



FISIOLOGIA DO EXERCÍCIO
CURSO: EDUCAÇÃO FÍSICA
Prof. CÉSAR RICARDO LAMP

PRESSÃO ARTERIAL

A pressão arterial é a pressão que o sangue exerce sobre as paredes das artérias, sendo uma força propulsora que movimenta o sangue através do sistema circulatório.

Em essência, a pressão arterial constitui uma função do sangue arterial por minuto (isto é, o Débito Cardíaco) e da Resistência Vascular ou periférica imposta a esse fluxo.

A pressão arterial depende de dois fatores:

- **Débito Cardíaco (DC)**
- **Resistência Periférica (RP):** pressão exercida pelas paredes dos vasos contra o fluxo sangüíneo. Descreve a quantidade de (ou a falta de) “elasticidade” nas paredes dos vasos.

$$PA = DC \times RP$$

ou

$$PA = FC \times VS \times RP$$

PA = Débito Cardíaco X Resistência Periférica Total

Onde:

O **Débito Cardíaco (DC)** representa a quantidade de sangue que cada ventrículo lança na circulação (pulmonar ou sistêmica) por minuto. Em geral, o débito cardíaco é expresso em litros de sangue/minuto.

É importante notar que o ventrículo direito (circulação pulmonar) e o ventrículo esquerdo (circulação sistêmica) constituem um sistema conectado em série. Desta forma, o débito do ventrículo direito, ao longo de um tempo suficiente para ocorrer vários batimentos, é praticamente o mesmo ao do ventrículo esquerdo.

Talvez seja o fator isolado mais importante a ser considerado em relação à circulação, pois é o débito cardíaco o responsável pelo transporte de substâncias que entram e saem dos tecidos

Resistência Periférica Total (RP): É a oposição oferecida pelo sistema circulatório à Pressão Arterial. Medida pela constrição dos vasos sanguíneos.

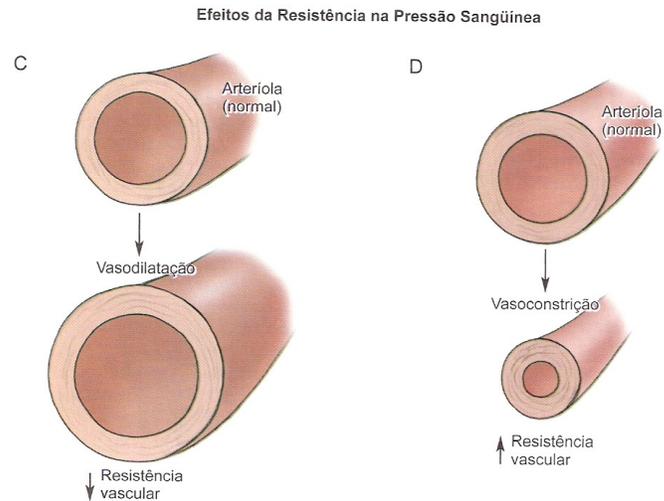
Volume sistólico (VS): é o volume de sangue que o coração ejeta a cada batimento.

Pressão Arterial – Fisiologia do Exercício

Profº César Ricardo Lamp

Vasoconstrição: diminui o FS, aumenta a RP, aumenta a PA;

Vasodilatação: aumenta o FS, diminui a RP, diminui a PA.



Legenda:

FS = Fluxo Sanguíneo
RP = Resistência Periférica
PA = Pressão Arterial

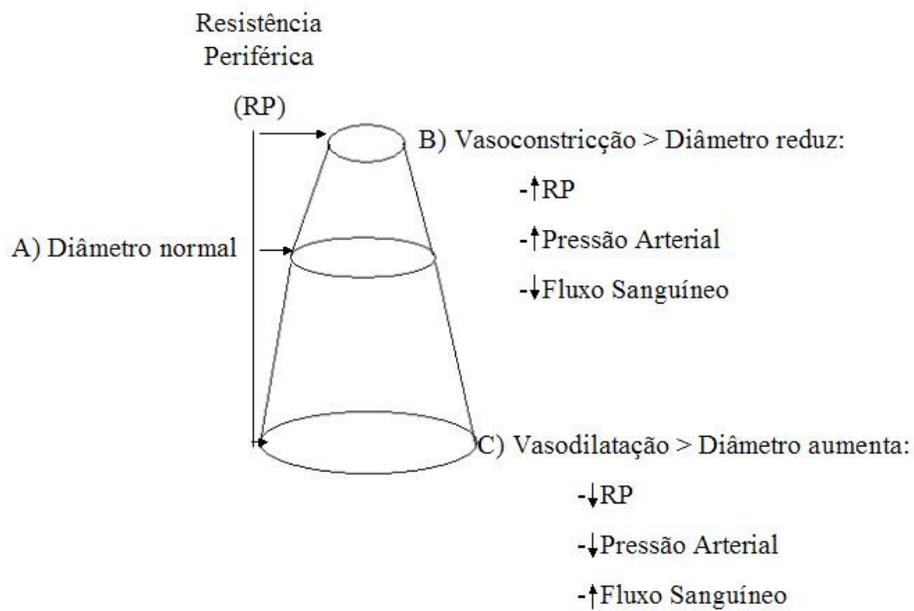


Figura - Efeito da resistência periférica sobre a pressão sanguínea.

Pressão Arterial – Fisiologia do Exercício

Profº César Ricardo Lamp

Porém, a pressão nas artérias não é constante, variando conforme a contração (sístole) ou relaxamento (diástole) do ventrículo esquerdo, apresentando seu valor máximo durante a sístole (pressão sistólica) e mínimo durante a diástole (pressão diastólica).

Pressão de pulso: é a diferença entre as pressões sistólica e diastólica.

$$P_{\text{pulso}} = PS - PD$$

Pressão média: é a média das pressões durante um ciclo cardíaco.

$$P_{\text{média}} = PD + (P_{\text{pulso}}/3)$$

Pressão Sistólica:

Em repouso, a pressão mais alta gerada pelo coração, em indivíduos saudáveis, é aproximadamente 120mmHg, durante a contração, ou sístole, do ventrículo esquerdo.

O ponto de referência para essa mensuração costuma ser a artéria braquial, com o braço colocado ao nível do átrio direito.

A pressão sistólica permite fazer uma estimativa do trabalho do coração e da tensão que age contra as paredes arteriais durante a contração ventricular.

Pressão Diastólica:

Durante a diástole, ou a fase de relaxamento do ciclo cardíaco (alterações elétricas e mecânicas que ocorrem no coração durante a contração e o relaxamento), a pressão arterial cai para cerca de 70 ou 80mmHg.

A pressão diastólica proporciona uma indicação da resistência periférica, ou da facilidade com que o sangue flui das arteríolas para dentro dos capilares.

Quando a resistência periférica é alta, a pressão dentro das artérias após a sístole não é dissipada rapidamente e, assim sendo, continua elevada durante grande parte do ciclo cardíaco.

Observação:

Pressão arterial: o treinamento aeróbico regular tende a diminuir a pressão sistólica e diastólica em repouso e no exercício. A maior redução é da pressão sistólica, isso evidencia-se nos hipertensos.

Valores que são diminuídos da PA

Pressão sistólica = 10 mmHg

Pressão diastólica = 8 mmHg

Pressão Arterial – Fisiologia do Exercício

Profº César Ricardo Lamp

Refere-se a espessura ou densidade do sangue

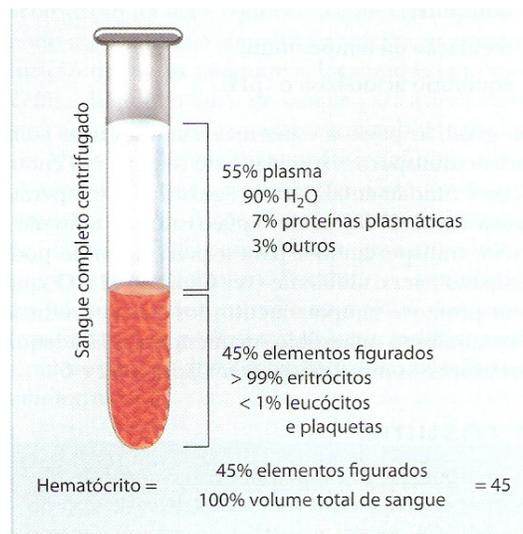
- ✓ **Sangue mais viscoso**
 - **Hematócrito maior e volume plasmático baixo**

Hematócrito maior ou igual a 60% - VISCOSO

- ✓ **Sangue menos viscoso**
 - **Hematócrito menor e volume plasmático maior**

Hematócrito (HCT): é a porcentagem ocupada pelos glóbulos vermelhos ou hemácias no volume total de sangue.

O HCT é a porcentagem de sangue centrifugado que contém elementos formados, especialmente as células vermelhas do sangue. Normalmente, a porcentagem de HCT deve estar em torno de 45%. Se o HCT estiver baixo, você não tem elementos formados suficientes no sangue. Se o HCT estiver alto, você tem um excesso de elementos formados no sangue.



Vários fatores influenciam o aumento da pressão arterial.

Primeiro, a reação ataque ou fuga causa a liberação do hormônio adrenalina, que aumenta a frequência cardíaca. Outros estímulos emocionais, como o contato sexual ou a ansiedade, podem estimular os nervos que enviam um impulso para aumentar a frequência cardíaca. O aumento da frequência cardíaca também resulta no aumento do débito cardíaco, o que aumenta a pressão arterial. Um excesso de enzima renina (o excesso geralmente é causado por algum problema renal) também pode causar um desequilíbrio num

Pressão Arterial – Fisiologia do Exercício

Profº César Ricardo Lamp

grupo de enzimas e hormônios chamado de sistema renina-angiotensina-aldosterona, que causa a absorção de sódio.

Um excesso de sódio causa a constrição das arteríolas, o que aumenta a pressão arterial. O hormônio antidiurético (ADH) causa a reabsorção de água pelo rim de volta à corrente sanguínea, aumentando o volume de sangue. O aumento do volume de sangue eleva a pressão arterial. Algumas dessas ações são formas normais e saudáveis do corpo preservar o equilíbrio ou a homeostase. Porém, quando o excesso de sódio é causado pela alimentação ou quando existe algum problema hormonal que causa a secreção excessiva ou insuficiente dos principais hormônios, a pressão arterial pode aumentar muito e até requerer intervenção médica para normalizá-la.

Entretanto, o corpo também tenta normalizar a pressão arterial. Com parte da homeostase, os receptores nas artérias detectam a pressão. Em seguida esses pressorreceptores enviam um impulso ao bulbo do cérebro, informando o cérebro sobre a pressão arterial. Se a pressão for acima do normal, o cérebro envia impulsos que causam reações que reduzem a frequência cardíaca e dilatam as arteríolas, duas ações que reduzem a pressão arterial.

A hipertensão é definida como uma medida sistólica superior a 140 milímetros de mercúrio (abreviado como mmHg; Hg é a abreviação do elemento mercúrio) ou uma medida diastólica superior a 90 mmHg. A pressão arterial, medida na artéria, informa qual é a pressão quando o ventrículo esquerdo contrai (sistólico, o valor maior) e quando relaxa (diastólico, o valor menor). A pressão arterial normal fica em torno de 120/80 mmHg. Quanto mais alto os valores sistólicos e diastólicos, maior a pressão contra as paredes das artérias e maior o esforço do coração.

Muitos fatores podem causar pressão alta. As artérias são revestidas de endotélio, e o tecido pode mudar ao longo do tempo. Às vezes, outras doenças (como diabetes, doenças renais ou da tireóide) podem causar mudanças vasculares, como no revestimento dos vasos sanguíneos. O estilo de vida – uma alimentação com excesso de sódio ou gordura, falta de exercício, obesidade, estresse, tabagismo ou o uso de anticoncepcionais orais – exerce uma grande influência no desenvolvimento da hipertensão.

Se a pressão arterial permanecer alta, a constante pressão maior começa a danificar o interior dos vasos sanguíneos. Quando tecidos, como os vasos sanguíneos, são danificados, as plaquetas correm para o local da ferida. No local da ferida, as plaquetas começam a se agrupar ao longo dos vasos sanguíneos, se juntando as proteínas envolvidas na coagulação (por exemplo o fibrinogênio). Se formarem um coágulo (trombo) na artéria, esse pode obstruir o fluxo de sangue na artéria. Esse coágulo pode também se desalojar e viajar para algum outro lugar do corpo (nesse caso é chamado de embolia). Por exemplo, um coágulo que bloqueia uma artéria na sua perna pode se desalojar e ser levado pela corrente sanguínea até o pulmão e ficar alojado aqui. Neste

Pressão Arterial – Fisiologia do Exercício

Profº César Ricardo Lamp

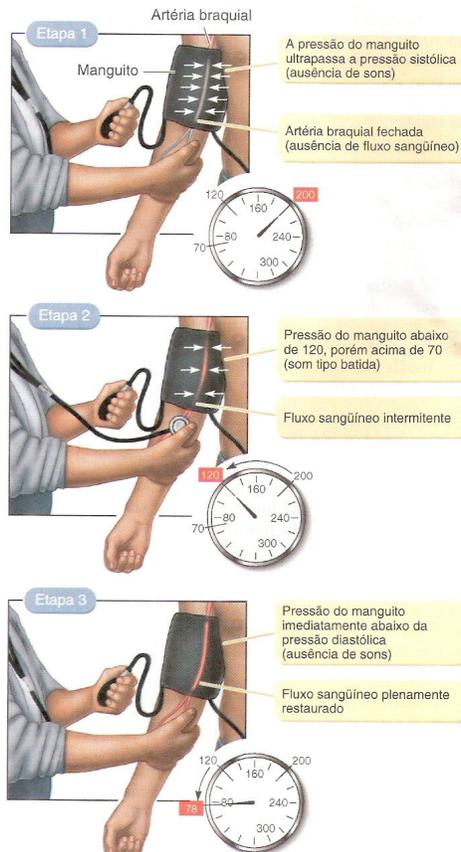
caso, o coágulo é chamado de embolia pulmonar, uma condição potencialmente fatal.

Mesmo sem formar coágulos, o acúmulo de plaquetas e fibrina pode causar obstruções, e o vazamento de plasma pelo vaso danificado pode causar um edema (inchaço causado pelo acúmulo de líquido) em volta da artéria obstruída. Quando o interior (lúmen) do vaso sanguíneo se constringe, a resistência periférica aumenta, resultando no aumento da pressão. A pressão alta pode ser reduzida com mudanças no estilo de vida e remédios como agentes bloqueadores, que dilatam as artérias.

PROCEDIMENTOS DA VERIFICAÇÃO DA PRESSÃO ARTERIAL

O braço é envolvido por um manguito inflável até que a sua pressão seja superior a ponto de suprimir a pressão sistólica arterial, significando que o fluxo de sangue da artéria braquial e posteriormente radial foram interrompidos.

Então a pressão no manguito é gradativamente diminuída. Quando a pressão no manguito cai abaixo da pressão sistólica arterial, o sangue volta a circular produzindo um som denominado de som de Korotkoff, correspondente a cada batimento cardíaco e este é captado através do estetoscópio. Quando o manguito não exerce mais nenhuma pressão sobre a artéria o som desaparece. A **primeira audição** é referida como pressão sistólica e a **segunda** como pressão diastólica.



Pressão Arterial – Fisiologia do Exercício
Profº César Ricardo Lamp

PROCEDIMENTO

- O indivíduo, sentado em um ambiente tranquilo, expõe o braço.
- Ajustar o manguito no braço esquerdo, preferencialmente, nem muito apertado, nem muito frouxo. Dois centímetros (dois dedos) acima da fossa cubital;
- Localizar a artéria braquial no lado interno do braço, aproximadamente a 2,5cm acima da dobra do cotovelo.
- Posicionar o estetoscópio de maneira correta nos próprios ouvidos e na artéria braquial do indivíduo que está sendo avaliado;
- Pegar a extremidade livre do manguito e, com delicadeza, introduzi-la através da alça metálica (ou colocá-la sobre o velcro exposto) e trazê-la de volta, de forma que o manguito se coloque ao redor do braço ao nível do coração. Alinhar as setas sobre o manguito com a artéria braquial. Fixar com firmeza as partes do velcro do manguito. O manguito do esfigmomanômetro deve ficar justo (porém não excessivamente apertado) para obter leituras precisas. Utilizar manguitos do tamanho apropriado para crianças e pessoas obesas.
- Colocar a campânula do estetoscópio abaixo do espaço antecubital sobre a artéria braquial.
- Agora o manguito deve ter o tubo conector (proveniente do bulbo e do calibrador do esfigmomanômetro) saindo do manguito na direção do braço.
- Antes de insuflar o manguito, certificar-se de que a chave para a saída do ar esteja fechada (rodar o botão no sentido horário).
- Insuflar o manguito com bombeadas rápidas e uniformes até 180 a 200 mmHg, dependendo da pressão arterial média do indivíduo. Devemos nos certificar de que o manguito está totalmente vazio e a válvula, travada. Quando inflamos o manguito, estamos obstruindo a artéria, ou seja, não está passando sangue por ela;
- Liberar gradualmente a pressão no manguito (cerca de 3 – 5 mm por segundo) abrindo lentamente o botão para a saída do ar (rodar no sentido anti-horário), observando o primeiro som. Este som resulta da turbulência do jato de sangue quando a artéria previamente fechada se abre subitamente durante a pressão mais alta no ciclo cardíaco. Isso representa a pressão sistólica.
- Continuar reduzindo a pressão, observando quando o som torna-se abafado (4ª fase da pressão diastólica) e quando o som desaparece (5ª fase da pressão diastólica). Os clínicos registram habitualmente a 5ª fase da pressão diastólica.
- A medida é lida, por exemplo, 120 por 90, e não 12 por 9;
- Se a pressão medida ultrapassar os 140-90 mmHg, proporcionar um repouso de 10 minutos e repetir o procedimento.

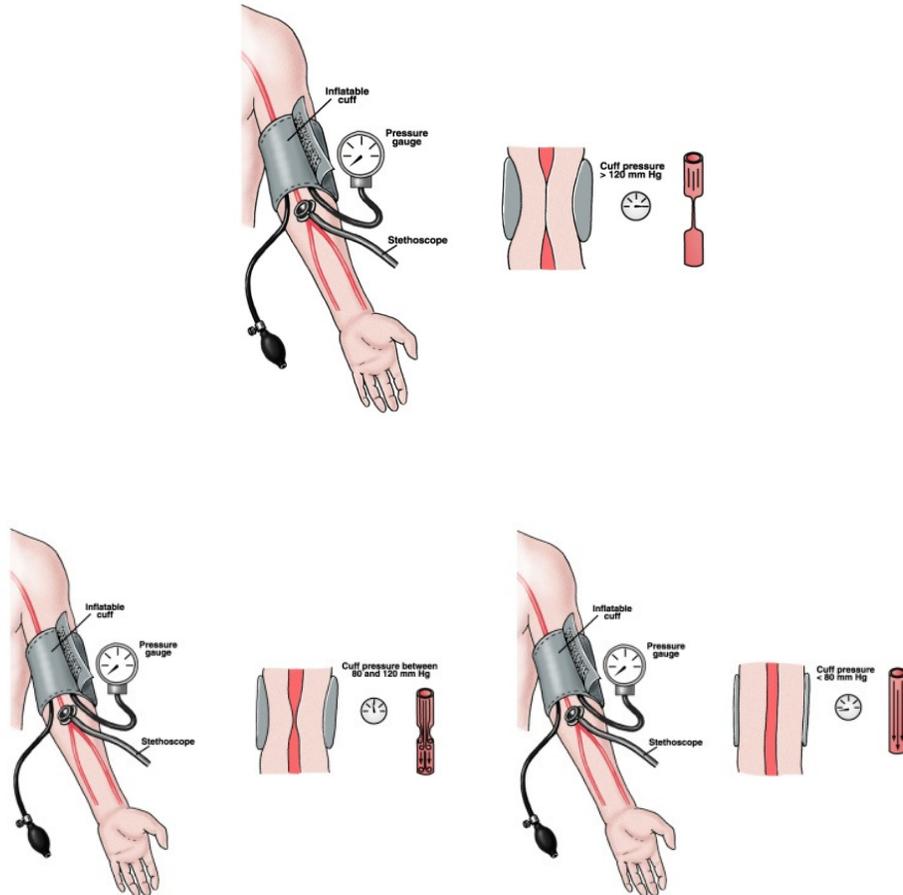
Pressão Arterial – Fisiologia do Exercício

Profº César Ricardo Lamp

Se necessário, refazer a medida. Devemos nos certificar de que o manguito foi completamente esvaziado. Após isso, seguir o mesmo procedimento.

FONTE: McARDLE, KATCH, KATCH (2003)

EXEMPLIFICAÇÃO DAS AÇÕES DA VERIFICAÇÃO DA PRESSÃO ARTERIAL SOBRE O SISTEMA VASCULAR



PRESSÃO ARTERIAL E EXERCÍCIO FÍSICO

- ❖ *O comportamento da PA durante qualquer atividade física ou exercício proposto apresenta variações de acordo com:*
 - *A intensidade,*
 - *Duração,*
 - *Tipo de exercício,*
 - *Biomecânica utilizada, entre outros.*

Outro fator que contribui para a variação da PA é o comportamento individual e grau de treinamento.

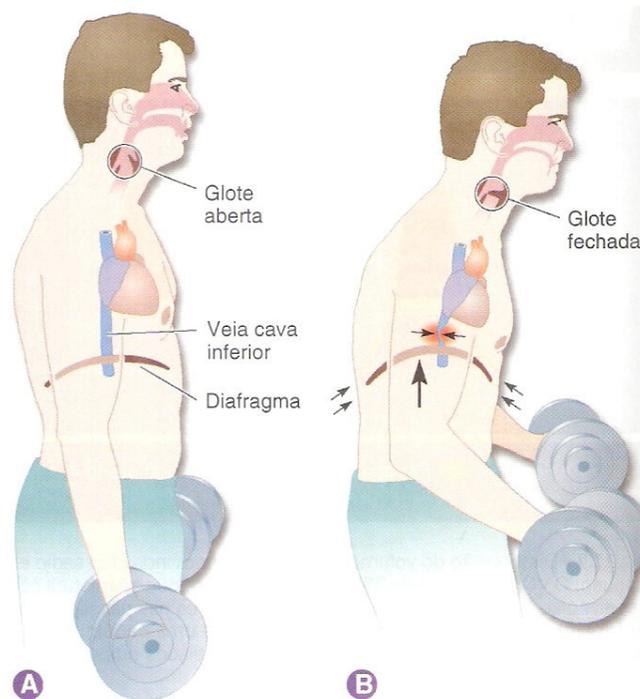
Pressão Arterial – Fisiologia do Exercício

Profº César Ricardo Lamp

- ❖ O exercício que produz um aumento de tensão, especialmente durante a fase concêntrica da contração muscular, **comprime mecanicamente o sistema arterial periférico**.
- ❖ Isso acarreta uma **redução persistente na perfusão** (passagem de líquido, inclusive sangue, através de um órgão) muscular, conseqüentemente, um **aumento drástico na resistência periférica total** que é diretamente proporcional ao percentual da capacidade de força máxima exercida.
- ❖ Esses acontecimentos levam a aumentar drasticamente a atividade do sistema nervoso simpático, o débito cardíaco e a pressão arterial média, na tentativa de **restaurar o fluxo sangüíneo muscular**.
- ❖ A sobrecarga cardiovascular aguda observada com um exercício intensivo de resistência **poderia ser prejudicial para os indivíduos que sofrem de doenças cardíacas e vasculares**, particularmente para aqueles destreinados nessa forma de exercício. Para essas pessoas, são desejáveis e benéficas as formas mais rítmicas de exercício moderado.
- ❖ Para um determinado percentual da captação máxima de oxigênio, as **pressões sistólica e diastólica** são consideravelmente **mais altas** quando o trabalho é **realizado com os braços** que com as pernas.
- ❖ Isso porque a **menor massa muscular e árvores vascular dos braços oferece uma maior resistência** ao fluxo sangüíneo que a maior massa e árvores vascular das pernas.
- ❖ *Sabe-se que o exercício realizado com os MMSS produz as pressões sistólica e diastólica mais altas do que os realizados com os MMII. Isso ocorre devido à **resistência vascular periférica** ser maior nos MMSS em razão do **menor porte vascular** comparado com o dos MMII.*
- ❖ *A PA varia de acordo com a **massa muscular envolvida**, apresentando aumento da PAS **proporcional à intensidade** do exercício*
- ❖ *Os autores também citam que maiores variações nas pressões arteriais (delta de variação) são encontradas em menores grupamentos musculares, justificando que, possivelmente, **há maior oclusão dos vasos e maior resistência periférica**. Esse mesmo comportamento pode ser encontrado nos músculos de MMSS, considerados grupos musculares bem menores quando comparados aos de MMII.*
- ❖ *Uma hipótese para justificar o motivo que a PA dos MMII apresentar-se maior do que os MMSS é o **processo de atrofia**, já que ao apresentar fadiga o esforço torna-se maior.*
- ❖ *A variação da PA também pode sofrer influências do padrão ventilatório adotado durante a atividade proposta. Isso foi mostrado por MacDougall et al., em 1999, após avaliar a variação da PA com indivíduos que realizavam **manobras de Valsalva** durante as atividades propostas. Seus resultados mostraram maior variação pressórica ao realizar a manobra. Entretanto, essas variações são mais acentuadas durante a realização de exercícios estáticos de força, como forma de estabilizar o tronco e aumentar a produção de força.*

Pressão Arterial – Fisiologia do Exercício

Profº César Ricardo Lamp



- ❖ Como já é conhecido, o **aumento da pressão intratorácica promove redução do retorno venoso** e conseqüentemente diminuição do DC, reduzindo assim, a PA.
- ❖ Com relação ao DP, pode-se dizer que os exercícios que envolvam maiores grupos musculares geram maior trabalho cardíaco.
- ❖ A diminuição na **relação capilar/fibra**, pode contribuir para um aumento na resistência periférica, levando a maiores valores de PA e FC, já que o trabalho imposto ao coração torna-se maior.
- ❖ A intensidade dos exercícios, que como já é conhecido, também apresenta correlação com os níveis de FC e DP. Assim, segundo Irving et al., quanto **maior for a intensidade** de determinada atividade, **maiores** serão os valores que representam **sobrecarga cardíaca**.
- ❖ Para os indivíduos com disfunção cardiovascular, essas observações apoiam o uso do exercício que requer grandes grupos musculares, tais como marcha, ciclismo e corrida, ao contrário dos exercícios que requerem a participação de massa muscular bastante limitada. Se for utilizado um programa sistemático de exercícios com os braços para o treinamento dos pacientes com coronariopatia, as cargas de trabalho deverão ser estabelecidas com base na resposta individual a essa forma de exercício, e não na prescrição de algum teste de esforço que utiliza o ciclismo ou a corrida.

Pressão Arterial – Fisiologia do Exercício

Profº César Ricardo Lamp

EXERCÍCIO COM RESISTÊNCIA ESTÁTICA E DINÂMICA

- O exercício que produz um aumento de tensão, especialmente durante a fase concêntrica da contração muscular, comprime mecanicamente o sistema arterial periférico.
- Isso acarreta uma redução persistente na perfusão (passagem de líquido, inclusive sangue, através de um órgão) muscular, conseqüentemente, um aumento drástico na resistência periférica total que é diretamente proporcional ao percentual da capacidade de força máxima exercida.
- Esses acontecimentos levam a aumentar drasticamente a atividade do sistema nervoso simpático, o débito cardíaco e a pressão arterial média, na tentativa de restaurar o fluxo sangüíneo muscular.
- A sobrecarga cardiovascular aguda observada com um exercício intensivo de resistência poderia ser prejudicial para os indivíduos que sofrem de doenças cardíacas e vasculares, particularmente para aqueles destreinados nessa forma de exercício. Para essas pessoas, são desejáveis e benéficas as formas mais rítmicas de exercício moderado.

EFEITOS CRÔNICOS DO TREINAMENTO DE RESISTÊNCIA

- O exercício com resistência acarreta uma maior elevação na pressão arterial que o movimento dinâmico de menor intensidade, porém não produz qualquer aumento a longo prazo na pressão arterial em repouso.
- O exercício intensivo de resistência não é recomendado como a única forma de treinamento destinado a reduzir a pressão arterial nos indivíduos hipertensos.

EXERCÍCIO EM RITMO ESTÁVEL

- Durante a atividade muscular rítmica tipo trote, natação e ciclismo, a dilatação dos vasos sangüíneos nos músculos ativos reduz a resistência periférica total, aprimorando dessa forma o fluxo sangüíneo através de grandes segmentos da árvore vascular periférica.
- A contração e o relaxamento alternados dos músculos também proporcionam uma força eficaz que irá impulsionar o sangue através do circuito vascular e levá-lo de volta ao coração.
- O maior fluxo sangüíneo observado durante o exercício em ritmo estável (steady-rate) acarreta uma elevação rápida na pressão sistólica durante os primeiros minutos do exercício. A seguir, a pressão arterial se equilibra em aproximadamente 140 a 160 mm Hg, provavelmente sem qualquer diferença entre os sexos. À medida que o exercício continua, a pressão sistólica pode declinar gradualmente enquanto as arteríolas nos músculos continuam se dilatando e a resistência periférica ao fluxo sangüíneo diminui. A pressão diastólica se mantém relativamente inalterada durante esse exercício.

Pressão Arterial – Fisiologia do Exercício

Profº César Ricardo Lamp

EXERCÍCIO PROGRESSIVO

- Após a elevação rápida inicial em relação ao nível de repouso, a pressão sistólica aumenta linearmente com a intensidade do exercício, enquanto a pressão diastólica permanece estável ou aumenta ligeiramente para os níveis mais altos de exercício.
- Essa resposta é semelhante para indivíduos tanto treinados quanto sedentários.

PRESSÃO ARTERIAL NOS EXERCÍCIOS COM OS BRAÇOS

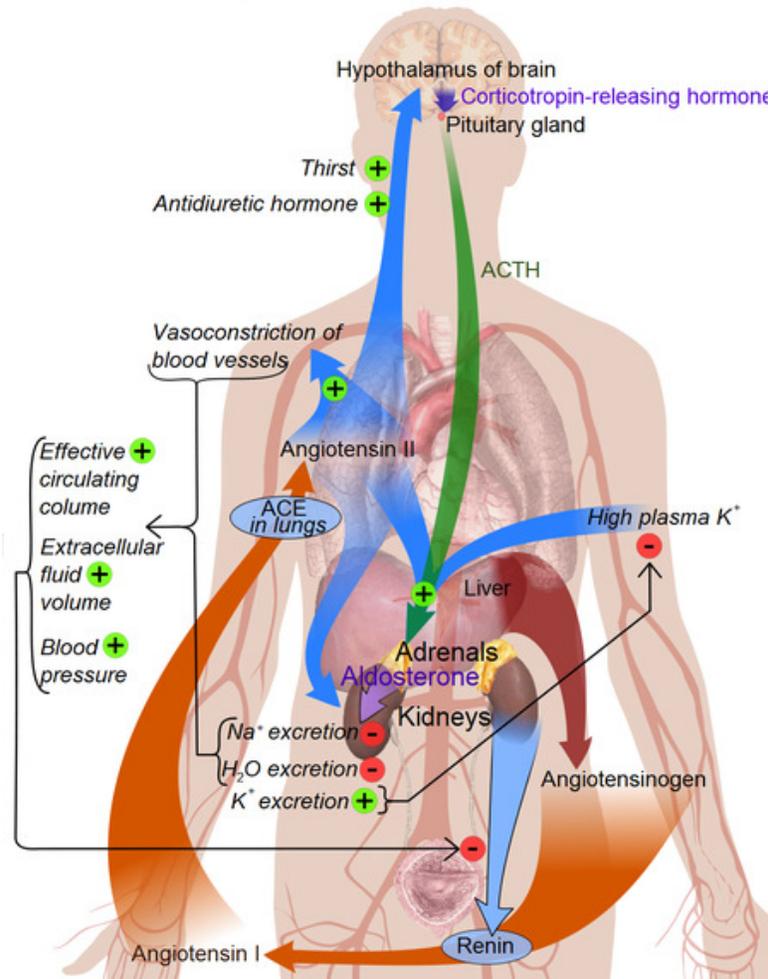
- Para um determinado percentual da captação máxima de oxigênio, as pressões sistólica e diastólica são consideravelmente mais altas quando o trabalho é realizado com os braços que com as pernas.
- Isso porque a menor massa muscular e árvores vascular dos braços oferece uma maior resistência ao fluxo sanguíneo que a maior massa e árvores vascular das pernas.
- Para os indivíduos com disfunção cardiovascular, essas observações apoiam o uso do exercício que requer grandes grupos musculares, tais como marcha, ciclismo e corrida, ao contrário dos exercícios que requerem a participação de massa muscular bastante limitada. Se for utilizado um programa sistemático de exercícios com os braços para o treinamento dos pacientes com coronariopatia, as cargas de trabalho deverão ser estabelecidas com base na resposta individual a essa forma de exercício, e não na prescrição de algum teste de esforço que utiliza o ciclismo ou a corrida.

NA RECUPERAÇÃO

- Após um período de exercício submáximo contínuo, a pressão sistólica é reduzida temporariamente para níveis abaixo do valor pré-exercício para indivíduos tanto normotensos quanto hipertensos.
- Essa resposta hipotensa ao exercício prévio pode durar por até 12 horas durante a recuperação e ocorre em resposta ao exercício aeróbico de intensidade tanto baixa quanto moderada.
- Um mecanismo proposto para a hipotensão pós-exercício é que, quando o exercício aeróbico cessa, observa-se um período prolongado durante o qual uma quantidade significativa de sangue permanece estagnada nos órgãos viscerais e/ou nos membros inferiores. Isso reduz o volume sanguíneo central, o que acarreta uma queda na pressão arterial sistêmica. Esses achados também apoiam a utilização do exercício como uma importante linha de defesa não-farmacológica no tratamento da hipertensão e poderiam justificar a participação em várias sessões de atividade física moderada, entremeadas durante o transcorrer do dia.

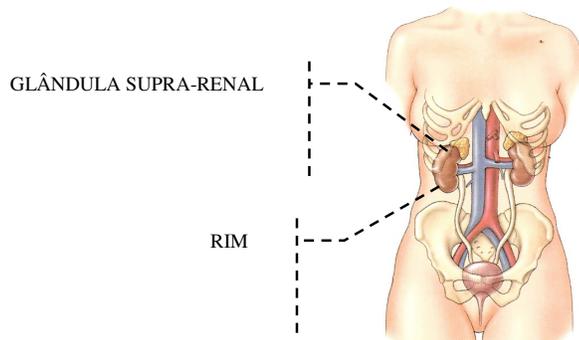
Pressão Arterial – Fisiologia do Exercício
Profº César Ricardo Lamp

Renin-angiotensin-aldosterone system



MONITORANDO A SUA PRESSÃO ARTERIAL

Seus rins usam processos de secreção tubular e reabsorção tubular para remover e repor sais e água do sangue. Mas os rins, junto com o seu fígado e as glândulas suprarrenais, localizadas em cima dos rins, também ajudam a manter o equilíbrio correto de sódio e potássio no sangue, o que afeta o volume do sangue, que, conseqüentemente, afeta a sua pressão arterial.



Pressão Arterial – Fisiologia do Exercício

Profº César Ricardo Lamp

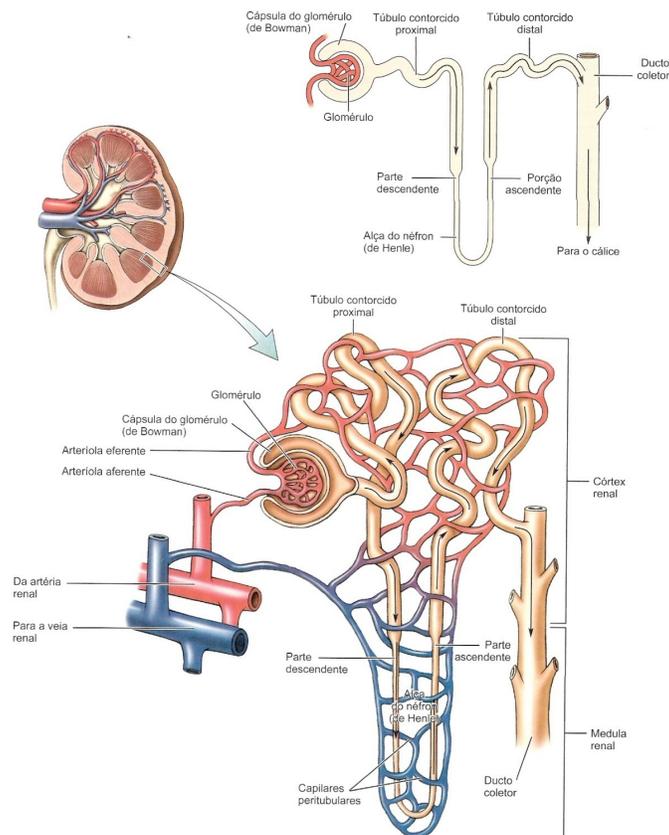
Quando o sangue é filtrado através do fígado, a pressão arterial é verificada. Se a pressão arterial no fígado for baixa demais, o sangue provavelmente não será filtrado adequadamente pelo glomérulo do néfron quando chega no rim. (Lembre-se que inicialmente o sangue no rim é filtrado através da pressão.) Então através do aumento do volume do sangue, o seu fígado pode aumentar a pressão arterial.

Assim para aumentar o volume de sangue:

1. O fígado produz uma proteína chamada de angiotensinogênio.

Observação: O fígado filtra o sangue através de uns 100.000 lóbulos minúsculos. O fígado filtra as substâncias tóxicas (como álcool e drogas) do sangue que passa dos intestinos pela veia porta hepática ao fígado, e ajuda a manter o equilíbrio constante das taxas de vários componentes importantes do sangue.

2. Nos rins, os néfrons também monitoram o volume de sangue. Se o volume for baixo, os néfrons secretam renina, que converte o angiotensinogênio em angiotensinogênio I.



Pressão Arterial – Fisiologia do Exercício

Profº César Ricardo Lamp

3. Quando o sangue continua a circulação, a pressão é novamente verificada nos capilares dos pulmões. Se a pressão for baixa demais, os pulmões secretam uma enzima conversora da angiotensina, que converte a angiotensina I em angiotensina II.
4. A presença da angiotensina II no sangue faz as glândulas suprarrenais secretarem o hormônio aldosterona, que causa a reabsorção do sódio dos néfrons de volta para a circulação sanguínea.
5. Aonde o sal vai, água segue. Quando os íons de sódio são ativamente transportados no sangue, a água também é reabsorvida.
6. A reabsorção de água no sangue aumenta o volume do sangue, resultando no aumento da pressão arterial. Agora o sangue tem pressão suficiente para passar pelo glomérulo e ser adequadamente filtrado para remover as toxinas.

Observação: Erros que ocorrem no sistema renina-angiotensina-aldosterona podem causar pressão alta. Alguns remédios contra a hipertensão são inibidores da enzima conversora de angiotensina; ao evitar a secreção das enzimas conversoras da angiotensina pelos pulmões, a angiotensina I não pode ser convertida em angiotensina II, assim evitando que o sódio e a água sejam devolvidos à circulação sanguínea desnecessariamente. Não é apenas a pressão baixa que causa efeitos negativos; a pressão alta também pode causar problemas. Equilibrar esses dois aspectos importantes da homeostase é fundamental.

PRESSÃO ARTERIAL ALTA

A pressão arterial é o termo usado para descrever a força que o sangue exerce contra a parede de uma artéria. Dois fatores afetam a força que o sangue tem: o débito cardíaco e a resistência periférica. O débito cardíaco é o volume de sangue circulado pelo coração.

A resistência periférica descreve a quantidade de (ou a falta de) "elasticidade" nas paredes dos vasos. Quanto maior o débito cardíaco - quando a frequência cardíaca aumenta ou o coração precisa circular mais sangue - mais alta a pressão para poder dar conta da tarefa. Igualmente, quanto maior a resistência arterial (menos expansão ou elasticidade quando o sangue passa), mais alta a pressão para garantir o fluxo.

Vários fatores influenciam o aumento da pressão arterial. Primeiro, a reação de ataque ou fuga causa a liberação do hormônio adrenalina, que aumenta a frequência cardíaca. Outros estímulos emocionais, como o contato sexual ou a ansiedade, podem estimular os nervos que enviam um impulso para aumentar a frequência cardíaca. O aumento da frequência cardíaca também resulta no aumento do débito cardíaco, o que aumenta a pressão arterial. Um excesso da enzima renina (o excesso geralmente é causado por algum problema renal) também pode causar um desequilíbrio num grupo de enzimas e hormônios chamado de sistema renina-angiotensina-aldosterona, que causa a absorção de sódio.

Um excesso de sódio causa a constrição das arteríolas, o que aumenta a pressão arterial. O hormônio antidiurético (ADH) causa a reabsorção de água

Pressão Arterial – Fisiologia do Exercício

Profº César Ricardo Lamp

pelo rim de volta à corrente sanguínea, aumentando o volume de sangue. O aumento do volume de sangue eleva a pressão arterial. Algumas dessas ações são formas normais e saudáveis do corpo preservar o equilíbrio ou a homeostase. Porém, quando o excesso de sódio é causado pela alimentação ou quando existe algum problema hormonal que causa a secreção excessiva ou insuficiente dos principais hormônios, a pressão arterial pode aumentar muito e até requerer intervenção médica para normalizá-la.

Entretanto, o corpo também tenta normalizar a pressão arterial. Como parte da homeostase, os receptores nas artérias detectam a pressão. Em seguida esses **pressorreceptores** enviam um impulso ao bulbo do cérebro, informando o cérebro sobre a pressão arterial. Se a pressão for acima do normal, o cérebro envia impulsos que causam reações que reduzem a frequência cardíaca e dilatam as arteríolas, duas ações que reduzem a pressão arterial.

A hipertensão é definida como uma medida sistólica superior a 140 milímetros de mercúrio (abreviado como mmHg; Hg é a abreviação do elemento mercúrio) ou uma medida diastólica superior a 90 mm Hg. A pressão arterial, medida na artéria, informa qual é a pressão quando o ventrículo esquerdo contrai (sistólico, o valor maior) e quando relaxa (diastólico, o valor menor). A pressão arterial normal fica em torno de 120/80 mm Hg. Quanto mais alto os valores sistólicos e diastólicos, maior a pressão contra as paredes das artérias e maior o esforço do coração.

Muitos fatores podem causar pressão alta. As artérias são revestidas de endotélio, e o tecido pode mudar ao longo do tempo. Às vezes, outras doenças (como diabetes, doenças renais ou da tireóide) podem causar mudanças vasculares, como no revestimento dos vasos sanguíneos. O estilo de vida - uma alimentação com excesso de sódio ou gordura, falta de exercício, obesidade, estresse, tabagismo ou o uso de anticoncepcionais orais - exerce uma grande influência no desenvolvimento da hipertensão.

Se a pressão arterial permanecer alta, a constante pressão maior começa a danificar o interior dos vasos sanguíneos. Quando tecidos, como os vasos sanguíneos, são danificados, as plaquetas correm para o local da ferida. No local da ferida, as plaquetas começam a se agrupar ao longo dos vasos sanguíneos, se juntando às proteínas envolvidas na coagulação (por exemplo o fibrinogênio). Se formarem um coágulo (trombo) na artéria, esse pode obstruir o fluxo de sangue na artéria. Esse coágulo também pode se desalojar e viajar para algum outro lugar no corpo (nesse caso é chamado de embolia). Por exemplo, um coágulo que bloqueia uma artéria na sua perna pode se desalojar e ser levado pela corrente sanguínea até o pulmão e ficar alojado aqui. Neste caso, o coágulo é chamado de embolia pulmonar, uma condição potencialmente fatal.

Mesmo sem formar coágulos, o acúmulo de plaquetas e fibrina pode causar obstruções, e o vazamento de plasma pelo vaso danificado pode causar um edema (inchaço causado pelo acúmulo de líquido) em volta da artéria obstruída. Quando o interior (lúmen) do vaso sanguíneo se constrixe, a resistência periférica aumenta, resultando no aumento da pressão. A pressão alta pode ser reduzida com mudanças no estilo de vida (veja o tópico abaixo "O exercício reduz a pressão alta") e remédios como agentes bloqueadores, que dilatam as artérias.

Pressão Arterial – Fisiologia do Exercício

Profº César Ricardo Lamp

O EXERCÍCIO REDUZ A PRESSÃO ARTERIAL

Você mesmo pode controlar sua pressão arterial, mas isso requer algum esforço físico. Não importa se você faz por obrigação ou prazer, movimentar o seu corpo traz muitos benefícios. Além de fortalecer os seus músculos esqueléticos, o exercício fortalece os seus músculos cardíacos e ossos. Também pode reduzir a sua pressão.

Você sabe quantos leitos capilares você tem no seu corpo todo? Bem, nem todos abrem ao mesmo tempo. Quando você não se movimenta, os leitos capilares estão fechados. Os esfíncteres dentro dos capilares se contraem para evitar que o sangue entre no leito capilar. (O sangue é desviado da arteríola diretamente para a vênula através de um desvio artério-venoso próximo.) Quando não há sangue no leito capilar, também não há difusão de oxigênio ou nutrientes para o líquido intersticial. E sem essa ação, a atividade metabólica diminui. Mas quando você faz exercícios ou brinca, os esfíncteres dentro dos capilares relaxam, abrindo o leito capilar para receber sangue e atividade metabólica. Quanto mais leitos capilares se abrem, mais espaço o sangue tem para fluir pelo corpo. Com mais vasos abertos, a resistência periférica diminui e conseqüentemente a pressão também.

OS DOIS HORMÔNIOS QUE TAMBÉM AFETAM A PRESSÃO ARTERIAL:

O hormônio antidiurético:

É secretado pela glândula hipófise quando o sódio é reabsorvido pelos néfrons do rim, mas não há uma quantidade suficiente de água. O hormônio antidiurético aumenta a reabsorção de água da urina produzida, reduzindo a quantidade de urina. Quando você não bebe água suficiente ("suficiente" quer dizer pelo menos uns dois litros por dia) - ou se você beber suficiente mas as perdas são maiores (por causa de suor, diarreia ou vômitos) - uma pequena glândula no seu cérebro libera o hormônio antidiurético, que mantém o volume de sangue (e conseqüentemente a pressão arterial) dentro dos padrões normais.

O hormônio natriurético atrial:

Tem o efeito oposto do hormônio antidiurético. Quando o sangue passa pelo coração, os receptores de esticamento dentro do coração detectam o volume do sangue. Se o volume de sangue for alto demais, é necessário remover um pouco de água do sangue para reduzir o volume. As células no coração liberam o hormônio natriurético atrial, impedindo a secreção de renina pelo rim. Sem renina, a angiotensina não pode ser convertida em angiotensina I. Portanto, a uma enzima conversora da angiotensina não tem angiotensina I para interagir, e não pode produzir angiotensina I. As ações do hormônio natriurético atrial evitam a reabsorção de sódio e água através do rim na circulação sanguínea. No lugar disso, o sódio e a água são removidos do sangue através do rim, reduzindo o volume do sangue e conseqüentemente a pressão arterial.

Pressão Arterial – Fisiologia do Exercício
Profº César Ricardo Lamp

TABELAS COM VALORES E DADOS SOBRE A PRESSÃO ARTERIAL

Tabela 2. Dimensões da bolsa de borracha para diferentes circunferências de braço em crianças e adultos (D):

Denominação do manguito	Circunferência do braço (cm)	Bolsa de borracha (cm)	
		Largura	Comprimento
Recém-nascido	≤ 10	4	8
Criança	11-15	6	12
Infantil	16-22	9	18
Adulto pequeno	20-26	10	17
Adulto	27-34	12	23
Adulto grande	35-45	16	32

Tabela 6. Classificação da pressão arterial de acordo com a medida casual no consultório (> 18 anos)

Classificação	Pressão sistólica (mmHg)	Pressão diastólica (mmHg)
Ótima	< 120	< 80
Normal	< 130	< 85
Limítrofe*	130-139	85-89
Hipertensão estágio 1	140-159	90-99
Hipertensão estágio 2	160-179	100-109
Hipertensão estágio 3	≥ 180	≥ 110
Hipertensão sistólica isolada	≥ 140	< 90

Quando as pressões sistólica e diastólica situam-se em categorias diferentes, a maior deve ser utilizada para classificação da pressão arterial

** Pressão normal-alta ou pré-hipertensão são termos que se equivalem na literatura.*

Pressão Arterial – Fisiologia do Exercício

Profº César Ricardo Lamp

Tabela 3. Classificação da pressão arterial para crianças e adolescentes (modificada do The Fourth Report on the Diagnosis, Evaluation and Treatment of High Blood Pressure in Children and Adolescents)

Classificação	Percentil* para PAS e PAD	Frequência de medida da pressão arterial
Normal	PA < percentil 90	Reavaliar na próxima consulta médica agendada
Limítrofe	PA entre percentis de 90 a 95 ou se PA exceder 120/80 mmHg sempre < percentil 90 até < percentil 95	Reavaliar em 6 meses
Hipertensão estágio 1	Percentil 95 a 99 mais 5 mmHg	Paciente assintomático: reavaliar em 1 a 2 semanas; se hipertensão confirmada, encaminhar para avaliação diagnóstica Paciente sintomático: encaminhar para avaliação diagnóstica
Hipertensão estágio 2	PA > percentil 99 mais 5 mmHg	Encaminhar para avaliação diagnóstica
Hipertensão do avental branco	PA > percentil 95 em ambulatório ou consultório e PA normal em ambientes não relacionados à prática clínica	

* Para idade, sexo e percentil de estatura.

PA: pressão arterial; PAD: pressão arterial diastólica; PAS: pressão arterial sistólica.

Tabela 4. Recomendações para o seguimento: prazos máximos para reavaliação*

Pressão arterial inicial (mmHg)**		Seguimento
Sistólica	Diastólica	
< 130	< 85	Reavaliar em um ano Estimular mudanças de estilo de vida
130-139	85-89	Reavaliar em seis meses*** Insistir em mudanças do estilo de vida
140-159	90-99	Confirmar em dois meses*** Considerar MAPA/MRPA
160-179	100-109	Confirmar em um mês*** Considerar MAPA/MRPA
≥ 180	≥ 110	Intervenção medicamentosa imediata ou reavaliar em uma semana***

* *Modificar o esquema de seguimento de acordo com a condição clínica do paciente.*

** *Se as pressões sistólicas ou diastólicas forem de estágios diferentes, o seguimento recomendado deve ser definido pelo maior nível de pressão.*

*** *Considerar intervenção de acordo com a situação clínica do paciente (fatores de risco maiores, doenças associadas e lesão em órgãos-alvo).*

MAPA: monitorização ambulatorial da pressão arterial; MRPA: monitorização residencial da pressão arterial.

RESPOSTA HIPERTENSIVA AO ESFORÇO FÍSICO
Resumo da Revista Ciência e Consciência, 2006

LAMP, César Ricardo¹; MOREIRA, Veridiana Mota¹.

O interesse da população geral pela prática regular de exercícios vem crescendo consideravelmente, devido à correlação direta observada entre sedentarismo e incidência de doença coronariana. Durante o exercício, ocorre aumento gradativo e linear na pressão arterial sistólica (PAS) proporcional à intensidade do exercício. Já a pressão arterial diastólica (PAD), durante exercício progressivo máximo, permanece com os mesmos níveis de repouso ou pode apresentar leve aumento em algumas pessoas. Esse comportamento da pressão arterial (PA) é observado tanto em indivíduos treinados quanto em inativos fisicamente. Os mecanismos que norteiam essa resposta cardiovascular durante o exercício parecem estar relacionados às mudanças eferentes simpáticas e parassimpáticas sobre o sistema cardiovascular desencadeadas, em um primeiro momento, por uma ação direta do comando central e, em um segundo, pelo estímulo que a contração muscular desencadeia na aferências nervosas na musculatura esquelética em que, reflexamente, ergorreceptores mecânicos levam as alterações cardiovasculares. Esta investigação bibliográfica teve por objetivo descrever a resposta hipertensiva observada durante a realização de um teste ergométrico (TE) bem como constatar a hipertensão reativa a PAD que ocorre em indivíduos normotensos nas condições de repouso. O ideal para avaliação da hipertensão arterial sistêmica no TE é a comparação da PAS e da PAD do paciente com as curvas descritas pelas médias mais dois desvios padrão dos valores de indivíduos normais, normotensos, sedentários, hígidos, com medidas da pressão a cada minuto, segundo idade, sexo, raça e carga de esforço. Tem sido demonstrado que a eliminação da resposta hipertensiva durante o TE é uma medida de fundamental importância, pois diminuirá o risco de maior severidade da HAS e a incidência de eventos cardiovasculares, como angina de peito, infarto do miocárdio, acidente vascular cerebral e morte súbita. A PA é um dos principais elementos para avaliação indireta da resposta inotrópica do coração em relação ao esforço, conjuntamente ao grau de tolerância ao exercício. Em condições normais, durante o TE, a PAS aumenta com a intensidade crescente do trabalho aplicado (em geral até 220 mmHg) e a PAD mantém-se constante ou oscila cerca de 10 mmHg. Conceitua-se hipertensão reativa ao esforço com o achado de valores de PAS > 220 mmHg e/ou elevação de 15 mmHg ou mais de PAD, partindo de valores normais de pressão em estado de repouso. Sugere-se que indivíduos que apresentam resposta hiperreativa frente ao esforço têm probabilidade até cinco vezes maior de se tornarem hipertensos, em relação aqueles com curvas normais de pressão arterial. Há controvérsia quanto ao papel do teste de esforço na avaliação da resposta pressórica ao esforço. Alguns autores mostram que, em normotensos, ocorre aumento exagerado de PAS e PAD durante exercício; o pico de PAS maior que 214 mm/Hg, e/ou elevada resposta da PAS e PAD até o terceiro minuto da fase de recuperação estariam associados, em longo prazo, com maior risco de desenvolvimento de hipertensão arterial. Ainda não há consenso sobre os valores normais de variação da PA durante a atividade.

Pressão Arterial – Fisiologia do Exercício
Profº César Ricardo Lamp

Entretanto, sugere-se que diferenças devem ser definidas para a idade, sexo e etnias.

1. Professores do Curso de Educação Física (CEULJI/ULBRA) –
edufisicajp@ulbra.br
APOIO: Laboratório de Biodinâmica (CEULJI/ULBRA).