultos tem como indicação mais freqüente do TE a busca de informações diagnósticas, quando ocorre probabilidade intermediária de doença arterial coronariana significativa, na ausência de alterações significativas do ECG de repouso¹.

A doença isquêmica é rara na população jovem, o que mostra uma diferença significativa na indicação e interpretação e resulta em baixo

risco na rotina do TE na população pediátrica. As complicações são extremamente raras, mesmo quando o TE é realizado em crianças com cardiopatias congênitas e arritmias. As aplicações do TE nos jovens estão principalmente relacionadas à medida da capacidade de exercício, avaliação de anormalidades cardíacas conhecidas e avaliação de sintomas relacionados ao exercício⁷.

A classificação de I a III dos graus de recomendação e as indicações do TE em crianças e adolescentes do *American College of Cardiology (ACC)* e *American Heart Association (AHA)*⁷ estão apresentadas nos anexos C e D. As principais indicações, Classe I, são:

- a) avaliação da capacidade de exercício em crianças com cardiopatias congênitas, crianças submetidas a tratamento cirúrgico de cardiopatias congênitas, com doença valvar adquirida ou doença miocárdica;
- b) avaliação de crianças com queixa de dor torácica anginosa;
- c) acompanhamento da resposta de marca-passo ao exercício;
- d) avaliação de sintomas relacionados ao exercício em atletas jovens.

O TE também está indicado para avaliar a tolerância ao esforço e identificar os mecanismos que limitam a capacidade física em crianças com doenças cardíacas ou outras doenças:

- a) para avaliar sintomas ou sinais que podem ser induzidos ou agravados pelo exercício;
- b) para identificar adaptação anormal ao exercício em pacientes com cardiopatias ou outras doenças;
- c) para avaliar a efetividade de tratamento clínico ou cirúrgico;
- d) para estimar a capacidade funcional e segurança para a participação em atividades recreativas ou atléticas;
- e) para avaliação

prognóstica; f) para estabelecer limites e acompanhamento da efetividade da reabilitação cardíaca⁵.

Bozza & Loos²⁷, que acumulam uma das maiores experiências no TE em crianças e adolescentes no nosso país, descrevem as principais indicações nesta população: a) avaliar sinais e sintomas específicos induzidos ou agravados pelo esforço; b) detectar respostas adaptativas anormais em cardiopatas e não cardiopatas; c) detectar possíveis anormalidades na relação entre a oferta e o consumo de oxigênio miocárdico em portadores de dor torácica ou síncope; d) detectar distúrbios do ritmo cardíaco, associados ou não com o exercício; e) observar a resposta da pressão arterial ao esforço; f) avaliar terapêutica médica ou cirúrgica; g) avaliar prognósticos; h) avaliar níveis de capacidade funcional para participação em atividades vocacionais, recreativas e desportivas.

A realização do TE na avaliação pré-participação de atividades esportivas em crianças e adolescentes saudáveis é considerada sem utilidade pelo ACC/AHA⁷. Entretanto, para Vivacqua Costa²⁸, a execução do teste ergométrico é indispensável para a avaliação cardiorrespiratória de adolescentes que vão iniciar a prática desportiva. A seção de cardiologia do esporte do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia (IDPC), em São Paulo, ao avaliar 700 crianças e adolescentes entre oito e 16 anos, iniciantes em esportes ou atletas, encontrou anormalidades em 147 (21%). Esses achados reforçam a opinião de que todas as crianças que se propõem a iniciar alguma modalidade esportiva devam se submeter a uma cuidadosa avaliação médica, para detectar possíveis

cardiopatias. No IDPC, como rotina de exames pré-participação para a prática do esporte, o teste ergométrico é incluído com outros exames no protocolo de investigação de rotina²⁹.

A realização de rotina do TE na investigação de dor torácica não anginosa, comum em crianças e adolescentes, também é referida como sem utilidade clínica pelo ACC/AHA⁷, porém, esta é uma indicação freqüente do TE nesta faixa etária. Asma esforço-induzida deve ser considerada nos pacientes pediátricos com sintomas de dor torácica ou dispnéia ao exercício. Na avaliação de 180 jovens com dor torácica ou dispnéia associadas ao exercício, 9,5% dos pacientes com dor e 21,2% dos com dispnéia desenvolveram asma esforço-induzida³⁰.

Embora rara nas crianças, a resposta isquêmica deve ser pesquisada na evolução do comprometimento coronariano na doença de Kawasaki. O TE associado ao ecocardiograma³¹ ou à cintilografia do miocárdio³² pode identificar alterações isquêmicas, nos pacientes com maior risco para infarto do miocárdio ou morte súbita.

Isquemia miocárdica e tolerância ao esforço devem ser avaliadas após o tratamento cirúrgico para a correção da transposição das grandes artérias com re-implante das artérias coronárias. Weindling et al³³, em 1994, avaliaram 43 crianças com ecocardiograma, Holter, teste ergométrico e cintilografia do miocárdio, e concluíram que tolerância normal ao exercício, ausência de sintomas ou alterações eletrocardiográficas são sugestivas de perfusão miocárdica normal. Massin et al³⁴ realizaram o TE em 50 crianças operadas entre quatro e

nove anos e encontraram três exames com alterações sugestivas de isquemia durante o esforço: foi demonstrada oclusão da coronária esquerda em um, e em outros dois com extra-sístoles ventriculares no repouso e que desenvolveram taquicardia ventricular no exercício, apresentavam comprometimento da coronária direita. As demais crianças apresentaram tolerância normal ao esforço e ausência de sinais sugestivos de isquemia miocárdica.

Hipertensão arterial sistêmica constitui outra importante indicação. A resposta da pressão arterial deve ser avaliada após a correção cirúrgica da coarctação da aorta, onde mesmo após cirurgias realizadas com sucesso, a expectativa de vida é reduzida, 1/3 dos pacientes permanecem hipertensos e durante o exercício a resposta hipertensiva é mais freqüente que na população normal³⁵.

Menor tolerância ao esforço e acentuação anormal da pressão arterial foram observadas em adolescentes e adultos jovens após transplante renal, sugerindo que devam ser tomadas precauções na realização de atividades físicas mais intensas³⁶.

Crianças com níveis elevados do LDL-colesterol apresentam valores mais elevados da pressão arterial sistólica e distólica antes, durante e após o exercício. A resposta da pressão arterial alterada na presença de hipercolesterolemia, resulta das alterações do endotélio e resistência vascular³⁷.

Aumentar a atividade física pode ser a principal medida terapêutica não farmacológica para reduzir a pressão arterial e preventiva

para pacientes jovens com alto risco de hipertensão e obesidade. Gillum descreveu o TE em mais de 6700 jovens entre 12 e 17 anos na avaliação da relação entre a tolerância ao esforço, a pressão arterial e outros fatores de risco cardiovascular³⁸. Matthys & Verhaaren observaram resposta hipertensiva ao esforço no TE realizado em 48 crianças operadas de CIA e 53 de CIV³⁹.

A avaliação da resposta hemodinâmica e cardiorrespiratória no exercício pode ser realizada com o TE, antes e após o tratamento cirúrgico de diversas cardiopatias congênitas (comunicação inter-atrial e interventricular, estenose aórtica e pulmonar, persistência do canal arterial, defeitos do coxim e insuficiência tricúspide). Após a correção cirúrgica pode ser observado aumento do consumo de oxigênio e da PA sistólica no pico do esforço⁴⁰. O TE também foi usado por Cumming⁴¹ para avaliar a tolerância ao esforço de 830 crianças com cardiopatias (comunicação inter-atrial e interventricular, persistência do canal arterial, coarctação da aorta, estenose pulmonar, tetralogia de Fallot e cardiopatia reumática) e comparar os achados com 715 crianças aparentemente normais.

A completa avaliação após a correção cirúrgica da tetralogia de Fallot com o TE e outros exames complementares é importante para permitir a liberação para atividade física e esportiva⁴². Durante o exercício devem ser observados sintomas, resposta da frequência cardíaca, pressão arterial, distúrbios do ritmo, da condução, alterações isquêmicas e consumo de oxigênio⁴²⁻⁴⁴.

O TE pode ser usado como coadjuvante na avaliação da repercussão das doenças valvares. Crianças assintomáticas, com insuficiência aórtica e pequeno comprometimento funcional não apresentam diferença significativa da tolerância ao esforço, VO_2 , FC, PA e segmento ST, quando comparadas às normais. Resposta deprimida da frequência cardíaca, hipertensão sistólica e isquemia sub-endocárdica podem ser observadas no grupo com maior repercussão⁴⁵. A tolerância ao esforço, elevação da frequência cardíaca e VO_2 max são bons indicadores do acompanhamento após a troca de válvula aórtica⁴⁶.

No prolapso da válvula mitral (PVM), os sintomas (dor torácica, dispnéia e palpitações) e alterações no ECG de repouso podem ser bem avaliados durante o esforço. Rokicki et al⁴⁷ observaram tolerância normal ao exercício, normalização do ECG no esforço, na maioria dos pacientes com alterações eletrocardiográficas no repouso, e o exercício ou não provocou piora ou melhorou as arritmias presentes no repouso.

Com o TE pode-se avaliar a gravidade das miocardiopatias dilatada e hipertrófica, obstrutiva ou não, pela observação da tolerância ao esforço, comportamento da pressão arterial, alterações eletrocardiográficas e arritmias⁴⁸. O teste de esforço cardiopulmonar, com medida dos gases expirados e determinação direta do VO_2 max e limiar anaeróbio, é um dos mais importantes exames para avaliar a gravidade da insuficiência cardíaca e a eficácia dos tratamentos realizados⁴⁹.

A prevalência de arritmias em crianças e adolescentes aparentemente saudáveis foi descrita por Greco et al⁵⁰, que em 1983 estudaram 500 jovens entre quatro e 17 anos recrutados nas escolas. Arritmia sinusal respiratória foi encontrada em 97% das crianças em posição supina, uma com extra-sístoles supra-ventriculares e ventriculares, uma com taquicardia ventricular lenta, uma com WPW e uma com intervalo PR (PRi) curto, todas assintomáticas. O exercício suprimiu a taquicardia ventricular, as extra-sístoles foram reduzidas e nenhuma outra arritmia foi desencadeada.

Na avaliação de arritmias cardíacas em 2761 pacientes com cardiopatia diagnosticada ou suspeita, Bricker et al⁵¹ observaram taquicardia ventricular em 22 (14 durante o esforço e 8 após o exercício), a maioria com anormalidades cardíacas: síndrome do QT longo (2), displasia arritmogênica do ventrículo direito (4), PVM (2), miocardiopatias (3) e cardiopatias congênitas (6). Nenhuma complicação foi observada. O TE foi útil na avaliação de crianças e familiares com displasia arritmogênica do ventrículo direito, onde envolvimento familiar é elevado, e pode complicar inicialmente com taquicardia ventricular e tardiamente com insuficiência cardíaca⁵².

Na síndrome de Wolff-Parkinson-White (WPW), o TE realizado em crianças e adolescentes entre quatro e 16 anos foi capaz de identificar o surgimento de arritmias (extra-sístole supra-ventricular, ventricular ou taquicardia supra-ventricular), o desaparecimento e o surgimento da onda delta durante ou após o exercício. Crianças com

WPW com total normalização do QRS durante o exercício e sem sintomas de taquicardia não requerem estudo eletrofisiológico⁵³.

Matina et al⁵⁴ estudaram crianças e adolescentes entre oito e 18 anos com bloqueio átrio-ventricular (BAV) congênito e pré-excitação ventricular. No BAV, o agravamento do grau de bloqueio durante o esforço pode justificar um estudo eletrofisiológico. Na pré-excitação, o TE pode auxiliar na avaliação do período refratário das vias normais e acessórias, e segundo esses autores, o surgimento de taquicardia justifica o estudo eletrofisiológico e a normalização do ECG em indivíduos assintomáticos autoriza a liberação para atividade física. O TE em crianças submetidas a implante de marca-passo pode avaliar a tolerância ao exercício, sintomas, resposta da frequência cardíaca e arritmias durante o esforço⁵⁵.

O TE pode ser usado na identificação de crianças com episódios de asma desencadeada pelo exercício e no acompanhamento do efeito do treinamento físico em diminuir os episódios de asma com o esforço⁵⁶⁻⁵⁸. O surgimento de sintomas e alterações dos gases respiratórios durante e principalmente após o exercício, pode identificar o bronco-espasmo com o esforço, presente em 75 a 95% dos asmáticos e em três a 11% dos indivíduos não asmáticos⁵⁹.

Em crianças com fibrose cística o TE foi usado para avaliar a tolerância ao esforço e a resposta ao tratamento com programa de treinamento físico aeróbico e de resistência^{60,61}.

Na realização do TE em 59 pacientes com idade média de 11,4 anos, após extensas queimaduras e lesões por inalação, não foram observadas diferenças na capacidade funcional⁶².

A realização do TE em crianças e adolescentes obesos mostrou menor capacidade física na presença de hiperinsulinemia⁶³ e na síndrome metabólica⁶⁴.

Crianças e adolescentes entre três e 18 anos, portadoras de forma localizada de esclerodermia, mostraram distúrbio da condução pelo ramo direito no ECG de repouso, alterações valvares predominantemente mitral no ecocardiograma e ausência de alterações no TE⁶⁵.

Não foram observadas diferenças significativas na tolerância ao exercício, comportamento da pressão arterial ou alterações eletrocardiográficas, em crianças a partir dos sete anos, submetidas ao TE após tratamento de leucemia linfoblástica aguda⁶⁶.

3- JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS

No protocolo de Bruce, o aumento da intensidade do esforço ocorre de forma pré-estabelecida e independe do paciente examinado. Indivíduos com diferentes características (sexo, idade, nível de condicionamento físico ou doenças) são submetidos a exercícios com a mesma intensidade. O protocolo em rampa é individualizado de acordo com o paciente, que deve tentar alcançar o esforço máximo entre 8 e 12 minutos.

O protocolo de Bruce, apesar de mais de 45 anos de uso, parece não ser superior ao protocolo em rampa, mas continua sendo o mais utilizado. Como prescrever este protocolo individualizado? A principal dificuldade dos profissionais que desejam iniciar a utilização do PR é a determinação da velocidade e inclinação da esteira, para individualizar o protocolo de acordo com o sexo, idade e condicionamento físico do paciente a ser avaliado.

A importância do presente trabalho está em descrever as características desses protocolos do teste ergométrico em crianças e adolescentes, pois a realização do TE nesta faixa etária e o protocolo em rampa ainda não são muito utilizados por muitos médicos que trabalham com este método.

Ao se realizar a comparação das variáveis que avaliam as diferenças da tolerância ao esforço, das crianças e adolescentes submetidos ao protocolo de Bruce ou rampa, pretende-se demonstrar se estes dois protocolos são equivalentes. E, ao descrever a velocidade, a

inclinação e o consumo máximo de oxigênio alcançados por sexo e faixa etária, auxiliar na orientação do exercício, aos que estão iniciando a utilização do protocolo individualizado em rampa.

OBJETIVO GERAL:

Comparar os protocolos de Bruce e rampa em crianças e adolescentes submetidos ao teste ergométrico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Comparar o tempo de esforço, FC máxima, velocidade, inclinação e VO_2 max alcançado.
2. Descrever a velocidade, inclinação e VO_2 max alcançado, por sexo e faixa etária, para auxiliar na orientação da prescrição do exercício no protocolo em rampa.

4- CASUÍSTICA, MATERIAL E MÉTODO

4.1. DESENHO DO ESTUDO:

Observacional tipo série de casos com controle histórico.

4.2. LOCAL DO ESTUDO:

Em clínica na cidade do Recife, foi feito o levantamento do prontuário das crianças e adolescentes, encaminhados pelos seus médicos assistentes, que realizaram o teste ergométrico em caráter ambulatorial, de outubro de 1986 a fevereiro de 2003.

4.3. POPULAÇÃO DO ESTUDO:

Crianças e adolescentes entre 4 e 17 anos que realizaram o teste ergométrico em esteira ergométrica, segundo um dos dois protocolos: 1- BRUCE (PB) (controle histórico): TE realizados segundo o protocolo de Bruce, de outubro de 1986 a fevereiro de 1998; 2- RAMPA (PR): TE realizados segundo o protocolo em rampa, de março de 1998 a fevereiro de 2003.

Critérios de inclusão: foram incluídos crianças e adolescentes que concluíram o protocolo proposto, com o esforço interrompido por cansaço físico.

Critérios de exclusão: foram excluídos crianças e adolescentes que tiveram o exame interrompido por outras causas (dor torácica, distúrbio do ritmo ou da condução, elevação anormal da pressão arterial e

estertores pulmonares), em uso de medicações que interferiam no comportamento da frequência cardíaca (digital, beta-bloqueadores, amiodarona e verapamil) e aqueles com limitações à realização do exercício habitual.

4.4. DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS:

I- VARIÁVEIS INDEPENDENTES:

I.a. Variáveis explicativas:

Protocolo do teste ergométrico: protocolo de Bruce ou rampa

Sexo: masculino ou feminino

Faixa etária: em anos completos entre 4 e 17, distribuídos em quatro classes (4 a 7, 8 a 11, 12 a 14 e 15 a 17 anos)

I.b. Co-fatores analisados para verificar a comparabilidades dos grupos:

Idade: em anos completos

Peso: em kilogramas

Altura: em centímetros

Frequência cardíaca de repouso: FC deitado antes do exercício em batimentos por minuto (bpm)

Doença de base: presença ou ausência de doença cardíaca ou asma diagnosticada até o momento da realização do TE

II. VARIÁVEIS DEPENDENTES:

Consideraram-se como evento do estudo os parâmetros mais

freqüentemente utilizados na análise da capacidade funcional no TE.

Tempo de exercício: tempo do esforço realizado computado em minutos:segundos

Freqüência cardíaca máxima: representada pela freqüência cardíaca alcançada no momento da interrupção do esforço, em batimentos por minutos (bpm)

Velocidade máxima: é a velocidade alcançada no esforço máximo, em quilômetros por hora (km/h)

Inclinação máxima: é a inclinação da esteira no máximo do esforço, em percentual (%)

Consumo máximo de oxigênio: calculado pela fórmula para corrida do ACSM²⁰. Unidade: mL/kg/min (anexo B)

4.5. COLETA DOS DADOS:

A partir dos prontuários dos testes ergométricos foi confeccionada a planilha para a coleta dos dados. Os exames foram realizados na presença de pais ou responsáveis, após explicações e orientações sobre o procedimento. A temperatura no laboratório foi mantida sob refrigeração entre 22 e 24 graus centígrados e umidade entre 50 e 55%. Peso e altura foram obtidos com a utilização de balança antropométrica Filizzola e a colocação dos eletrodos para a monitorização eletrocardiográfica precedida da limpeza da pele com gaze embebida em álcool.

Até 1994 foram utilizadas esteiras, monitores e eletrocardiógrafos Funbec. Após este período, sistema Micromed de

monitorização, registro e comando computadorizado da esteira Inbrasport. O tamanho do manguito do tensiômetro tinha a largura aproximada de 2/3 do comprimento do braço.

Precedendo o esforço, foram realizados anamnese, exame físico, medida da FC, PA e registro do ECG, procedimentos repetidos durante o exercício de três em três minutos no PB e de dois em dois minutos no PR. Após o esforço, os mesmos parâmetros foram repetidos com um, dois, quatro e seis minutos em todos os pacientes ou por mais tempo quando necessário.

4.6. DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS:

Os dados foram tabulados no Excel 8.0 Microsoft^(R), e a análise estatística realizada usando o Excel 8.0, EpiInfo 2000 e SigmaStat 3.0. Os resultados estão apresentados em tabelas, categorizadas pelo protocolo do teste, por sexo e faixa etária.

A homogeneidade entre os grupos foi avaliada pela idade, peso, altura e frequência cardíaca de repouso, através do teste *t* de Student ou do teste de Mann-Whitney (na ausência de distribuição normal ou igualdade das variâncias) e a presença ou ausência de doenças pelo teste do qui-quadrado (X^2). O teste de Mann-Whitney foi aplicado para comparação das variáveis dependentes (tempo de exercício, FC max, velocidade máxima, inclinação máxima e VO_2 max) nos dois protocolos, considerando erro $\alpha=5\%$ (significância quando $p < 0,05$) e intervalo de confiança de 95%.

4.7. LIMITAÇÕES METODOLÓGICAS:

Para minimizar possível viés de seleção e garantir a homogeneidade entre os grupos, foram selecionados apenas os exames interrompidos por fadiga, excluídas outras causas de interrupção. Também foram excluídos aqueles em uso de medicações que causam interferências na frequência cardíaca.

Para evitar o viés de interpretação, foram avaliados apenas os TE realizados em esteira ergométrica por um único examinador, segundo os dois protocolos (Bruce e rampa) e feita a análise de dados objetivos, que não dependem de interpretação do observador (tempo de exercício, frequência cardíaca máxima, inclinação e velocidade no momento da interrupção do esforço e consumo de oxigênio estimado pela mesma fórmula).

4.8. ASPECTOS ÉTICOS:

Não foram utilizados protocolos experimentais. O protocolo de Bruce foi introduzido na prática clínica há mais de 45 anos, e o protocolo em rampa em 1981 para o cicloergômetro e 1991 para a esteira ergométrica.

Os testes foram solicitados pelos médicos assistentes dos pacientes e realizados por profissional experiente no método. Os dados foram coletados dos prontuários dos exames realizados nas crianças e adolescentes, e a descrição e comparação das médias das variáveis categorizadas pelo protocolo de esforço, sexo e faixa etária, garantem o anonimato dos envolvidos no estudo.

O projeto foi apresentado ao Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco e aprovado em reunião do dia 12 de março de 2003 (anexo E).

5- RESULTADOS

Foram avaliados 1006 crianças e adolescentes, 403 (40,1%) do sexo feminino e 603 (59,9%) do sexo masculino. Dos 558 (55,5%) submetidos ao PB, 58,4% eram do sexo masculino, e dos 448 (44,5%) que realizaram o PR, 61,8% eram meninos. A tabela I mostra a distribuição dos pacientes por faixa etária, sexo e protocolo.

TABELA I. Frequência (n) e frequência relativa (%) por faixa etária, sexo e tipo de protocolo. Pacientes que realizaram o teste ergométrico na esteira de outubro de 1986 a fevereiro de 2003 – Recife/PE.

PROTOCOLO	SEXO FEMININO				SEXO MASCULINO				TOTAL			
	BRUCE		RAMPA		BRUCE		RAMPA		BRUCE		RAMPA	
faixa etária	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
04 --- 07	45,0	19,4	27,0	15,8	57,0	17,5	27,0	9,7	102,0	18,3	54,0	12,1
08 --- 11	81,0	34,9	55,0	32,2	117,0	35,9	91,0	32,9	198,0	35,5	146,0	32,6
12 --- 14	55,0	23,7	46,0	26,9	68,0	20,9	94,0	33,9	123,0	22,0	140,0	31,3
15 --- 17	51,0	22,0	43,0	25,1	84,0	25,8	65,0	23,5	135,0	24,2	108,0	24,1
TOTAL	232,0	100,0	171,0	100,0	326,0	100,0	277,0	100,0	558,0	100,0	448,0	100,0

Para testar a homogeneidade entre os grupos PB e PR, foram comparados a idade, peso, altura, frequência cardíaca de repouso e presença ou ausência de doença. Não foram observadas diferenças significativas entre a idade e altura nos dois sexos. O sexo feminino também não mostrou diferenças quanto ao peso e FC de repouso (tabela

II). No sexo masculino, apesar de haver diferença significativa do peso e FC de repouso entre os grupos, quando categorizados por faixa etária existe distribuição homogênea do peso (tabela III). A FC de repouso se mostrou ligeiramente mais elevada no PB apenas na faixa etária entre 15 e 17 anos (tabela IV).

Os grupos não foram homogêneos quanto à presença ou não de doença (qui-quadrado com $p < 0,001$). No PB, 495 (88,7%) eram sadios e 63 (11,3%) doentes (43 com doença cardíaca e 20 asmáticos), contra 366 (80,0%) sadios e 92 (20,0%) doentes (77 cardiopatas e 15 asmáticos) no PR.

TABELA II. Distribuição da idade, peso, altura e freqüência cardíaca de repouso, por sexo e tipo de protocolo. Pacientes que realizaram o teste ergométrico na esteira de outubro de 1986 a fevereiro de 2003 – Recife/PE.

Protocolo	SEXO FEMININO			SEXO MASCULINO			
	BRUCE		RAMPA	BRUCE		RAMPA	
	média	DP	média DP	média	DP	p	
IDADE	11,1 ± 3,6		11,5 ± 3,5	0,271	11,4 ± 3,6	11,9 ± 3,2	0,076
PESO	40,8 ± 14,8		43,3 ± 12,9	0,082	46,3 ± 19,9	50,1 ± 20,1	0,015
ALTURA	145,8 ± 17,7		147,5 ± 16,5	0,480	151,1 ± 20,8	152,6 ± 19,1	0,507
FC REPOUSO	85,2 ± 13,6		82,5 ± 13,1	0,055	78,8 ± 13,3	76,0 ± 14,3	0,016

Diferença significativa para $p < 0,05$.

TABELA III. Peso (kg) por faixa etária e tipo de protocolo. Pacientes do sexo masculino que realizaram o teste ergométrico na esteira de outubro de 1986 a fevereiro de 2003 – Recife/PE.

Protocolo	BRUCE					RAMPA					<i>p</i>
	mínimo	máximo	mediana	média	DP	mínimo	máximo	mediana	média	DP	
04 I---I 07	18,0	41,0	24,0	25,6 ± 6,0		18,0	39,0	24,0	25,8 ± 5,3		0,634
08 I---I 11	22,0	78,0	34,0	37,1 ± 11,3		23,0	89,0	36,0	38,4 ± 11,6		0,323
12 I---I 14	29,0	98,0	54,0	54,0 ± 15,3		27,0	95,0	54,0	55,4 ± 14,8		0,537
15 I---I 17	38,0	120,0	62,0	66,9 ± 16,0		42,0	114,0	69,0	71,9 ± 17,0		0,051
TOTAL	18,0	120,0	41,5	46,3 ± 19,9		18,0	114,0	47,0	50,1 ± 20,1		0,015

Diferença significativa para $p < 0,05$.

TABELA IV. Freqüência cardíaca de repouso (bpm) por faixa etária e tipo de protocolo. Pacientes do sexo masculino que realizaram o teste ergométrico na esteira de outubro de 1986 a fevereiro de 2003 – Recife/PE.

Protocolo	BRUCE					RAMPA					<i>p</i>
	mínimo	máximo	mediana	média	DP	mínimo	máximo	mediana	média	DP	
04 I---I 07	44,0	115,0	86,0	85,8 ± 14,0		45,0	105,0	82,0	81,8 ± 15,2		0,244
08 I---I 11	46,0	115,0	78,0	79,1 ± 12,1		45,0	111,0	75,5	76,9 ± 13,4		0,218
12 I---I 14	55,0	128,0	76,0	77,2 ± 13,8		49,0	111,0	75,0	77,4 ± 14,0		0,798
15 I---I 17	46,0	102,0	74,0	74,8 ± 12,4		48,0	105,0	67,0	69,3 ± 13,5		0,013
TOTAL	44,0	128,0	78,0	78,8 ± 13,3		45,0	111,0	75,0	76,0 ± 14,3		0,016

Diferença significativa para $p < 0,05$.

Nas meninas, a frequência cardíaca máxima (FC max) alcançada foi mais elevada de um a quatro bpm no PB, com diferença significativa apenas na classe de oito a 11 anos. O tempo de exercício foi significativamente mais elevado somente entre 12 e 14 anos no PR (tabela V).

TABELA V. Frequência cardíaca máxima (bpm) e tempo de exercício (min) por faixa etária e tipo de protocolo. Pacientes do sexo feminino que realizaram o teste ergométrico na esteira de outubro de 1986 a fevereiro de 2003 – Recife/PE.

protocolo	FC max – bpm				Tempo – min					
	BRUCE		RAMPA		<i>p</i>	BRUCE		RAMPA		<i>p</i>
faixa etária	média	DP	média	DP		média	DP	média	DP	
04 --- 07	191,3	± 10,6	188,4	± 11,8	0,613	9:41	± 1:42	9:29	± 1:30	0,642
08 --- 11	194,9	± 12,0	191,0	± 9,2	0,046	10:22	± 1:43	9:50	± 1:25	0,062
12 --- 14	195,1	± 8,1	193,6	± 7,0	0,346	9:47	± 1:48	10:38	± 1:27	0,014
15 --- 17	191,3	± 9,6	190,2	± 7,4	0,554	10:05	± 1:48	10:05	± 1:46	0,975
TOTAL	193,4	± 10,5	191,1	± 8,8	0,018	10:02	± 1:46	10:04	± 1:34	0,897

Diferença significativa para $p < 0,05$.

Nos meninos, também foram observados valores mais elevados da FC max no PB (em média três bpm), significativo apenas entre 15 e 17 anos. O tempo de esforço só não se mostrou mais elevado no PB nas crianças de quatro a sete anos, para as outras idades foi significativamente maior (tabela VI).

TABELA VI. Freqüência cardíaca máxima (bpm) e tempo de exercício (min) por faixa etária e tipo de protocolo. Pacientes do sexo masculino que realizaram o teste ergométrico na esteira de outubro de 1986 a fevereiro de 2003 – Recife/PE.

protocolo	FC max – bpm			Tempo – min		
	BRUCE	RAMPA	<i>p</i>	BRUCE	RAMPA	<i>p</i>
faixa etária	média DP	média DP		média DP	média DP	
04 I--I 07	187,1 ± 11,4	183,4 ± 15,8	0,391	9:51 ± 2:03	10:35 ± 1:57	0,129
08 I--I 11	190,7 ± 10,7	187,9 ± 13,8	0,144	11:39 ± 2:31	10:27 ± 1:43	<0,001
12 I--I 14	194,7 ± 11,7	192,0 ± 12,1	0,160	12:44 ± 3:03	10:37 ± 1:39	<0,001
15 I--I 17	194,8 ± 10,0	190,2 ± 9,9	0,005	12:34 ± 2:11	10:39 ± 1:49	<0,001
TOTAL	191,9 ± 11,2	189,5 ± 12,8	0,023	11:48 ± 2:40	10:34 ± 1:44	<0,001

Diferença significativa para $p < 0,05$.

No sexo feminino, a inclinação máxima no PB foi maior dos quatro aos 11 anos, menor entre 12 e 14, e sem diferença nas pacientes entre 15 e 17 anos. A velocidade máxima se mostrou significativamente mais elevada no PR em todas as faixas etárias (tabela VII).

No sexo masculino, a inclinação máxima apresentou poucas diferenças, e foi mais elevada no PB apenas na classe de 12 a 14 anos. A velocidade máxima alcançada foi significativamente maior no PR, em todas as idades (tabela VIII).

TABELA VII. Velocidade (km/h) e inclinação máxima (%) por faixa etária e tipo de protocolo. Pacientes do sexo feminino que realizaram o teste ergométrico na esteira de outubro de 1986 a fevereiro de 2003 – Recife/PE.

protocolo	Velocidade max			Inclinação max				
	BRUCE		RAMPA	<i>p</i>	BRUCE	RAMPA	<i>p</i>	
faixa etária	média	DP	média	DP	média	DP	média	DP
04 I---I 07	6,1 ± 0,9		6,6 ± 0,6		0,014	15,0 ± 1,4	14,0 ± 2,0	0,011
08 I---I 11	6,4 ± 0,8		7,2 ± 0,9		<0,001	15,6 ± 1,3	14,9 ± 2,1	0,002
12 I---I 14	6,1 ± 0,9		7,8 ± 1,1		<0,001	15,1 ± 1,3	15,9 ± 2,1	0,034
15 I---I 17	6,2 ± 1,0		7,7 ± 1,6		<0,001	15,3 ± 1,8	15,7 ± 2,1	0,064
TOTAL	6,2 ± 0,9		7,4 ± 1,2		<0,001	15,3 ± 1,5	15,2 ± 2,2	0,555

Diferença significativa para $p < 0,05$.

TABELA VIII. Velocidade (km/h) e inclinação máxima (%) por faixa etária e tipo de protocolo. Pacientes do sexo masculino que realizaram o teste ergométrico na esteira de outubro de 1986 a fevereiro de 2003 – Recife/PE.

protocolo	Velocidade max			Inclinação max				
	BRUCE		RAMPA	<i>p</i>	BRUCE	RAMPA	<i>p</i>	
faixa etária	média	DP	média	DP	média	DP	média	DP
04 I---I 07	6,2 ± 1,0		7,2 ± 1,2		<0,001	15,2 ± 1,6	15,9 ± 3,0	0,283
08 I---I 11	6,9 ± 1,0		7,8 ± 1,0		<0,001	16,3 ± 1,6	16,2 ± 3,1	0,128
12 I---I 14	7,3 ± 1,2		8,6 ± 1,3		<0,001	16,9 ± 1,8	16,2 ± 3,1	0,002
15 I---I 17	7,2 ± 0,9		8,7 ± 1,3		<0,001	16,9 ± 1,6	17,1 ± 3,4	0,703
TOTAL	7,0 ± 1,1		8,2 ± 1,3		<0,001	16,4 ± 1,7	16,4 ± 3,2	0,033

Diferença significativa para $p < 0,05$.

Aplicada a fórmula do ACSM (corrida), para o cálculo do consumo máximo de oxigênio, apenas as meninas entre quatro e sete anos não apresentam diferença significativa entre os grupos Bruce e rampa. Para as demais crianças e adolescentes, foram alcançados valores significativamente mais elevados do VO_2 max com o protocolo em rampa, independente do sexo ou da idade (tabela IX).

TABELA IX. VO_2 max (mL/kg/min - calculado pela fórmula do ACSM / corrida) por sexo, faixa etária e tipo de protocolo. Pacientes que realizaram o teste ergométrico na esteira de outubro de 1986 a fevereiro de 2003 – Recife/PE.

protocolo	Sexo feminino			Sexo masculino		
	BRUCE	RAMPA	<i>p</i>	BRUCE	RAMPA	<i>p</i>
faixa etária	média DP	média DP		média DP	média DP	
04 --- 07	37,9 ± 6,4	39,4 ± 4,7	0,290	38,7 ± 7,3	45,3 ± 9,2	0,018
08 --- 11	40,3 ± 5,9	43,9 ± 6,2	0,008	43,7 ± 7,5	48,6 ± 7,9	<0,001
12 --- 14	38,0 ± 6,1	48,3 ± 7,3	<0,001	47,0 ± 9,0	53,2 ± 9,0	<0,001
15 --- 17	38,9 ± 7,9	47,8 ± 10,1	<0,001	46,4 ± 7,4	55,1 ± 9,4	<0,001
TOTAL	39,0 ± 6,6	45,4 ± 8,1	<0,001	44,2 ± 8,2	51,4 ± 9,3	<0,001

Diferença significativa para $p < 0,05$.

6- DISCUSSÃO

Nesse estudo, foi observado que nos últimos anos houve aumento nas solicitações do TE nas crianças e adolescentes. De outubro de 1986 a fevereiro de 1998, foram realizados em média 4,5 exames ao mês e nos últimos cinco anos, até fevereiro de 2003, este número chegou a 7,5 exames ao mês. As principais indicações para a realização desses testes foram: dor torácica, cansaço ou falta de ar aos esforços, avaliação da capacidade funcional em atletas ou antes do início de atividades físicas, avaliação da pressão arterial e palpitações.

Apesar da baixa prevalência de cardiopatias nesta faixa etária, o TE além de afastar a doença cardíaca e determinar a capacidade funcional, permite ao médico assistente liberar com mais segurança para atividades físicas habituais ou desportivas, as crianças com sintomas relacionados ao exercício. O TE normal pode dar aos pais maior tranquilidade em permitir que seus filhos, doentes ou não, tenham uma vida tão normal quanto possível, sem restrições por vezes desnecessárias das suas atividades físicas.

A escolha do protocolo do TE é um dos mais importantes fatores que podem influenciar na interpretação dos aspectos hemodinâmicos, eletrocardiográficos e análise dos gases respiratórios. O protocolo pode interferir na sensibilidade, razão para interromper o exercício e quantidade de trabalho realizado²². A tendência atual é para a realização dos denominados protocolos em rampa, individualizados de

acordo com o paciente, que tornam mais fácil a análise do comportamento das variáveis hemodinâmicas e ventilatórias ao esforço. Esses protocolos podem ser feitos em qualquer tipo de ergômetro e a maioria dos equipamentos modernos já permite a sua realização¹. Muitos protocolos são baseados no protocolo de Bruce, mas há referências a vantagens dos protocolos individualizados, com duração entre 6 e 12 minutos⁷.

A padronização dos protocolos do TE tem a vantagem de permitir a comparação do resultado de repetidos testes no mesmo indivíduo e testes realizados em diferentes laboratórios⁵. Exames realizados pelo protocolo de Bruce podem ser facilmente comparados pelo tempo de exercício. Na comparação de diferentes protocolos, pode ser usado o VO_2 max, calculado pela mesma fórmula, geralmente baseada na velocidade e inclinação alcançada no pico do exercício.

No teste pediátrico, a escala de Borg pode ser de difícil compreensão, porém, a criança deve ser questionada constantemente da intensidade do cansaço e estimulada a realizar o maior esforço possível. Não deve ser permitida a interferência dos pais, presentes no laboratório do teste, que freqüentemente estimulam a criança a interromper o exercício, pelo medo de complicações do exercício intenso⁷.

A resposta imediata do sistema cardiovascular ao exercício é o aumento da freqüência cardíaca, decorrente da redução do tônus vagal, seguida do aumento do tônus simpático. Durante o exercício dinâmico a FC aumenta linearmente com a intensidade do esforço e, conseqüentemente com o consumo de oxigênio, dentro de limites entre

50 e 90% do VO_2 max. Crianças mais jovens, com o aumento da carga de trabalho, compensam o pequeno coração e o baixo volume sistólico, com elevação da FC maior que os adultos. A FC max varia inversamente com a idade, após a puberdade reduz 0,7 a 0,8 bpm por ano e as meninas tem FC maior que os meninos. Crianças obesas tem FC mais elevadas que crianças mais magras em mesma carga de trabalho sub-máximo. Motivação, cooperação, tipo do protocolo, posição do corpo durante o teste, sexo, estado de saúde, treinamento do indivíduo e condições ambientais (temperatura, umidade e altitude) são importantes determinantes da FC alcançada no TE. O exercício na esteira ergométrica resulta em FC mais elevada do que o realizado no cicloergômetro^{2,3,5}.

Crianças mais jovens são menos cooperativas ao exercício máximo. Experiência do examinador e encorajamento do jovem, relutante ao exercício máximo, são necessários para compensar as dificuldades em diferenciar a limitação da capacidade em realizar o exercício com a falta de cooperação no teste pediátrico⁷. O nível de tolerância ao exercício nas crianças pode decorrer mais de fatores motivacionais do que fadiga verdadeira³³. Estes fatores podem justificar o menor tempo de exercício e menor FC max alcançada pelos mais jovens.

As fórmulas mais utilizadas para o cálculo da FC max prevista nos adultos, a de Karvonen ($220 - \text{idade}$) e a de Lange e Anderson ($210 - [\text{idade} \times 0,65]$), com uma margem de erro de 12 bpm^2 , não são aplicadas para prever a FC max na população pediátrica²⁷. A resposta fisiológica das crianças ao exercício é semelhante aos adultos, com elevação

progressiva proporcional ao aumento da intensidade do esforço, mas difere nos valores máximos alcançados e na menor correlação entre FC e idade. Crianças normais de diferentes faixas etárias atingem FC max acima de 180 bpm, e são comuns valores acima de 200 bpm. Crianças com FC max < 180 bpm, ou não foram convenientemente exercitadas, ou apresentam déficit cronotrópico²⁷.

Myers et al.¹⁸ submeteram indivíduos adultos a três protocolos na esteira ergométrica (Bruce, Balke e em rampa) e observaram FC max mais elevada no protocolo de Bruce, embora sem valor significativo.

Cumming et al⁶⁷, em 1978, realizaram o protocolo de Bruce em 327 canadenses normais entre quatro e 18 anos, encaminhados para avaliação de sopro inocente. A FC média de repouso foi menor nas crianças mais jovens e nas meninas. A FC max média em todos os grupos foi entre 193 e 206 bpm, com pequena influência da idade e sexo e correlação negativa com o tempo de exercício, peso e altura. Não foram observadas FC max menores que 180 bpm. A FC max nas crianças canadenses com doença cardíaca da mesma faixa etária, ficou entre 180 e 210 bpm, exceto nas portadoras de cianose ou doença valvar grave, que alcançaram FC max média de 175 bpm⁴¹.

Cem crianças e adolescentes mexicanos (59 meninos e 41 meninas) entre cinco e 14 anos, submetidos ao protocolo de Bruce, apresentaram FC de repouso mais elevada nos mais jovens, sem diferença quanto ao sexo. A FC max observada foi mais elevada com a idade e superfície corporal, também sem diferença entre os sexos. Os meninos com cinco anos e as meninas com cinco e seis anos, não

alcançaram 180 bpm, os demais tiveram FC max entre 184 e 200 bpm⁶⁸. Uma amostra de 82 americanos entre quatro e 18 anos, também submetidos ao protocolo de Bruce, com FC max entre 180 e 200 bpm (197 ± 11 bpm), não mostrou diferença significativa com a idade ou entre os sexos⁶⁹.

Em 280 napolitanos de quatro a 17 anos (140 de cada sexo), a FC de repouso foi significativamente maior no sexo feminino (97 ± 13 bpm) que no masculino ($90 \pm 12,9$ bpm) e menor com o aumento da idade (sem significância). A FC max alcançada com o protocolo de Bruce foi semelhante, $181,6 \pm 14$ bpm nos meninos e 184 ± 13 bpm nas meninas⁷⁰. Em 80 crianças e adolescentes turcos, entre quatro e 15 anos, a FC max alcançada com o protocolo de Bruce foi de 193 ± 11 bpm nos meninos e 197 ± 11 bpm nas meninas, também sem diferença entre os sexos⁷¹.

Poucas publicações abordam crianças normais com o protocolo em rampa na esteira ergométrica. Rowland & Cunningham⁷² estudaram 15 crianças entre sete e 10 anos para avaliar o VO₂ max e todos ultrapassaram 193 bpm, com FC max média de 200 ± 5 bpm. Török et al⁶⁴ observaram 29 meninos normais com idade média de 15 ± 1 anos, para comparar com portadores de síndrome plurimetabólica e obesidade isolada. No grupo normal, a FC de repouso estava abaixo de 80 bpm e a máxima em torno de 185 bpm.

No presente trabalho, a frequência cardíaca de repouso (deitado) foi mais elevada nas faixas etárias mais baixas, no sexo feminino e no PB, mas com diferença significativa ($p=0,013$) apenas nos

meninos de 15 a 17 anos. Nos dois protocolos, a FC max média foi menor nos mais jovens e maior entre 12 e 14 anos e em todas as idades foi superior a 180 bpm. Estes achados foram concordantes com a literatura, que descreve pequena influência com a idade e o sexo.

Nos dois sexos e em todas as idades, o PB mostrou FC max mais elevada (1,1 a 3,9 bpm nas meninas e 2,7 a 4,6 bpm nos meninos). Esta diferença teve significado estatístico apenas nas meninas de oito a 11 anos e nos meninos de 15 a 17 anos, embora deva ser questionado se a diferença de 3,9 a 4,6 bpm no pico do esforço tem valor clínico.

Whipp et¹⁶ al descreveram o tempo ideal de 4 a 8 min para alcançar o esforço máximo no cicloergômetro. Buchfuhrer et al²⁴ sugeriram duração média de 10 min para a tolerância máxima do TE, usando esteira ou cicloergômetro. No protocolo em rampa, independente do sexo, idade ou nível de condicionamento, espera-se uma duração entre 8 e 12 minutos^{3,18,19,20}.

Cumming et al⁶⁷ observaram uma alta correlação entre o VO_2 max e o tempo de exercício, que pode ser usado satisfatoriamente como indicador da tolerância ao esforço no protocolo de Bruce. O tempo de esforço aumentou com a idade, da infância até a puberdade, quando foram observados os maiores valores, e a partir daí começou a declinar com o aumento da idade. O tempo médio, de 10 min nos meninos de quatro e cinco anos, aumentou até 14,3 min entre 13 e 15 anos. Nas meninas, os valores aumentaram de 9 min aos quatro e cinco anos, até 12 min entre 10 e 12 anos. Para uma mesma idade, o sexo masculino

teve valores maiores, e o tempo dos meninos de 16 a 18 anos foi 35% maior. O tempo desproporcionalmente mais baixo nas meninas mais jovens e mais velhas, foi atribuído à falta de motivação para realizar o esforço máximo.

Quando comparado às crianças e adolescentes normais com sopro inocente, o tempo de esforço no grupo com doença cardíaca estudado por Cumming⁴¹, estava abaixo do percentil 10 em 21% dos pacientes. Quando comparado ao grupo de escolares normais voluntários, 47% dos cardiopatas tiveram tempo abaixo do percentil 10.

Bozza & Loos²⁷ estudaram com o protocolo de Bruce 114 brasileiros entre quatro e 18 anos. Nos meninos o tempo médio de esforço aumentou de 10 min com idade ≤ 7 anos até 13,6 min para idade ≥ 15 anos. Nas meninas o tempo aumentou de 8,9 min nas mais jovens até 12,0 min dos 11 aos 14 anos e caiu acima dos 14 anos.

O estudo mexicano também mostrou forte correlação do tempo de esforço com o VO_2 max. Tendeu a aumentar com a idade, que guardou maior correlação com o sexo masculino, com tempo médio de $11,8 \pm 1,2$ min ($9,8 \pm 0,2$ min aos seis anos e $13,6 \pm 1,5$ min aos 14 anos). Nas meninas o tempo médio de $10,7 \pm 1,2$ min foi significativamente menor, e os maiores valores foram observados aos 10 anos ($11,8 \pm 0,6$ min)⁶⁸.

Nas crianças napolitanas, o peso e a idade foram os melhores preditores do tempo de esforço. O progressivo aumento no tempo de exercício foi evidente com a idade, principalmente nos meninos, na

puberdade. A duração média do exercício foi significativamente maior nos meninos, $15,2 \pm 2,8$ min contra $13,7 \pm 2,3$ min nas meninas⁷⁰.

Apesar de aumentar proporcionalmente com a idade e a superfície corporal, a duração do TE nas crianças turcas não foi diferente entre os sexos. Nos meninos, o tempo médio variou com a faixa etária de 10,0 a 17,9 min (média $13,9 \pm 3,6$ min) e nas meninas de 11,1 a 15,7 min (média $13,3 \pm 2,5$ min). A duração do TE nos mais jovens foi maior nas meninas, e nos mais velhos foi maior nos meninos⁷¹.

Nesse estudo, no PB o tempo máximo de esforço também foi maior no sexo masculino. Quando categorizados pela faixa etária, o maior tempo observado nas meninas foi entre oito e 11 anos ($10:22 \pm 1:43$ min), e nos meninos, o tempo foi maior de 12 a 14 anos ($12:44 \pm 3:03$ min). No PR, a variação média foi pouco superior a um min nos dois sexos, em todas as idades. Nos meninos o tempo médio de $10:34 \pm 1:44$ min não mostrou diferença com a idade.

A amostra total das meninas apresentou tempo de esforço praticamente igual nos dois protocolos (PB= $10:02 \pm 1:46$ min e PR= $10:04 \pm 1:34$ min). Apenas entre 12 e 14 anos o tempo no PR foi significativamente maior. Nos meninos, após os oito anos o tempo foi significativamente maior no PB, que ultrapassou o tempo máximo ideal de 12 minutos a partir dos 12 anos.

O consumo máximo de oxigênio (VO_2 max) é a medida fisiológica mais importante para a definição da capacidade funcional

cardiorrespiratória. Pode ser determinado de maneira direta, através da coleta dos gases expirados durante o exercício e estimado de maneira indireta, através de fórmulas. A medida direta do VO_2 max é desejável em situações especiais ou de investigação (insuficiência cardíaca e treinamento esportivo) mas, para testar um grande número de indivíduos ou na prática clínica, a estimativa indireta tem sido suficiente². No TE realizado na esteira ergométrica, as fórmulas para o cálculo do VO_2 podem se basear no tempo de esforço, ou na velocidade e inclinação máxima (anexo B).

O VO_2 max aumenta rapidamente quando o exercício dinâmico inicia mas, após o segundo minuto com a mesma intensidade de exercício, geralmente alcança o platô. O VO_2 pico, observado no máximo do exercício, pode ou não ser igual ao VO_2 max, que é o maior VO_2 que o indivíduo pode obter. Enquanto no adulto mais freqüentemente o VO_2 max atinge platô, e não se eleva mais com o aumento da intensidade do exercício, no teste pediátrico o platô é pouco observado. Nas crianças, o aumento do consumo de oxigênio durante o exercício é de aproximadamente 10 vezes, nos adultos 10 a 15 e nos atletas pode aumentar até 20 vezes. O consumo de oxigênio está fortemente associado ao percentual de gordura corporal, e a diferença entre os sexos é mínima quando indexado ao peso magro⁵. Devido à grande variação individual do peso e altura, os valores do VO_2 são geralmente normalizados pelo peso em mL/kg/min (mililitros de oxigênio consumidos por quilograma de peso corporal por minuto).

Myers et al¹⁸ não encontraram diferença entre o VO_2 medido com os protocolos de Bruce e rampa, embora o uso da rampa possa minimizar a diferença entre o medido e calculado. O VO_2 calculado foi maior que o medido em todos os protocolos estudados. A menor diferença foi de 6% com o protocolo em rampa e a maior de 16% com o protocolo de Bruce. Serra¹⁹ recomenda o protocolo em rampa por permitir melhor identificação do limiar anaeróbio, e maiores níveis de VO_2 max.

O TE máximo não distingue necessariamente crianças normais daquelas com doença cardíaca de moderada a grave. Muitas com pequenos problemas estruturais do coração, corrigidos ou não, tem VO_2 max igual às normais. Somente as crianças cianóticas ou com doença valvar grave apresentaram consistente redução da capacidade funcional⁴¹.

O VO_2 max medido no pico do exercício depende do ergômetro e do tipo de exercício realizado. O TE realizado na esteira mostrou diferentes valores (mL/kg/min): 47,7 a 61,0 (aumento isolado da inclinação); 45,7 a 58,2 (aumento isolado da velocidade); 45,9 a 61,3 (aumento da velocidade e da inclinação); 43,1 a 53,5 (caminhando)⁵.

Cumming et al⁶⁷ utilizaram o PB, e descreveram forte correlação entre o tempo e o VO_2 max, que também aumentou com a idade e alcançou valores máximos na puberdade, mais precoces nas meninas, e declinou com a idade após este período. Encontraram baixa correlação negativa com o peso e altura. O VO_2 medido nos estágios um, dois e três deste protocolo foi semelhante nas crianças e adultos, o que pode vir a justificar o uso das mesmas fórmulas para estimar o VO_2 em

todas as idades. O VO_2 medido em parte das crianças, aumentou com a idade: $37,7 \pm 2,7$ mL/kg/min (13 a 14 anos, que concluíram o terceiro estágio); $46,9 \pm 2,7$ e $56,5 \pm 3,1$ mL/kg/min (13 a 20 anos, atletas, que concluíram o quarto e quinto estágio respectivamente).

Em 7514 americanos entre 12 e 17 anos, o VO_2 max estimado foi ligeiramente maior na raça negra, aumentou com a idade no sexo masculino e diminuiu no sexo feminino. VO_2 max (mL/kg/min) nos meninos negros: $50,05 \pm 3,87$ (12 e 13 anos); $52,44 \pm 4,22$ (14 e 15 anos); $52,80 \pm 3,31$ (16 e 17 anos); nas meninas negras: $41,82 \pm 5,19$ (12 e 13 anos); $38,40 \pm 4,02$ (14 e 15 anos); $35,45 \pm 1,61$ (16 e 17 anos)³⁸.

O estudo mexicano também mostrou forte correlação no PB entre o tempo de esforço e o VO_2 max estimado, que foi mais elevado no sexo masculino ($45,2 \pm 4,9$ mL/kg/min) que no feminino ($41,9 \pm 4,5$ mL/kg/min). Nos meninos o aumento foi maior, de 9,8 METs (seis anos) a 14,6 METs (14 anos). Nas meninas, o aumento ocorreu entre sete anos (9,5 METs) e 10 anos (11,8 METs)⁶⁸.

Na medida direta do consumo de oxigênio, o platô não deve ser usado para definir o VO_2 max em crianças. Em 15 jovens entre sete e 10 anos submetidos ao PR na esteira, apenas 1/3 apresentou platô, caracterizado pelo aumento menor que 1,8 mL/kg/min no último minuto de esforço. O VO_2 pico nos meninos foi de $52,1 \pm 5,7$ mL/kg/min e nas meninas $49,0 \pm 4,5$ mL/kg/min⁷². Outros 29 meninos, com idade média de $15,3 \pm 1,0$ anos, que realizaram o PR na esteira ergométrica, tiveram o VO_2 max medido em torno de $45,3$ mL/kg/min⁶⁴.

Nesse trabalho, para permitir a comparação entre os protocolos de Bruce e rampa, foi usada uma mesma fórmula para calcular o VO_2 max em todas as crianças e adolescentes. A fórmula escolhida foi a do ACSM para corrida, já que quase a totalidade dos pacientes concluiu o protocolo correndo, e estima o VO_2 max a partir da inclinação e velocidade no esforço máximo. A unidade usada para corrigir a diferença do peso corporal foi mL/kg/min.

A inclinação no esforço máximo no PB foi maior no sexo masculino, mas praticamente não variou com a idade. No PR, além de maior nos meninos, aumentou com a idade nos dois sexos. Na comparação entre os protocolos, as meninas do PB alcançaram inclinação maior de quatro a 11 anos e menor de 12 a 14 anos. Os meninos tiveram pequena diferença apenas na faixa etária de 12 a 14 anos. A velocidade máxima alcançada no PB não variou com a idade nas meninas, e nos meninos aumentou até 14 anos. A velocidade foi significativamente maior no PR, nos dois sexos e em todas as faixas etárias.

De forma semelhante aos outros estudos, o VO_2 max foi maior nos meninos, aumentou com a idade e os valores máximos foram alcançados mais tardiamente no sexo masculino. O maior VO_2 max no PB foi observado entre oito e 11 anos nas meninas e entre 12 e 14 anos nos meninos. Com o PR o maior valor foi registrado entre 12 e 14 anos nas meninas e entre 15 e 17 anos nos meninos. O VO_2 max foi mais elevado no PR em todas as idades e nos dois sexos, sem diferença significativa somente nas meninas de quatro a sete anos.

Apesar da correlação inversa (embora baixa) do VO_2 com o peso⁶⁷, nos meninos entre 15 e 17 anos, com peso médio mais elevado, o VO_2 max também foi maior no PR e registrou a maior diferença entre todos os grupos. Embora a maior proporção de indivíduos com doença cardíaca tenha sido observada no PR, em todas as idades o VO_2 max foi mais elevado neste protocolo (PR=51,4±9,3 e PB=44,2±8,2 mL/kg/min).

Ao contrário do protocolo de Bruce, com estágios fixos e predeterminados, no protocolo em rampa, o objetivo é alcançar em cerca de 10 minutos (entre 8 e 12 min) o VO_2 max previsto. Para isto, precisam ser determinados os limites de inclinação e velocidade, de acordo com o sexo e faixa etária, para a realização do exercício (inicial e aos 10 min de esforço).

Os dados observados nessa população, permitiram elaborar as tabelas X e XI, que apresentam a velocidade e a inclinação inicial e aos dez minutos de exercício, de acordo com o sexo e a faixa etária, facilitando assim o uso do protocolo em rampa nas crianças e adolescentes. Algumas sugestões que se seguem, também podem auxiliar na prescrição do exercício no protocolo em rampa:

1. O tempo previsto de exercício deve ser de 10 minutos. Os dois min para mais ou para menos, devem acomodar a maioria dos pacientes examinados, dentro do tempo ideal de 8 a 12 min de exercício;
2. A velocidade e inclinação, a serem atingidas aos 10 min de exercício, devem ser escolhidas inicialmente, usando como sugestão

os dados apresentados nas tabelas X e XI, de acordo com o sexo e idade, objetivando o VO_2 max alcançado;

3. A velocidade inicial, deve equivaler a 50% ou menos da velocidade máxima prevista, para permitir aumento de 0,1 km/h a cada 10 ou 15 segundos. Ex.: Para uma velocidade máxima estimada em 7,5 km/h, a inicial pode ser de 3,5 km/h, com variação de 4 km/h nos 10 minutos, equivale ao aumento de 0,1 km/h de 15/15 segundos;
4. A inclinação inicial, em valores absolutos, deve ser 10% menor que a inclinação máxima, para permitir aumento da inclinação de 0,5% a cada 30 segundos. Ex.: Para uma inclinação máxima prevista de 15%, a inicial pode ser 5%, com variação de 10% em 10 minutos, implica no aumento de 0,5% de 30/30 segundos;
5. O período de aquecimento e adaptação ao ergômetro, deve ser realizado durante cerca de dois minutos, com velocidade e inclinação de 50% dos valores iniciais.
6. A recuperação após o exercício pode ser realizada sem inclinação (0%) e velocidade inicial equivalente a 50% da máxima alcançada, com redução de 10% a cada 30 segundos. Ex.: Para velocidade no esforço máximo de 6km/h, o repouso ativo inicia com 3 km/h, de 30/30 seg reduz 0,3 km/h (3 – 2,7 – 2,4 – 2,1 – 1,8 ...) e ao alcançar velocidade próxima a 1 km/h o exercício é interrompido.

Tabela X. Velocidade (km/h) e inclinação (%) sugeridas (inicial e aos 10 min) e VO₂ (mL/kg/min) alcançado por faixa etária, para orientar a prescrição do exercício no protocolo em rampa nas pacientes do sexo feminino.

faixa etária	VELOCIDADE		INCLINAÇÃO		VO ₂	
	inicial	10 min	inicial	10 min	média	DP
04 --- 07	3,0	6,5	4,0	14,0	39,4 ± 4,7	
08 --- 11	3,5	7,0	5,0	15,0	43,9 ± 6,2	
12 --- 14	4,0	8,0	5,0	15,0	48,3 ± 7,3	
15 --- 17	4,0	8,0	5,0	15,0	47,8 ± 10,1	

Tabela XI. Velocidade (km/h) e inclinação (%) sugeridas (inicial e aos 10 min) e VO₂ (mL/kg/min) alcançado por faixa etária, para orientar a prescrição do exercício no protocolo em rampa nos pacientes do sexo masculino.

faixa etária	VELOCIDADE		INCLINAÇÃO		VO ₂	
	inicial	10 min	inicial	10 min	média	DP
04 --- 07	3,5	7,5	5,0	15,0	45,3 ± 9,2	
08 --- 11	4,0	8,0	5,0	15,0	48,6 ± 7,9	
12 --- 14	4,0	8,5	6,0	16,0	53,2 ± 9,0	
15 --- 17	4,5	9,0	6,0	16,0	55,1 ± 9,4	

A utilização de forma combinada de pequenos e constantes aumentos da inclinação e da velocidade, durante todo o período de exercício, proporciona maior conforto do que o súbito aumento da carga de trabalho, principalmente nos pacientes mais jovens ou do sexo feminino.

7- CONCLUSÃO

No teste ergométrico realizado nas crianças e adolescentes, com os dois protocolos a frequência cardíaca máxima ultrapassou a desejada (180 bpm). Com o protocolo em rampa, o tempo de exercício esteve dentro do recomendado (8 a 12 minutos), em ambos os sexos e em todas as faixas etárias, e a intensidade do esforço realizado (VO_2 max) foi maior do que no protocolo de Bruce. O VO_2 max, a velocidade e inclinação alcançadas podem ser utilizados como referência, para auxiliar na prescrição do protocolo em rampa, no teste ergométrico realizado na esteira.

8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS *

- 1 Araújo CGS. Teste de exercício: terminologia e algumas considerações sobre passado, presente e futuro baseado em evidências. Rev Bras Med Esporte 2000;6:77-84.
- 2 Mastrocolla LE, Brito AX, Brito FS, et al. Consenso nacional de ergometria. Arq Bras Cardiol 1995;65:189-211.
- 3 Andrade J, Brito FS, Vilas-Boas F, et al. II Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre teste ergométrico. Arq Bras Cardiol 2002;78 (Suppl II):1-17.
- 4 Site do Department of Child and Adolescent Health and Development (CAH) of World Health Organization (WHO). Disponível em: URL: <http://www.who.int/child-adolescent-health/>. Acesso em 18 jun. 2003.
- 5 Washington RL, Bricker JT, Alpert BS, et al. Guidelines for exercise testing in the pediatric age group. From the Committee on Atherosclerosis and Hypertension in Children, Council on Cardiovascular Disease in the Young, the American Heart Association. Circulation 1994;90:2166-79.
- 6 Freed MD. Exercise testing in children: a survey of techniques and safety. Circulation 1981;64 (suppl IV):IV-278.

*** *Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals. International Committee of Medical Journal Editors. N Engl J Med 1997;336:309-15.***

- 7 Gibbons RJ, Balady GJ, Beasley JW, et al. ACC/AHA guidelines for exercise testing: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee on Exercise Testing). *J Am Coll Cardiol* 1997;30:260-315.
- 8 Alfieri RG, Duarte GM. Histórico. In: *Exercício e o coração*. 2^a ed. Rio de Janeiro: Cultura Médica; 1993. p. 3-9.
- 9 Bousfield G. Angina pectoris: changes in electrocardiogram during paroxysm. *Lancet* 1918;195:457-8.
- 10 Feil H, Siegel ML. Electrocardiographic changes during attacks of angina pectoris. *Am J Med Sci* 1928;175:255-60.
- 11 Master AM, Oppenheimer ET. A simple exercise tolerance test for circulatory efficiency with standard tables for normal individuals. *Am J Med Sci* 1929;177:223-43.
- 12 Astrand PO, Rhyming I. Nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work. *J Appl Physiol* 1954;7:218-21.
- 13 Bruce RA. Evaluation of functional capacity and exercise tolerance of cardiac patients. *Mod Concepts Cardiovasc Dis* 1956;25:321-6.
- 14 Vivacqua R, Hespanha R. Introdução – Histórico – Perspectiva. In: *Ergometria e reabilitação em cardiologia*. Rio de Janeiro: Medsi; 1992. p. 1-6.
- 15 Ellestad MH, Allen W, Wan MCK, Kemp GL. Maximal treadmill stress testing for cardiovascular evaluation. *Circulation* 1969;39:517-22.

- 16 Whipp BJ, Davis JA, Torres F, Wasserman K. A test to determine parameters of aerobic function during exercise. *J Appl Physiol* 1981;50:217-21.
- 17 Vivacqua R, Hespanha R. Metodologia do Teste Ergométrico. In: *Ergometria e reabilitação em cardiologia*. Rio de Janeiro: Medsi; 1992. p. 39-100.
- 18 Myers J, Buchanan N, Walsh D, et al. Comparison of the ramp versus standard exercise protocols. *JACC* 1991;17:1334-42.
- 19 Serra S. Considerações sobre Ergoespirometria. *Arq Bra Cardiol* 1997;68:301-4.
- 20 Protocolo em rampa: manual de referência rápida. Brasília, 1998. Disponível em URL: <http://www.micromed.ind.br/ergopc13/download/rampa.pdf>. Acesso em 28 fev. 2001.
- 21 Kenney WL, Humphrey RH, Bryant CX, et al. American College of Sports Medicine. Cálculos metabólicos. In: *Manual para o teste de esforço e prescrição do exercício*. 5^a ed. Rio de Janeiro: Revinter; 2000. p. 237-250.
- 22 Myers J, Buchanan N, Smith D et al. Individualized ramp treadmill. Observations on a new protocol. *Chest* 1992;101 (Suppl 5):236-41.
- 23 Vivacqua, R. Considerações sobre o protocolo de rampa aplicado no teste ergométrico. *Boletim do Departamento de Ergometria e Reabilitação Cardiovascular da SBC* 1999;18:16-7.

- 24 Buchfuhrer MJ, Hansen JE, Robinson TE, et al. Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. *J Appl Physiol* 1983;55:1558-64.
- 25 Yamamoto M, Tanabe K, Ohmiya K, et al. Development of computer software in ramp slope controller for treadmill ergometer. *J Cardiol* 1992;22:687-93.
- 26 Myers J, Froelisher VF. Exercise testing. Procedures and implementation. *Cardiol Clin* 1993;11:199-213.
- 27 Bozza A, Loos L. O teste de esforço em crianças e adolescentes. Experiência com brasileiros normais. *Rev SOCERJ* 1995;7:19-25.
- 28 Vivacqua Costa R. Condicionamento físico e limitações do adolescente. In: Academia Nacional de Medicina. I Congresso Nacional – A Saúde do Adolescente. Conferência apresentada em: Congresso Nacional “A Saúde do Adolescente”. 1991 jun 24-27. Rio de Janeiro; 1991. p. 315-21.
- 29 Ghorayeb N, Bozza A, Loos L, Fuchs ARCN. Aspectos cardiovasculares da criança atleta. In: Ghorayeb N, Barros TL. O Exercício: Preparação fisiológica, avaliação médica, aspectos especiais e preventivos. São Paulo: Atheneu; 1999. p. 363-73.
- 30 Nudel DB, Diamant S, Brady T, Jarenwattananon M, Buckley BJ, Gootman N. Chest pain, dyspnea on exertion, and exercise induced asthma in children and adolescents. *Clin Pediatr* 1987;26:388-92.
- 31 Pahl E, Sehgal R, Chrystof D, et al. Feasibility of exercise stress echocardiography for the follow-up of children with coronary

- involvement secondary to Kawasaki disease. *Circulation* 1995;91:122-8.
- 32 Jan SL, Hwang B, Fu YC, et al. Comparison of 201 Tl Spect and treadmill exercise testing in patients with Kawasaki disease. *Nucl Med Commun* 2000;21:431-5.
- 33 Weindling SN, Wernovsky G, Colan SD, et al. Myocardial perfusion, function and exercise tolerance after the arterial switch operation. *J Am Coll Cardiol* 1994; 23:424-33.
- 34 Massin M, Hövels-Gürich H, Däbritz S, Messmer B, von Bernuth G. Results of the Bruce treadmill test in children after arterial switch operation for simple transposition of the great arteries. *Am J Cardiol* 1998;81:56-60.
- 35 Hauser M, Kuehn A, Wilson N. Abnormal responses for blood pressure in children and adults with surgically corrected aortic coarctation. *Cardiol Young* 2000;10:353-7.
- 36 Calzolari A, Giordano U, Matteucci MC, et al. Exercise tolerance and behaviour of blood pressure in children and adolescents after renal transplant. *J Sports Med Phys Fitness* 1997;37:267-72.
- 37 Kavey REW, Kveselis DA, Gaum WE. Exaggerated blood pressure response to exercise in children with increased low-density lipoprotein cholesterol. *Am Heart J* 1997;133:162-8.
- 38 Gillum RF. The relationship of treadmill test performance to blood pressure and other cardiovascular risk factors in adolescents. *Am Heart J* 1989;118:161-71.

- 39 Matthys D, Verhaaren H. Hypertension artérielle à l'effort chez les enfants opérés de communication interventriculaire et de communication interauriculaire. *Arch Mal Coeur* 1990;83:697-700.
- 40 Gürses HN, Gürses A, Arikan H. Exercise testing in children with congenital heart disease before and after surgical treatment. *Pediatr Cardiol* 1991;12:20-3.
- 41 Cumming GR. Maximal exercise capacity of children with heart defects. *Am J Cardiol* 1978;42:613-9.
- 42 Bouhour JB, Lefèvre M, Soulard M, et al. Évaluation à long terme et activités physiques et sportives après corrections de tétralogie de Fallot. *Arch Mal Coeur* 1984;77:543-9.
- 43 Tatara K, Matsuoka S, Kubo M, Ushiroguchi Y, Kuroda Y. Time course of oxygen uptake and heart rate during Bruce treadmill test in patients following surgery for tetralogy of Fallot. *Heart Vessels* 1994;9:210-7.
- 44 Pastore E, Turchetta A, Giordano U, et al. Functional evaluation by treadmill in children and adolescent following correction of tetralogy of Fallot. *G Ital Cardiol* 1996;26:739-45.
- 45 Goforth D, James FW, Kaplan S, Donner R, Mays W. Maximal exercise in children with aortic regurgitation: an adjunct to noninvasive assessment of disease severity. *Am Heart J* 1984;108:1306-11.
- 46 Shimokawa T, Takahashi Y, Kikuchi T, Tatsuno K. Exercise capacity in children late after aortic valve replacement using the Konno procedure. *Kyobu Geka* 1999;52:281-5.

- 47 Rokicki W, Krzystolik-Ladzinska J, Goc B. Clinical characteristics of primary mitral valve prolapse syndrome in children. *Acta Cardiol* 1995;50:147-53.
- 48 Sumitomo N, Ito S, Harada K, Kobayashi H, Okuni M. Treadmill exercise test in children with cardiomyopathy and postmyocarditic myocardial hypertrophy. *Heart Vessels* 1986;2:47-50.
- 49 Itoh H, Koike A, Taniguchi K, Marumo F. Severity and pathophysiology of heart failure on the basis of anaerobic threshold (AT) and related parameters. *Jpn Circ J* 1989;53:146-54.
- 50 Greco R, Musto B, Siciliano S, et al. Prevalenza di aritmie ipercinetiche in una popolazione infantile e adolescente sana: correlazione fra ECG standard, prova da sforzo ed ECG dinamico. *G Ital Cardiol* 1983;13:179-83.
- 51 Bricker JT, Traweek MS, Smith RT, Moak JP, Vargo TA, Garson A. Exercise-related ventricular tachycardia in children. *Am Heart J* 1986;112:186-8.
- 52 Mocchegiani R, Mazzanti M, Gili A, Purcaro A. Clinical and instrumental evaluation of the family of a patient with arrhythmogenic right ventricle dysplasia. *Angiology* 1991;42:924-8.
- 53 Bricker JT, Porter CJ, Garson A, et al. Exercise testing in children with Wolff-Parkinson-White syndrome. *Am J Cardiol* 1985;55:1001-4.
- 54 Matina D, Faugère G, Lévy S, Gérard R. L'épreuve d'effort dans les anomalies de la conduction auriculo-ventriculaire isolées chez l'enfant et l'adolescent. Valeur dans les blocs auriculo-ventriculaires

idiopathiques et dans les syndromes de préexcitation ventriculaire. Arch Mal Coeur 1984;77:550-6.

- 55 Cabo J, Cordovilla G, Benito F, Moreno F, Álvarez F. Estimulación fisiológica en pediatría. Rev Esp Cardiol 1990;43(suppl 2):102-10.
- 56 Sano F, Solé D, Naspitz CK. Asma induzida por exercício em crianças. Rev Bras Alergia Imunopatol 1989;12:139-46.
- 57 Strauss A, Perl D. Asma induzida por exercício: influência de um programa de treinamento físico. Rev Bras Alergia Imunopatol 1987;10:159-68.
- 58 Costa NP. Resultados de um programa de tratamento, com ou sem treinamento físico, em crianças com asma. [Tese de Doutorado]. São Paulo. Universidade Federal de São Paulo, 2001.
- 59 Baba R, Nagashima M, Tauchi N, Nishibata K, Kondo T. Cardiorespiratory response to exercise in patients with exercise-induced bronchial obstruction. J Sports Med Phys Fitness 1997;37:182-6.
- 60 Selvadurai HC, Blimkie CJ, Meyers N, Mellis CM, Cooper PJ, VanAsperen PP. Randomized controlled study of in-hospital exercise training programs in children with cystic fibrosis. Pediatr Pulmonol 2002;33:194-200.
- 61 Selvadurai HC, McKay KO, Blimkie CJ, Cooper PJ, Mellis CM, Van Asperen PP. The relationship between genotype and exercise tolerance in children with cystic fibrosis. Am J Respir Crit Care Med 2002;165:762-5.

- 62 McElroy K, Alvarado MI, Hayward PG, Desai MH, Herndon DN, Robson MC. Exercise stress testing for the pediatric patient with burns: a preliminary report. *J Burn Care Rehabil* 1992;13:236-8.
- 63 Molnár D, Pórszász J. The effect of fasting hyperinsulinaemia on physical fitness in obese children. *Eur J Pediatr* 1990;149:570-3.
- 64 Török K, Szelényi Z, Pórszász J, Molnár D. Low physical performance in obese adolescent boys with metabolic syndrome. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2001;25:966-70.
- 65 Rokicki W, Dukalska M, Rubisz-Brzezinska J, Gasior Z. Circulatory system in children with localized scleroderma. *Pediatr Cardiol* 1997;18:213-7.
- 66 Ostanski M, Sonta-Jakimczyk D. Exercise tolerance in patients after acute lymphoblastic leukemia treatment in childhood. *Wiad Lek* 2001;54:650-5.
- 67 Cumming GR, Everatt D, Hastman L. Bruce treadmill test in children: normal values in a clinic population. *Am J Cardiol* 1978;41:69-75.
- 68 León JLA, Zajarías A, Vega PF, Medrano G, Buendía A, Attié F. Respuesta de los niños sanos a la prueba de esfuerzo en banda sinfin con el protocolo de Bruce. *Arch Inst Cardiol Méx* 1985;55:227-33.
- 69 Paridon SM, Bricker JT. Quantitative QRS changes with exercise in children and adolescents. *Med Sci Sports* 1990;22:159-64.
- 70 Maffulli N, Greco R, Greco L, D'Alterio D. Treadmill exercise test in Neapolitan children and adolescents. *Acta Paediatr* 1994;83:106-12.

- 71 Lenk MK, Alehan D, Çeliker A, Alpay F, Sarici Ü. Bruce treadmill test in healthy Turkish children: endurance time, heart rate, blood pressure and electrocardiographic changes. Turkish J Pediatr 1998;40:167-75.
- 72 Rowland TW, Cunningham LN. Oxygen uptake plateau during maximal treadmill exercise in children. Chest 1992;101:485-9.

9- ANEXOS

ANEXO A	Protocolo de Bruce
ANEXO B	Fórmulas para o cálculo do VO_2 max
ANEXO C	Classificação do ACC/AHA ⁷ usada para os graus de recomendação do procedimento
ANEXO D	Indicações do ACC/AHA para o teste ergométrico em crianças e adolescentes e graus de recomendação
ANEXO E	Aprovação do projeto no Comitê de Ética do CCS/UFPE

ANEXO A

PROTOCOLO DE BRUCE²:

Estágio	Velocidade km/h	Velocidade MPH	Inclinaçãp %	Tempo minutos	VO2 mL/kg/min	VO ₂ MET's
1	2,4	1,7	10	3	17,0	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	66,5	19
7	9,6	6,0	22	3	77,0	22

Velocidade da esteira em km/h (quilômetros por hora) e MPH (milhas por hora). Inclinação em % de elevação em relação à horizontal. Consumo de oxigênio (VO₂) nas unidades mL/kg/min e equivalentes metabólicos (MET's).

ANEXO B

FÓRMULAS PARA O CÁLCULO DO VO₂ max

1. Fórmulas do ACSM²⁰ para a determinação do VO₂ max previsto:
 - 1.1. Sexo masculino: VO₂ max previsto = (60 – 0,55 x idade)
 - 1.2. Sexo feminino: VO₂ max previsto = (48 – 0,37 x idade)

2. Formulas do ACSM^{20,21} para o cálculo do VO₂ max alcançado pela inclinação e velocidade no esforço máximo:
 - 2.1. Caminhada: VO₂ max = [(V x 1,675) + (V x I x 0,3015) + 3,5]
 - 2.2. Corrida: VO₂ max = [(V x 3,35) + (V x I x 0,15075) + 3,5]

V = Velocidade (km/h) no esforço máximo

I = Inclinação (%) no esforço máximo

3. Formulas para o cálculo do VO₂ max estimado a partir do tempo de esforço²:
 - 3.1. Sexo masculino: VO₂ max = 2,9 x t (min) + 8,33
 - Sexo feminino: VO₂ max = 2,74 x t (min) + 8,03

ANEXO C

Classificação do ACC/AHA⁷ usada para os graus de recomendação do procedimento.

Classe I: Condição em que há evidências e/ou acordo geral que a realização do procedimento é aceitável e efetiva.

Classe II: Condição em que há evidente conflito e/ou divergências de opiniões sobre a aceitação ou eficácia do procedimento.

Classe II a: Maior peso das evidências e opiniões a favor da aceitação e eficácia.

Classe II b: Aceitação e eficácia menos estabelecidas quanto às evidências e opiniões a favor.

Classe III: Condições em que há evidências e/ou aceitação geral que o procedimento não é aceito e efetivo e em alguns casos pode ser prejudicial.

ANEXO D

Indicações do ACC/AHA⁷ para o teste ergométrico em crianças e adolescentes e graus de recomendação:

Classe I

1. Avaliação da capacidade de exercício em crianças com cardiopatias congênitas, crianças submetidas a tratamento cirúrgico de cardiopatias congênitas, com doença valvar adquirida ou doença miocárdica.
2. Avaliação de crianças com queixa de dor torácica anginosa.
3. Acompanhamento da resposta de marca-passo ao exercício.
4. Avaliação de sintomas relacionados ao exercício em atletas jovens.

Classe II a

1. Avaliação da resposta ao tratamento médico, cirúrgico ou ablação por radiofrequência de crianças com taquiarritmia observada em TE anterior.
2. No acompanhamento da repercussão das lesões valvares congênitas ou adquiridas, especialmente estenose valvar aórtica.
3. Avaliação do ritmo durante o exercício em pacientes com suspeita ou diagnosticada arritmia induzida pelo exercício.

Classe II b

1. Como um dos componentes da avaliação de crianças e adolescentes com história familiar de morte súbita em indivíduos jovens durante o exercício.

2. Acompanhamento de anormalidades cardíacas com possibilidade de envolvimento coronariano tardio como doença de Kawasaki e lúpus eritematoso sistêmico.
3. Acompanhamento da resposta da frequência cardíaca e desenvolvimento de arritmia ventricular em crianças e adolescentes com bloqueio átrio-ventricular total congênito.
4. Quantificação da resposta da frequência cardíaca no exercício, em crianças e adolescentes tratados com beta-bloqueador, para estimar a adequação do bloqueio beta-adrenérgico.
5. Medida da resposta de encurtamento ou prolongamento do intervalo QT corrigido no exercício, como um auxiliar no diagnóstico da síndrome hereditária do prolongamento do intervalo QT.
6. Avaliação da resposta da pressão arterial e/ou gradiente braço/perna após a correção cirúrgica da coarctação da aorta.
7. Acompanhamento do grau de dessaturação com o exercício de pacientes relativamente bem compensados ou com cirurgia paliativa de cardiopatias congênitas cianóticas.

Classe III

1. Avaliação antes da participação de atividades esportivas em crianças e adolescentes saudáveis.
2. Rotina na investigação de dor torácica não anginosa, comum em crianças e adolescentes.
3. Avaliação de extrassístoles atriais e ventriculares em crianças e adolescentes aparentemente saudáveis.

ANEXO E

APROVAÇÃO DO PROJETO NO COMITÊ DE ÉTICA DO CCS/UFPE

**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
Centro de Ciências da Saúde
Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos**Of. N^o 042/2003

Recife, 12 de março do 2003.

Senhor (a) Pesquisador (a)

Informamos que o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco - CEP/CCS/UFPE analisou, o protocolo de pesquisa n^o 020/2003-CEP/CCS - intitulado "Teste ergométrico em crianças e adolescentes comparação entre os protocolos de Bruce e rampa" aprovando-o de acordo com a Resolução n^o 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, em 12 de março de 2003, liberando para início da coleta de dados.

OBS: relatório do Pesquisador responsável previsto para 12/06/03.

Atenciosamente



Prof^a Vânia Pinheiro Ramos
Vice-coordenadora do Comitê de Ética
em Pesquisa CCS/UFPE

Ao Dr.
Odwaldo Barbosa e Silva
Mestrado de Medicina Interna - CCS/UFPE