

## Considerações sobre a medida da pressão arterial em exercícios contra-resistência

Marcos Doederlein Polito<sup>1</sup> e Paulo de Tarso Veras Farinatti<sup>2</sup>

### RESUMO

A pressão arterial (PA) é uma variável cuja quantificação em sessões de treinamento é desejável, já que tem relação com as demandas cardiovasculares no esforço. No caso de exercícios contra-resistência (ECR), porém, os valores obtidos estão sujeitos a erros, dependendo da técnica de medida adotada. Este texto tem por objetivo revisar os métodos de medida da PA no ECR, sugerindo formas de reduzir as discrepâncias das medidas indiretas quando comparadas com o método direto. A medida direta da PA é feita por cateterismo intra-arterial (CI). Este método é tido como padrão-ouro mas, devido a sua natureza invasiva, é um procedimento pouco usual. Além disso, sua aplicação não seria indicada em indivíduos assintomáticos, uma vez associada a riscos de dor, espasmo e oclusão arterial, síncope vasovagal e sangramento. Dentre os métodos indiretos, destacam-se o fotoplestímetrográfico (*Finapres*) e o auscultatório (MA). Poucos são os estudos comparativos entre esses procedimentos de medida durante ECR, a ênfase sendo maior em atividades aeróbias e no repouso. Dentre os estudos revisados, não foram localizados trabalhos comparando o CI com *Finapres* durante ECR e apenas três com o método auscultatório. Em suma, o CI parece pouco viável e ético para quantificar a PA em ECR. O *Finapres* é con-

siderado o melhor procedimento indireto, mas depende de equipamento, cujo custo é elevado e a fabricação, suspensa. O MA pode subestimar o valor real da PA, em função de limitações inerentes à técnica e das características dos exercícios observados. No entanto, alguns procedimentos durante a mensuração podem reduzir essas diferenças, como realizá-la o mais tardiamente possível, antes do término do exercício. Enfim, apesar das discrepâncias referentes aos valores absolutos, as medidas obtidas pelo método auscultatório podem ser sensíveis para identificar tendências do impacto sobre a PA, decorrentes de diferentes situações de prescrição de ECR.

**Palavras-chave:** Exercício. Fisiologia. Fisiologia cardiovascular. Força. Teste.

### ABSTRACT

#### *Considerations on blood pressure assessment during resistive exercise*

*Cardiovascular demands during exercise are related to arterial blood pressure (BP). However, BP assessment during resistive exercises (RE) can be biased by limitations of measurement techniques. The purpose of this paper was to review the methods of BP assessment during RE, and to suggest ways to minimize differences between indirect and direct methods. Intra-arterial catheterism (IC) is considered the gold-standard for BP assessment. However, its application is unusual and not recommended for healthy individuals, due to enhanced risk of pain, arterial spasm and occlusion, syncope, or bleeding. The most common indirect methods are the photoplethysmographic (Finapres) and auscultation (AU) techniques. There are few studies comparing these methods during RE. Only one paper was found comparing IC to Finapres, and three comparing IC to AU. In conclusion, despite its precision, IC utilization to assess BP during RE in healthy subjects seems not to be feasible nor ethical. Finapres is considered the best indirect procedure, but it relies on an expensive device which is no longer available, since its production was discontinued. On the other hand, AU can lead to important underestimation of the actual BP values, depending on the exercise characteristics.*

1. Laboratório de Aptidão Física e Promoção da Saúde – Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Programa de Pós-graduação em Educação Física da Universidade Gama Filho. Bolsista CNPq. Rio de Janeiro, RJ.
2. Laboratório de Aptidão Física e Promoção da Saúde – Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Professor Adjunto, Instituto de Educação Física e Desportos – Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ.

Recebido em 20/6/02

2ª versão recebida em 4/10/02

Aceito em 8/10/02

#### Endereço para correspondência:

Marcos D. Polito

Laboratório de Atividade Física e Promoção da Saúde – LABSAU

Rua São Francisco Xavier, 524, sala 8.133, bloco F

20550-013 – Rio de Janeiro, RJ

Tels.: (21) 2587-7847/(24) 2242-9328

E-mail: mdpolito@uol.com.br

*Some recommendations can be adopted to reduce these differences, such as making the measurement the latest possible before the end of the exercise. The absolute differences between AU and the other methods notwithstanding, it seems that it is adequate to identify trends of BP profile associated to different RE situations.*

**Key words:** *Exercise. Physiology. Cardiovascular physiology. Strength. Testing.*

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, algumas das principais organizações normativas das relações entre atividade física e saúde vêm propondo pareceres sobre treinamento contra-resistência destinado a vários grupos, como idosos<sup>1</sup>, portadores de doença cardiovascular<sup>2,3</sup> e adultos saudáveis<sup>4,5</sup>. De forma geral, esse tipo de atividade é considerado adequado e aconselhável a indivíduos aparentemente saudáveis ou portadores de doenças crônicas, em virtude de sua contribuição à aptidão física e funcional. Além disso, sua realização parece revestir-se de níveis razoáveis de segurança, mesmo na presença de doença cardiovascular<sup>3,6-12</sup>.

O treinamento contra-resistência pode ser realizado utilizando diversos modos de sobrecarga, como pesos, máquinas específicas, elásticos, massa corporal ou outra forma de equipamento que contribua para o desenvolvimento da força, potência ou resistência muscular<sup>13</sup>. A resistência de cada exercício pode estar relacionada a determinado percentual da maior carga possível de ser mobilizada em uma única repetição máxima (1-RM) ou relacionada a uma quantidade estipulada de repetições máximas<sup>4</sup>. Como em qualquer atividade física, ocorrem efeitos ou respostas fisiológicas durante e após a realização de um exercício contra-resistência (ECR). As respostas agudas são provenientes de uma sessão isolada de exercício e as respostas crônicas são ocasionadas pelas repetições frequentes das sessões isoladas, produzindo adaptações fisiológicas de acordo com o tipo de treinamento<sup>14</sup>. Segundo as considerações do I Consenso Nacional de Reabilitação Cardiovascular<sup>15</sup>, as respostas agudas podem ser tardias, ocorrendo até 24h após uma sessão de atividades físicas – tendo como exemplo a discreta redução dos níveis pressóricos (principalmente nos hipertensos) – ou imediatas, que se observam imediatamente após ou durante uma sessão de treinamento, como incrementos da pressão arterial sistólica e frequência cardíaca<sup>16</sup>.

A elevação aguda da pressão arterial (PA) perante o exercício é regulado pelo sistema nervoso simpático, sendo influenciado pelos aumentos da frequência cardíaca, volume sanguíneo, volume de ejeção e aumento da resistência periférica. A importância da medida da PA reside no fato de

averiguar o relativo estresse cardiovascular, através do consumo de oxigênio do miocárdio estimado pelo duplo-produto (pressão arterial sistólica multiplicada pela frequência cardíaca). Esse procedimento constitui-se numa forma segura de conduzir o treinamento, dando subsídios adicionais à manipulação de variáveis associadas à sua intensidade absoluta e relativa (tipo de exercício, intervalo de recuperação, número de repetições e séries, carga mobilizada e velocidade de execução).

Dentre os efeitos agudos imediatos provenientes da realização do ECR, a monitorização da frequência cardíaca é relativamente simples, devido à utilização de um freqüencímetro eletrônico de registro *beat-to-beat*. Porém, a medida da PA tende a ser mais comprometida, devido a dificuldades metodológicas de aferição<sup>16</sup>. Existem três principais métodos de medida da PA reportados na literatura – direto, indireto com esfigmomanômetro e indireto com a técnica fotoplestiomográfica, através do equipamento denominado *Finapres* – os quais podem ser utilizados tanto no repouso quanto durante ou após o exercício. Esta revisão propõe-se a discutir as vantagens e desvantagens de cada método, assim como sua aplicabilidade em situação de ECR.

## CARACTERÍSTICAS DOS MÉTODOS DE AFERIÇÃO DA PA DURANTE ECR

Devido ao fato de a PA ser a base para muitos diagnósticos e decisões a serem tomadas durante o exercício, deve-se realizar uma correta medida e com máxima reprodutibilidade<sup>17</sup>. Não obstante, existem vantagens e desvantagens a ser consideradas sobre as características de cada procedimento de aferição.

### Método direto

O padrão-ouro para medir a PA é o método direto ou invasivo<sup>17</sup>. Somente a partir dos anos 80 as respostas agudas circulatórias foram investigadas utilizando essa forma de mensuração<sup>18</sup>. Esse procedimento consiste em inserir um cateter conectado a um transdutor em uma artéria, após aplicação de anestésico local. A resposta do transdutor é verificada linearmente numa escala entre 0 e 500mmHg, sendo medida continuamente. Embora o método direto seja preciso sobre as respostas pressóricas agudas no ECR, existem riscos significativos associados a essa técnica, como dor, espasmo e oclusão, sangramento e síncope vasovagal<sup>19</sup>. Devido a sua natureza invasiva, alguns autores<sup>17,20</sup> consideram que essa técnica não seja a mais prática ou apropriada para medidas repetidas da PA em indivíduos assintomáticos, não hospitalizados ou em larga escala sobre a população em geral.

## Finapres

O *Finapres*, corruptela de *finger arterial pressure*<sup>21</sup>, é um método não-invasivo que mede a PA de modo contínuo, similarmente ao método direto<sup>19</sup>. A medida pelo *Finapres* é baseada no modelo reportado por Penaz em 1973<sup>22</sup>, utilizando a técnica fotopletismográfica aplicada indiretamente no dedo médio da mão. O pletismanômetro é ajustado no dedo através de regulação pneumática, possibilitando leitura registrada em mmHg pela luz infravermelha pletismográfica<sup>23</sup>. Tanto o *Finapres* quanto o procedimento intra-arterial apresentam medidas contínuas, ou seja, registrando variações imediatas da PA. Desse modo, a utilização do *Finapres* possibilita um registro da PA de modo semelhante ao método direto, sem os possíveis riscos associados a procedimentos invasivos<sup>19</sup>. A possibilidade de leitura contínua facilita a identificação dos valores durante a execução do exercício. Imholz *et al.*<sup>21</sup> relataram que essa técnica, quando comparada com o método direto, apresenta pressões sistólicas ligeiramente maiores (estatisticamente significativas), mas não clinicamente relevantes. Além disso, pelo fato de esse equipamento ser acoplado ao dedo da mão e necessitar de relativa estabilidade, a medida da pressão torna-se praticamente inviável em alguns movimentos, permitindo apenas a realização de exercícios para os membros inferiores e o membro superior contralateral. Essa limitação, diga-se de passagem, também pode ser atribuída ao método direto, visto que a cateterização da artéria impossibilita o movimento do membro utilizado na medida.

## Método auscultatório

O método auscultatório é o procedimento mais comum para verificar as medidas da PA<sup>24</sup>. Esse método utiliza um estetoscópio e um aparelho denominado esfigmomanômetro, composto por um manguito inflável de braço conectado a uma coluna de mercúrio ou a um marcador aneróide (ponteiro). A medida ocorre através da oclusão arterial pela inflação do manguito, correlacionando a ausculta dos batimentos cardíacos com o valor registrado na coluna de mercúrio ou pelo ponteiro. Os sons ouvidos durante o procedimento de medida são denominados ruídos de Korotkoff, sendo classificados em cinco fases, conforme a tabela 1.

O método auscultatório é de caráter intermitente, ou seja, a verificação de uma nova medida requer que todo o procedimento seja refeito. Verril *et al.*<sup>9</sup> relataram que esse método para medir a PA imediatamente após o ECR pode não ser acurado, devido ao rápido decréscimo de seus valores. Esse fato foi corroborado por Wiecek *et al.*<sup>11</sup>, em estudo no qual observaram que, imediatamente após o término de ECR em 15 repetições submáximas, em um a dois segundos os valores pressóricos reduziam-se próximo aos

valores de repouso. Mesmo em ECR de intensidade muito elevada, após o término da uma seqüência até a exaustão, as respostas pressóricas voltam aos valores de repouso em aproximadamente 10 segundos<sup>25</sup>. A rápida redução da PA pós-exercício pode ser decorrente de uma abrupta perfusão pela vasodilatação da musculatura solicitada, a qual se encontrava parcialmente ocluída, e pela resposta barorreflexa<sup>25</sup>. A relativa deficiência do método auscultatório é reforçada por Poncelet *et al.*<sup>26</sup>, visto que o tempo médio de mensuração da pressão arterial por esse procedimento é de 45 segundos, ocorrendo grande alteração dos valores pressóricos dentro desse intervalo. No entanto, esse método é o mais usual em centros de atividade física, onde a monitorização da PA faz-se necessária em alguns casos especiais, como indivíduos portadores de comprometimentos cardiovasculares. O *American College of Sports Medicine*<sup>27</sup>, por exemplo, recomenda o duplo-produto como fator mais indicado para avaliar a intensidade do ECR. Assim, no dia-a-dia de um sujeito hipertenso, por exemplo, a medida eventual da PA após um exercício é um modo seguro e eficiente de acompanhar a magnitude das alterações pressóricas.

Por essas possíveis diferenças estarem presentes nos estudos relacionando o ECR às respostas pressóricas agudas imediatas, a próxima seção tem por objetivo comparar os procedimentos utilizados na aferição da PA, considerando como os dois métodos indiretos poderiam ser utilizados para esse fim, visto que o método direto necessita de cui-

**TABELA 1**  
Fases, características e significados dos sons de Korotkoff

Fases dos sons de Korotkoff	Característica e significado
Fase 1	Primeira aparição de ruídos rítmicos, de forma clara e repetitiva, coincidindo aproximadamente com a identificação do pulso palpável. Corresponde ao valor da pressão sistólica.
Fase 2	Os ruídos são mais leves e longos, com a qualidade de um <i>murmúrio intermitente</i> .
Fase 3	Os ruídos tornam-se novamente firmes e altos.
Fase 4	Ruídos abafados, pouco distintos e leves. Corresponde ao valor da pressão diastólica.
Fase 5	O som desaparece completamente

Adaptado de Perloff *et al.* Human blood pressure determination by sphygmomanometry. *Circulation* 1993;88:2460-67.

dados e equipamentos pouco acessíveis e pressupõe técnicas que poderiam ser consideradas cirúrgicas.

## COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE AFERIÇÃO DA PA EM ECR

Em levantamento realizado no *Medline* entre os anos 1966 e 2002, utilizando as palavras-chaves *blood pressure, acute responses, hemodynamics responses, cardiovascular responses, dynamic exercise, resistance exercise, weight training, direct measurement, indirect measurement, invasive, non-invasive, Finapres* e *sphygmomanometer*, encontraram-se relativamente poucos artigos disponíveis sobre a medida da pressão arterial em exercício contra-resistência. O mesmo ocorreu em pesquisa na base de dados *Scielo*.

Foi verificado que os estudos internacionais, na maioria dos casos, utilizam o método direto de aferição da PA em respostas agudas do ECR<sup>12,25,28-34</sup>, em alguns casos o método indireto através do *Finapres*<sup>6,19,35-38</sup> e, em poucos casos, o método auscultatório<sup>10,39-41</sup>. Ainda em relação ao ECR, alguns estudos comparam o método direto com o auscultatório<sup>11,42,43</sup>. Outras pesquisas compararam o método direto com o *Finapres* em situações de repouso<sup>44</sup> ou durante testes ortostáticos<sup>45,46</sup>, de preensão manual<sup>47</sup> ou de caráter aeróbio<sup>48</sup>, o mesmo aplicando-se à comparação com o método auscultatório durante o trabalho aeróbio<sup>49,50</sup>. As pesquisas nacionais que estudaram as respostas agudas do ECR não utilizaram o método direto ou o *Finapres*<sup>51-54</sup>. De qualquer modo, verificou-se, tanto em nível internacional quanto nacional, um número maior de pesquisas em que o exercício observado foi do tipo aeróbio, medindo-se a PA através dos métodos direto<sup>28,55-57</sup>, indireto com o *Finapres*<sup>36,48,58-60</sup> e auscultatório<sup>61-64</sup>.

Alguns dados são interessantes para discutir sobre a comparação dos métodos de mensuração da PA, quando se examina mais a fundo a literatura. Mesmo sendo relativamente pequena a quantidade de pesquisas comparando os diferentes métodos, principalmente em relação ao ECR, podem-se observar algumas evidências sobre a margem dos erros associada à forma de medida e ao tipo de solicitação física.

### Comparação do método direto com o *Finapres*

Esse equipamento foi comparado, em alguns casos, ao método direto em situações não necessariamente envolvendo o ECR. Imholz *et al.*<sup>46</sup> não encontraram diferenças significativas entre o *Finapres* e a medida direta em situação de estresse ortostático – mudanças de posições. Porém, Idema *et al.*<sup>48</sup> reportaram aumento significativo no valor sistólico medido pelo *Finapres* durante exercício máximo em cicloergômetro ( $26 \pm 20$ mmHg, média  $\pm$  erro padrão)

em comparação com o método direto, sendo que a pressão arterial média não se mostrou diferente em ambos os procedimentos. Em pesquisa conduzida por Parati *et al.*<sup>47</sup>, o *Finapres* mostrou-se compatível com as medidas realizadas pelo método direto, tanto em repouso quanto em alguns testes de laboratório (preensão manual e manobra de Valsalva). No entanto, nas conclusões de Silke e McAuley<sup>65</sup>, que revisaram 20 publicações, o *Finapres* foi considerado acurado para estimar a pressão diastólica, mas apresentaria aparente imprecisão sobre o valor sistólico.

Um estudo de Silke *et al.*<sup>44</sup> foi dividido em três partes. Primeiramente, foram comparados no repouso os valores obtidos pelo *Finapres* e pelo método direto. Observaram-se nos registros do *Finapres* valores da pressão média e sistólica mais elevados e diastólicos mais baixos do que na medida direta. No entanto, a reprodutibilidade das medidas foi, em percentuais, semelhante. A segunda parte comparou os mesmos métodos de medidas na situação de esforço em bicicleta, durante quatro minutos. Os resultados mostraram que o *Finapres* superestimou os valores sistólico e diastólico ( $p = 0,02$  para ambos) em relação à medida direta. Porém, no *steady state*, não houve diferença entre os métodos. Finalmente, foram cruzados, em repouso, os valores obtidos pelo *Finapres* e pelo método auscultatório, verificando-se valores sistólicos mais elevados e diastólicos mais baixos para a medida do *Finapres*.

No que diz respeito ao ECR, os autores consultados parecem considerar o equipamento como válido na obtenção de dados sobre o comportamento da PA. Em alguns estudos<sup>19,35</sup>, os resultados parecem não se diferenciar daqueles obtidos pelo procedimento direto, podendo servir como referências para o aprimoramento do conhecimento sobre as alterações da PA na vigência do esforço.

### Comparação do método direto com o auscultatório

Numa pesquisa comparando simultaneamente os métodos auscultatório e direto, Sagiv *et al.*<sup>43</sup> estudaram a pressão arterial em cinco homens saudáveis nas condições de repouso e durante contração isométrica, através de *handgrip* (preensão manual) e *deadlift* (levantamento terra). Os achados dessa pesquisa sugerem que a medida indireta da pressão sistólica apresenta alta correlação com o método direto no repouso ( $r = 0,80$ ) e nos exercícios observados ( $r = 0,90$  e  $0,91$ , respectivamente, para o *handgrip* e o *deadlift*). Em outro estudo, também conduzido por Sagiv *et al.*<sup>42</sup>, tanto em repouso quanto durante o exercício máximo anaeróbio, diferenças entre o método direto e o método indireto – através de ausculta – foram reportadas, apesar de isso não se ter dado da mesma forma para as pressões sistólica e diastólica. Comparando-se as medidas de pressão arterial simultaneamente em 14 homens saudáveis (idade = 23

$\pm 2$  anos), os autores encontraram alta correlação com o método direto nos valores da pressão arterial sistólica aferidos pelo método indireto, tanto em repouso ( $r = 0,68$ ; média de  $107 \pm 7$  e  $101 \pm 6$ mmHg, respectivamente) quanto durante o exercício ( $r = 0,87$ ; média de  $197 \pm 11$  e  $191 \pm 9$ mmHg, respectivamente). A pressão arterial diastólica também exibiu boa correlação com o método indireto no repouso ( $r = 0,62$ ; média de  $84 \pm 11$  e  $77 \pm 9$ mmHg, respectivamente). No entanto, durante o exercício, o coeficiente de correlação entre os métodos direto e indireto foi baixo ( $r = 0,36$ ) com valores médios de  $101 \pm 12$ mmHg e  $103 \pm 9$ mmHg, respectivamente. Os autores sugerem que a pressão arterial diastólica aferida pelo método indireto não representa validade para o exercício anaeróbico máximo. Possivelmente, o erro associado ao valor diastólico relaciona-se com a dificuldade de percepção do ruído de Korotkoff para essa medida.

Essa deficiência de concordância entre as medidas também foi constatada por Wiecek *et al.*<sup>11</sup>, ao compararem o método direto e o auscultatório em exercícios contra-resistência submáximos. Os autores concluíram que, imediatamente após o término de uma sessão de 15 repetições, a pressão arterial sistólica medida indiretamente subestimou em mais de 30% a medida direta, sendo que a pressão diastólica não apresentou variações significativas. No entanto, o exame da tabela de resultados do artigo indica que a associação entre elas, em termos de tendência de comportamento, foi mantida. Associação idêntica foi relatada para os valores sistólicos nos experimentos de Gould *et al.*<sup>49</sup> e Rasmussen *et al.*<sup>50</sup>, durante o exercício aeróbico progressivo até a exaustão, como se pode observar na tabela 2.

Através desses estudos, pode-se observar uma relação interessante entre os dois métodos para a medida da pressão sistólica. Em outras palavras, parece que a tendência à subestimação dos valores absolutos de pressão arterial mantém certa coerência em diferentes situações de repouso e exercício, inclusive o ECR – pode-se dizer que, se a concordância entre eles é baixa, a associação interclasse é

alta. Em termos práticos, isso significa que não se deve confiar na medida obtida pelo método auscultatório para estimar valores absolutos, sistólicos e diastólicos, próximos dos valores reais. Por outro lado, o fato de as medidas obtidas pelos métodos direto e auscultatório apresentarem boa correlação sugere que a apreciação das tendências de elevação da PA no exercício seja válida, o que abre interessantes possibilidades de utilização deste método no acompanhamento do treinamento contra-resistência em situações de terreno.

### ESTRATÉGIAS PARA DIMINUIÇÃO DO ERRO DA MEDIDA NO MÉTODO AUSCULTATÓRIO

O objetivo desta seção é, assumindo que as medidas obtidas pelo método auscultatório tendem a subestimar os resultados aferidos pelo método direto da pressão arterial, mas que são a eles bem correlacionadas, sugerir algumas estratégias que possam diminuir as discrepâncias. Para tanto, os dados obtidos em estudos que utilizaram o método direto são úteis para traçar caminhos a serem tomados e reduzir a possibilidade de medidas falhas. A opção por averiguar o erro associado ao método auscultatório reside no fato de ser o procedimento mais usual e mais viável de quantificar as variáveis associadas às respostas agudas cardiovasculares sobre o ECR. Assim, faz-se necessário levar em conta alguns pontos que podem influenciar os resultados da medida.

O momento adequado de medir a PA pelo método auscultatório é fundamental para minimizar os possíveis erros contidos nessa técnica. Sale *et al.*<sup>32</sup> mediram diretamente a pressão arterial em oito homens destreinados, a fim de comparar as respostas pressóricas durante o exercício *leg-press*, realizado em equipamento isocinético e com peso livre. Pôde-se observar que os picos de pressão sistólica e diastólica foram significativamente maiores durante o trabalho com peso livre do que na ação isocinética. Os autores concluíram que o grau de esforço voluntário seria o maior determinante da resposta de pressão arterial, mais que o modo

**TABELA 2**  
Diferença média da pressão arterial sistólica entre os métodos direto e indireto (auscultatório) em cicloergômetro em dois protocolos diferentes

		Carga 1	Carga 2	Carga 3	Carga máxima
Gould <i>et al.</i> , 1985	Direto	196	204	215	217
	Indireto	181	188	200	200
	Diferença	15	16	15	18
Rasmussen <i>et al.</i> , 1985	Direto	172,9	185,8	191,5	202,6
	Indireto	143,8	156,9	166,2	176,5
	Diferença	29,1	28,9	25,3	26,1

de resistência e o tipo de ação muscular (concêntrico, excêntrico e estático). Esses dados determinam que repetições até a fadiga tendem a ocasionar maiores elevações da PA do que exercícios que se aproximam de 1-RM. Por essa razão, a fim de reduzir o erro que subestima o valor sistólico real, aconselha-se que a medida seja realizada o mais tarde possível durante a execução do exercício, entre a penúltima e a última repetição de uma seqüência predeterminada até a exaustão. As principais limitações para tanto ocorrem quando a medida é feita durante exercícios envolvendo membros superiores (salvo em movimentos unilaterais) ou em exercícios com excessiva movimentação corporal, como agachamentos. Esse procedimento vem sendo aplicado com relativo sucesso em nosso laboratório<sup>52,54,66</sup>.

Outro fator a ser levado em consideração foi reportado por Gotshall *et al.*<sup>19</sup>. Em pesquisa utilizando o *Finapres*, os autores concluíram que o aumento da pressão arterial ocorre em relação direta com o número de séries realizadas. Nessa pesquisa, a amostra realizou três séries de 10-RM no *leg-press* com intervalo de recuperação de três minutos e foram verificados picos de valores sistólicos (média  $\pm$  desvio padrão), em mmHg de:  $238 \pm 18$  (1ª série),  $268 \pm 18$  (2ª série) e  $293 \pm 21$  (3ª série). Nesse caso, parece conveniente concordar que a solicitação cardiovascular aumenta proporcionalmente ao número de vezes que o mesmo exercício é realizado. Portanto, sempre lembrando que a PA tende a ser subestimada pelo método auscultatório, a aferição na última série poderá proporcionar maior fidedignidade de estresse cardiovascular. No entanto, faltam na literatura informações sobre essa possibilidade em exercícios realizados seguidamente para grupos musculares diferentes ou até mesmo semelhantes, o que abre uma lacuna importante a ser investigada.

Além do número de séries, a quantidade de carga mobilizada, a massa muscular e o padrão de respiração no exercício também influenciam a PA. Haslam *et al.*<sup>12</sup>, por exemplo, concluíram, em pesquisa envolvendo homens cardiopatas, que o valor da PA medido diretamente aumenta proporcionalmente à carga mobilizada. Com base nisso, os autores sugeriram que, para indivíduos com as características da amostra, um protocolo de treinamento com poucas repetições e intensidade menor que 80% de 1-RM seria aconselhável. MacDougall *et al.*<sup>25</sup> sugerem que o trabalho realizado por grupamentos musculares relativamente menores tende a induzir valores pressóricos maiores, assim como a realização do esforço na presença de manobra de Valsalva. Por essas razões, em situações práticas, a resposta da PA sobre o ECR em um indivíduo que necessita de cuidados deve ser obtida em diversos exercícios, envolvendo pequenos e grandes grupos musculares e, preferencialmente, sem realizar a manobra de Valsalva.

Fatores como o conhecimento prévio do exercício testado ou o estado de treinamento (grau de coordenação intra e intermuscular) também podem ser mencionados como variáveis determinantes do valor da PA no ECR. Esse fato pôde ser verificado por Fleck e Dean<sup>34</sup>, que, a fim de observar os efeitos do treinamento sobre as respostas pressóricas durante o exercício de força, utilizando o método direto de aferição, concluíram que a experiência prévia tende a reduzir as respostas agudas de pressão arterial. McCartney *et al.*<sup>31</sup> observaram que os valores pressóricos e de frequência cardíaca reduziram-se após treinamento de força, para cargas absolutas semelhantes. No entanto, quando as cargas foram ajustadas em relação à repetição máxima (1-RM), os valores foram semelhantes aos medidos antes do treinamento. Confirmando esses achados, Sale *et al.*<sup>29</sup> estudaram o efeito do treinamento sobre as respostas da pressão arterial durante o ECR. O método utilizado de medida foi o direto, em seis indivíduos jovens do sexo masculino, antes e depois de serem submetidos a determinado protocolo de treinamento de 19 semanas realizando o exercício *leg-press* bilateral. Foram executadas, para fins de medida da PA, até 20 repetições do referido exercício, antes e após o treinamento, para cargas de 50, 70, 80, 85 e 87,5% de 1-RM. Os dados obtidos revelaram aumento significativo ( $p < 0,05$ ) do pico da pressão sistólica para a carga de 85% de 1-RM (325/360mmHg, antes e após o treinamento, respectivamente). O pico da pressão diastólica aumentou significativamente em 50 (136/151mmHg), 70 (185/200mmHg) e 80% de 1-RM (215/234mmHg). No entanto, para os valores absolutos de carga, todas as respostas pressóricas reduziram-se após o treinamento.

Os dados obtidos pelo estudo de Sale *et al.*<sup>29</sup> apontam para outra limitação do método auscultatório: os valores absolutos de pressão são, freqüentemente, muito altos, podendo ultrapassar os 300mmHg. Devido a isso, a medida da pressão pelo método auscultatório pode ser comprometida, pois alguns modelos de marcadores do tipo aneróide ou coluna de mercúrio apresentam o valor máximo de 300mmHg. Nesse caso, seria conveniente que fosse utilizado um aparelho com marcadores em maior escala, sendo que a probabilidade de medidas subestimadas ainda permanece. Porém, os maiores picos de pressão arterial aferida diretamente foram observados por MacDougall *et al.*<sup>25</sup>, em valores médios de 320/250 (sistólica/diastólica) mmHg, numa amostra composta por cinco fisiculturistas, sendo que um dos sujeitos apresentou valor pressórico de 480/350 (sistólico/diastólico) mmHg. Finalmente, pode-se mencionar que também é importante que o indivíduo responsável pela medida seja experiente, pois a natureza do erro associado ao método auscultatório pode estar relacionada a falhas na aferição. Fatores como manguito desproporcional

e dificuldade para distinguir os ruídos de Korotkoff – através de sons externos e movimentação dos braços – podem ocasionar erros<sup>50</sup>.

Os poucos estudos nacionais relacionando respostas cardiovasculares agudas e exercício contra-resistência utilizam somente o método indireto através de ausculta. Provavelmente, devido aos custos inerentes à utilização de outra metodologia, o referido método torna-se a opção mais usual e economicamente mais viável de realizar pesquisas nessa área. Além disso, não há um conselho de ética devidamente estruturado em algumas instituições de pesquisa, o que prejudica a realização de estudos com procedimento de caráter invasivo e potencialmente de risco. Alguns autores<sup>51,53</sup> mediram a PA pelo método auscultatório ao final da última repetição em cada série de exercício contra-resistência. Outros autores<sup>52,54,66</sup> mediram a pressão arterial pelo mesmo método, porém entre as duas últimas repetições. As conclusões desses estudos parecem não estar em consonância com o que é usualmente apontado pela literatura. No entanto, é muito provável que os valores absolutos das medidas, principalmente em relação ao valor sistólico, tenham realmente sido subestimados.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

Embora os diversos tipos de medidas dos valores pressóricos não sejam coincidentes em termos absolutos, é possível que reflitam de forma conveniente seu comportamento relativo associado à intensidade e/ou volume do ECR. Independentemente do tipo de aferição utilizado, haveria então a possibilidade de comparar as respostas de PA em situações controladas de ECR. Sabidamente, o método auscultatório, embora seja o procedimento mais usual nas pesquisas nacionais, tende a apresentar valores agudos subestimados em relação à medida direta, principalmente em atividades descontínuas, como são os ECR. Porém, gradientes de intensidade podem ser determinados a fim de apreciar a solicitação cardiovascular imposta pelo tipo de treinamento. Desse modo, os valores da PA e do duplo-produto permanecerão subestimados, mas identificando a relativa solicitação cardiovascular imposta pelo exercício.

Em suma, a revisão da literatura sugere que, dentre os métodos utilizados para medir a pressão arterial no exercício de força, o procedimento direto é, certamente, o mais confiável. No entanto, devido à dificuldade e à pouca aplicabilidade desse tipo de medida, principalmente em centros de prescrição de atividades físicas, o método indireto aferido por esfigmomanômetro torna-se uma opção viável, ao menos na determinação das tendências comparativas da evolução da PA em diferentes exercícios. A utilização do *Finapres* poderia ser uma opção válida, mas o custo do equipamento é elevado, a manutenção não é simples e

sua fabricação pela empresa responsável foi suspensa, além de seu funcionamento também ter limitações, dependendo do exercício que se executa. Nesse contexto, o método auscultatório aparece como a técnica de melhor aplicabilidade para medir e acompanhar a evolução das respostas cardiovasculares no processo de treinamento da força, por meio de exercícios resistidos.

Para melhor efetividade e confiança no método, algumas recomendações poderiam ser feitas. Em primeiro lugar, o início da aferição deve ocorrer antes do término do número de repetições estabelecidas. Outros fatores a serem levados em consideração dizem respeito ao número de séries, tipo de exercício, respiração, adequação do maniquito ao local em que será aplicado e treinamento do aferidor. Enfim, nota-se certa carência de estudos comparativos entre os diferentes métodos de medida, em situações diversas de contração muscular, especialmente nos exercícios localizados, contra-resistência ou ginásticos. Seria interessante maior investimento em pesquisas neste campo, em diferentes grupos populacionais, para melhor compreensão das limitações dos métodos indiretos e, principalmente, de seu potencial para observar as variações da PA durante as atividades físicas propostas.

---

*Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.*

---

## REFERÊNCIAS

1. American College of Sports Medicine. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:992-1008.
2. Fletcher G, Balady G, Amsterdam E, Chaitman B, Eckel R, Fleg J. Exercise standards for testing and training: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association. *Circulation* 2001;104:1694-740.
3. Pollock M, Franklin B, Balady G, Chaitman B, Fleg J, Fletcher B, et al. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: benefits, rationale, safety, and prescription. *Circulation* 2000;101:828-33.
4. American College of Sports Medicine. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:364-80.
5. Feigenbaum M, Pollock M. Prescription of resistance training for health and disease. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:38-45.
6. Oliver D, Pflugfelder PW, McCartney N, McKelvie RS, Suskin N, Kostuk WJ. Acute cardiovascular responses to leg-press resistance exercise in heart transplant recipients. *Int J Cardiol* 2001;81:61-74.
7. Fisher MM. The effect of resistance exercise on recovery blood pressure in normotensive and borderline hypertensive women. *J Strength Cond Res* 2001;15: 210-6.
8. Martel GF, Hurlbut DE, Lott ME, Lemmer JT, Ivey FM, Roth SM, et al. Strength training normalizes resting blood pressure in 65- to 73 year-old men and women with high normal blood pressure. *J Am Geriatr Soc* 1999;47:1215-21.
9. Verril D, Shoup E, McElveen G, Witt K, Bergey D. Resistive exercise training in cardiac patients: recommendations. *Sports Med* 1992;13:171-93.

10. Featherstone JF, Holly RG, Amsterdam EA. Physiologic responses to weight lifting in coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1993;71:287-92.
11. Wiecek EM, McCartney N, McKelvie RS. Comparison of direct and indirect measures of systemic arterial pressure during weightlifting in coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1990;66:1065-9.
12. Haslam DRS, McCartney N, McKelvie RS, MacDougall JD. Direct measurements of arterial blood pressure during formal weightlifting in cardiac patients. *J Cardiopulm Rehabil* 1988;8:213-25.
13. Conley MS, Rozenek R. National Strength and Conditioning Association position statement: Health aspects of resistance exercise and training. *Strength Cond J* 2001;23:9-23.
14. Thompson PD, Crouse SF, Goodpaster B, Kelley D, Moyna N, Pescatello L. The acute versus chronic response to exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:S438-45.
15. I Consenso Nacional de Reabilitação Cardíaca (fase crônica). *Arq Bras Cardiol* 1997;69:267-91.
16. Araújo CG. Fisiologia do exercício físico e hipertensão arterial: uma breve discussão. *Hipertensão* 2001;4:78-83.
17. Perloff D, Grim C, Flack J, Frohlich E, Hill M, McDonald M. Human blood pressure determination by sphygmomanometry. *Circulation* 1993;88:2460-7.
18. McCartney N. Acute responses to resistance training and safety. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:31-7.
19. Gotshall R, Gootman J, Byrnes W, Fleck S, Valovich T. Noninvasive characterization of the blood pressure response to the double-leg press exercise. *JEPonline* 1999;2:1-6.
20. Raftery EB. Direct versus indirect measurement of blood pressure. *J Hypertens Suppl* 1991;9:S10-2.
21. Imholz BP, Wieling W, van Montfrans GA, Wesseling KH. Fifteen years experience with finger arterial pressure monitoring: assessment of the technology. *Cardiovasc Res* 1998;38:605-16.
22. Penaz J. Photoelectric measurement of blood pressure, volume and flow in the finger. In: Albert R, Vogt WS, Helberg W, editors. *Digest of the International Conference on Medicine and Biological Engineering*. Dresden: Conference Committee of the X<sup>th</sup> International Conference on Medicine and Biological Engineering 1973;104.
23. Penaz J, Voigt A, Teichmann W. Contribution to the continuous indirect blood pressure measurement. *Z Gesamte Inn Med* 1976;31:1030-3.
24. Pina IL, Balady GJ, Hanson P, Labovitz AJ, Madonna DW, Myers J. Guidelines for clinical exercise testing laboratories: a statement for healthcare professionals from the Committee on Exercise and Cardiac Rehabilitation, American Heart Association. *Circulation* 1995;91:912-21.
25. MacDougall JD, Tuxen D, Sale DG, Moroz JR, Sutton JR. Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. *J Appl Physiol* 1985;58:785-90.
26. Poncellet P, Aumegeat V, Durand P. Hipertensão arterial de esforço isolada no atleta. In: Amoretti R, Brion R, editores. *Cardiologia do esporte*. São Paulo: Manole, 2001;169-72.
27. American College of Sports Medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 6<sup>th</sup> ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2000.
28. Benn SJ, McCartney N, McKelvie RS. Circulatory responses to weight lifting, walking, and stair climbing in older males. *J Am Geriatr Soc* 1996;44:121-5.
29. Sale DG, Moroz DE, McKelvie RS, MacDougall JD, McCartney N. Effect of training on the blood pressure response to weight lifting. *Can J Appl Physiol* 1994;19:60-74.
30. Lentini AC, McKelvie RS, McCartney N, Tomlinson CW, MacDougall JD. Left ventricular response in healthy young men during heavy-intensity weight-lifting exercise. *J Appl Physiol* 1993;75:2703-10.
31. McCartney N, McKelvie RS, Martin J, Sale DG, MacDougall JD. Weight-training-induced attenuation of the circulatory response of older males to weight lifting. *J Appl Physiol* 1993;74:1056-60.
32. Sale DG, Moroz DE, McKelvie RS, MacDougall JD, McCartney N. Comparison of blood pressure response to isokinetic and weight-lifting exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1993;67:115-20.
33. MacDougall JD, McKelvie RS, Moroz DE, Sale DG, McCartney N. Factors affecting blood pressure during heavy weight lifting and static contractions. *J Appl Physiol* 1992;73:1590-7.
34. Fleck SJ, Dean LS. Resistance-training experience and the pressor response during resistance exercise. *J Appl Physiol* 1987;63:116-20.
35. Berman S, Rama D, Dolisi C. Cardiovascular tolerance of healthy elderly subjects to weight-lifting exercises. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:1845-8.
36. González-Camarena R, Carrasco-Sosa S, Román-Ramos R, Gaitán-González MJ, Medina-Bañuelos V, Azpiroz-Leehan J. Effect of static and dynamic exercise on heart rate and blood pressure variabilities. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:1719-28.
37. Iellamo F, Massaro M, Raimondi G, Peruzzi G, Legramante JM. Role of muscular factors in cardiorespiratory responses to static exercise: contribution of reflex mechanisms. *J Appl Physiol* 1999;86:174-80.
38. Smolander J, Aminoff T, Korhonen I, Tervo M, Shen N, Korhonen O, et al. Heart rate and blood pressure responses to isometric exercise in young and older men. *Eur J Appl Physiol* 1998;77:439-44.
39. Louhevaara V, Smolander J, Aminoff T, Korhonen O, Shen N. Cardio-respiratory responses to fatiguing dynamic and isometric hand-grip exercise. *Eur J Appl Physiol* 2000;82:340-4.
40. Jürimäe T, Jürimäe J, Pihl E. Circulatory response to single circuit weight and walking training session of similar energy cost in middle-age overweight females. *Clin Physiol* 2000;20:143-9.
41. Westcott W, Howes B. Blood pressure response during weight training exercise. *NSCA Journal* 1983;5:67-71.
42. Sagiv M, Ben-Sira D, Goldhammer E. Direct vs. indirect blood pressure measurement at peak anaerobic exercise. *Int J Sports Med* 1999;20:275-8.
43. Sagiv M, Hason PG, Bem-Sira D, Nagle FJ. Direct vs. indirect blood pressure at rest and during isometric exercise in normal subjects. *Int J Sports Med* 1995;16:514-8.
44. Silke B, Spiers JP, Boyd S, Graham E, McParland G. Evaluation of non-invasive blood pressure measurement by the Finapres method at rest and during dynamic exercise in subjects with cardiovascular insufficiency. *Clin Auton Res* 1994;4:49-56.
45. Petersen ME, Williams TR, Sutton R. A comparison of non-invasive continuous blood pressure measurement (Finapres) with intra-arterial pressure during prolonged head-up tilt. *Eur Heart J* 1995;16:1641-54.
46. Imholz BP, Settels JJ, van der Meiracker AH, Wesseling KH, Wieling W. Non-invasive continuous finger blood pressure measurement during orthostatic stress compared to intra-arterial pressure. *Cardiovasc Res* 1990;24:214-21.
47. Parati G, Casadei R, Groppelli A, Di Renzo M, Mancia G. Comparison of finger and intra-arterial blood pressure monitoring at rest and during laboratory testing. *Hypertension* 1989;13:647-55.
48. Idema RN, van den Meiracker AH, Imholz BP, Man in't Veld AJ, Settels JJ, Ritsema van Eck HJ, et al. Comparison of Finapres non-invasive beat-to-beat finger blood pressure with intrabrachial artery pressure during and after bicycle ergometry. *J Hypertens Suppl* 1989;7:S58-9.
49. Gould BA, Hornung RS, Altman DG, Cashman PM, Raftery EB. Indirect measurement of blood pressure during exercise testing can be misleading. *Br Heart J* 1995;53:611-5.

50. Rasmussen PH, Staats BA, Driscoll DJ, Beck KC, Bonekat HW, Wilcox WD. Direct and indirect blood pressure during exercise. *Chest* 1985;87: 743-8.
51. Santos EF, Schiavoni D, Burini RC, Cyrino ES. Comportamento da pressão arterial e da frequência cardíaca durante protocolo de exaustão. In: XXIV Simpósio Internacional de Ciências do Esporte, 2001;24:68.
52. D'Ávila T, Luz L, Farinatti P. Efeito do número de séries, repetições e intervalos de recuperação sobre o duplo-produto em exercícios de força. In: XXIV Simpósio Internacional de Ciências do Esporte 2001;24:81.
53. Schiavoni D, Silva, KES, Okano AH, Papst RR, Cyrino ES. Resposta aguda da pressão arterial e da frequência cardíaca durante treinamento com peso. In: XXIII Simpósio Internacional de Ciências do Esporte 2000; 23:107.
54. Farinatti PTV, Assis BFCB. Estudo de frequência cardíaca, pressão arterial e duplo-produto em exercícios contra-resistência e aeróbio contínuo. *Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde* 2000;5:5-16.
55. MacDonald JR, Rosenfeld JM, Tarnopolsky MA, Hogben CD, Ballantyne CS, MacDougall JD. Post exercise hypotension is not mediated by the serotonergic system in borderline hypertensive individuals. *J Hum Hypertens* 2002;16:33-9.
56. MacDonald JR, Hogben CD, Tarnopolsky MA, MacDougall JD. Post exercise hypotension is sustained during subsequent bouts of mild exercise and simulated activities of daily living. *J Hum Hypertens* 2001;15: 567-71.
57. Fagard RH, Pardaens K, Staessen JA, Thijs L. Prognostic value of invasive hemodynamic measurements at rest and during exercise in hypertensive men. *Hypertension* 1996;28:31-6.
58. Nishiyasu T, Sone R, Tan N, Maekawa T, Kondo N. Effects of rhythmic muscle compression on arterial blood pressure at rest and during dynamic exercise in humans. *Acta Physiol Scand* 2001;173:287-95.
59. MacDonald JR, MacDougall JD, Hogben CD. The effects of exercise duration on post-exercise hypotension. *J Hum Hypertens* 2000;14:125-9.
60. MacDonald JR, MacDougall JD, Hogben CD. The effects of exercising muscle mass on post-exercise hypotension. *J Hum Hypertens* 2000;14: 317-20.
61. Rebelo FPV, Benetti M, Lemos LS, Carvalho T. Efeito agudo do exercício físico aeróbio sobre a pressão arterial de hipertensos controlados submetidos a diferentes volumes de treinamento. *Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde* 2001;6:28-38.
62. Wright RL, Swain DP, Branch JD. Blood pressure responses to acute static and dynamic exercise in three racial groups. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:1793-8.
63. Forjaz CL, Matsudaira Y, Rodrigues FB, Nunes N, Negrão CE. Post-exercise changes in blood pressure, heart rate and rate pressure product at different exercise intensities in normotensive humans. *Braz J Med Biol Res* 1998;31:1247-55.
64. Aminoff T, Smolander J, Korhonen O, Louhevaara V. Cardiorespiratory and subjective responses to prolonged arm and leg exercise in healthy young and older men. *Eur J Appl Physiol* 1997;75:363-8.
65. Silke B, McAuley D. Accuracy and precision of blood pressure determination with the Finapres: an overview using re-sampling statistics. *J Hum Hypertens* 1998;12:403-9.
66. Leite T, Farinatti P. Exercícios contra-resistência diferentes para grupos musculares semelhantes associam-se ao mesmo duplo-produto? In: XXIV Simpósio Internacional de Ciências do Esporte 2001;24:81.