

# **ADAPTAÇÕES DO SISTEMA CARDIORRESPIRATÓRIO**

## SUMÁRIO

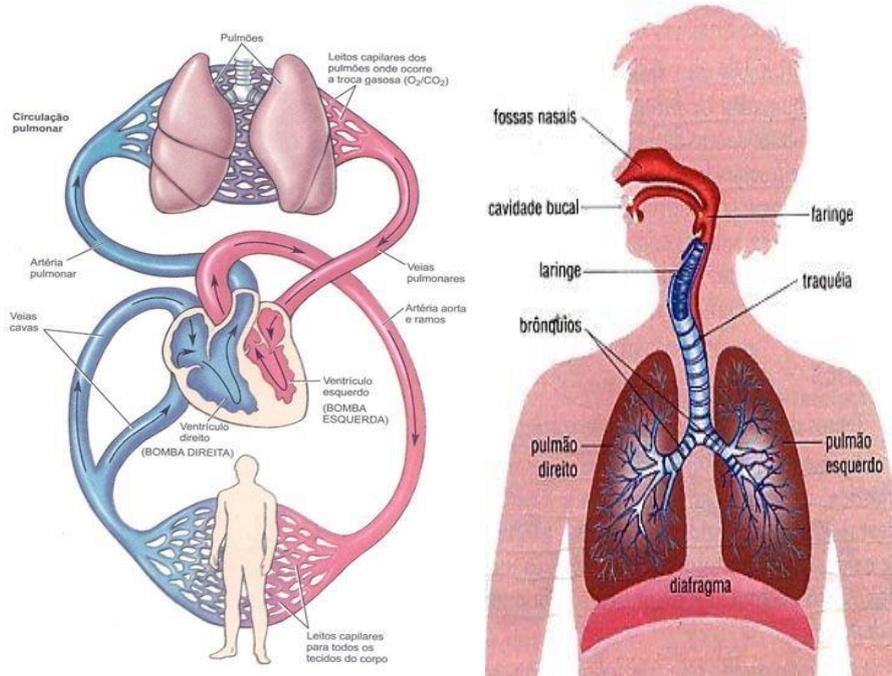
ESTRUTURA E FUNCIONAMENTO DO SISTEMA CARDIORRESPIRATÓRIO.....	2
Pressão arterial.....	4
Respostas aguda e crônica da pressão arterial ao exercício físico .....	6
Frequência Cardíaca (FC).....	9
Resposta aguda e crônica da frequência cardíaca ao exercício físico .....	10
Duplo Produto (DP).....	11
Resposta aguda e crônica do duplo produto ao exercício físico .....	13
Respostas cardiovasculares ao exercício aeróbio e anaeróbio .....	14
Exercícios resistidos .....	16
Exercício resistido e respostas cardiovasculares .....	17
ADAPTAÇÕES AO EXERCÍCIO FÍSICO .....	26
BOM PARA O CORAÇÃO E PARA OS PULMÕES .....	27
Discussão .....	28
Referências.....	30

## **ESTRUTURA E FUNCIONAMENTO DO SISTEMA CARDIORRESPIRATÓRIO**

O coração funciona como uma “bomba” natural, impulsionando o sangue arterial (rico em  $O_2$ ) e sangue venoso (rico em  $CO_2$ ) por todo o corpo. Durante o exercício físico, a demanda de oxigênio pode ser entre 15 a 25 vezes maior do que ocorre quando o indivíduo está em repouso. E o principal objetivo do sistema cardiorrespiratório é fornecer  $O_2$  em quantidades suficientes e retirar produtos de degradação dos tecidos e organismos como o  $CO_2$ .

O coração constitui-se de quatro cavidades, sendo dois átrios e dois ventrículos que armazenam o sangue que será bombeado; duas válvulas chamadas de bicúspide e tricúspide que ligam os átrios aos ventrículos, trabalhando a partir de um ritmo, se fechando e abrindo para a passagem do sangue pelo coração.

Para que o sangue seja transportado por todas as regiões do corpo, as paredes do coração contraem-se e relaxam-se. Esses movimentos são chamados de sístole e diástole, respectivamente. A conexão entre o coração e pulmão no transporte do oxigênio e gás carbônico através do sangue chama-se de pequena circulação ou circulação pulmonar. Para o coração bombear o sangue arterial e receber de volta o sangue venoso pelos vasos (artérias e veias) é chamada de grande circulação ou circulação sistêmica.



Os pulmões ficam no interior da caixa torácica, delimitada anteriormente pelo esterno, posteriormente pela coluna vertebral, lateralmente é circundado pelas costelas e é fechado inferiormente pelo diafragma.

O pulmão é uma estrutura bastante elástica que recebe o oxigênio vindo da inspiração, expulsando o gás carbônico pela expiração, armazenando e realizando as trocas gasosas em pequenas estruturas semelhantes a bolsas, chamadas de alvéolos pulmonares.

Para que oxigênio chegue até os pulmões, o corpo dispõe de um sistema respiratório composto pelo nariz, faringe, laringe, traqueia brônquios, bronquíolos e alvéolos pulmonares. Essas estruturas são responsáveis por fazer com que o oxigênio chegue até os pulmões pela inspiração e elimine o gás carbônico pela expiração.

### **Pressão arterial**

A pressão arterial (PA) é a força exercida contra a parede das artérias, sendo determinada pela quantidade de sangue bombeado e pela resistência do fluxo sanguíneo. O valor mais alto da PA é denominado de pressão sistólica (PAS) e ocorre durante a contração ventricular esquerda (sístole). O valor mais baixo é a pressão diastólica (PAD) e ocorre durante o relaxamento do ciclo cardíaco (diástole), indicando a resistência periférica. Guyton e Hall (2002) relatam que a resistência periférica é definida como a dificuldade do sangue fluir dentro dos vasos sanguíneos. Ambas são expressas em mmHg (milímetros de mercúrio). A pressão arterial é habitualmente menor em mulheres (McARDLE; KATCH e KATCH, 2003; POWERS e HOWLEY, 2000).

Segundo a VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão (2010) a PA e seus limites são arbitrários. Os valores de classificação da PA em indivíduos acima de 18 anos são os seguintes: Ótima PAS < 120 e PAD < 80; Normal PAS < 130 e PAD < 80; Limítrofe < 130-139 e PAD < 80-85; Hipertensão estágio 1 PAS < 140-159 e PAD < 90-99; Hipertensão estágio 2 PAS < 160-179 e PAD 100-109; Hipertensão estágio 3 PAS  $\geq$  180 e PAD  $\geq$  110 e Hipertensão sistólica isolada PAS  $\geq$  140 e PAD < 90.

Durante várias décadas o rim foi considerado o principal regulador da PA há longo prazo e o sistema nervoso autônomo era responsável somente pela regulação em curto prazo (SALGADO et al., 2011).

O sistema rim e líquidos para o controle da PA é o seguinte: a PA e o volume sanguíneo se elevam por causa da grande quantidade de líquido extracelular. Este aumento promove a excreção do líquido extracelular, controlando a pressão. Ainda nessa linha de pensamento, o sistema renina – angiotensina é outro mecanismo potente para controlar a pressão. A liberação da renina pelos rins ocorre quando a pressão diminui para níveis muito baixos, desencadeando várias reações que

sintetizam os peptídeos Angiotensina I e Angiotensina II. Uma vez liberados estes peptídeos tem a função de aumentar a PA por meio da sua potente ação vasoconstritora (GUYTON e HALL, 2006).

Para Powers e Howley (2000), alguns fatores podem influenciar o aumento da PA, como: aumento do volume sanguíneo, elevação da FC, aumento do volume de ejeção, aumento da viscosidade sanguínea e aumento da resistência periférica. McArdle; Katch e Katch (2003) determina que um dos possíveis fatores da sobrecarga crônica do sistema cardiovascular é a PA anormalmente elevada.

A hipertensão arterial é classificada em dois tipos: primária ou hipertensão essencial e a hipertensão secundária. A causa da hipertensão primária é desconhecida e a hipertensão secundária decorre de alguma patologia conhecida, portanto é secundária a outra doença (POWERS E HOWLEY, 2000). Dados World Health Organization (2010) relatam que de 1980 até 2008 o número de indivíduos hipertensos pulou de 600 milhões para quase 1 bilhão.

Considerando que a PA é um indicativo fidedigno de saúde no que se refere ao sistema cardiovascular, salienta-se que o treinamento com pesos possa oferecer respostas fisiológicas e morfológicas benéficas a PA após o exercício. Esse efeito pode ser comprovado em algumas pesquisas (POLITO et al., 2003; SIMÃO et al., 2005).

### **Respostas aguda e crônica da pressão arterial ao exercício físico**

Várias sessões de exercícios provocam adaptações crônicas que podem ser chamadas de respostas ao treinamento físico (HAMER, 2006).

Os estudos realizados acerca da hipotensão pós-exercício (HPE) não são recentes. Hill (1897) enfatiza que em 1987 ficou constatada a redução da PA durante

30 minutos, após uma corrida rápida e curta de 360 metros. Através do avanço do conhecimento nas últimas décadas, pode-se afirmar que após a realização de uma sessão de exercício físico dinâmico a pressão arterial reduz e permanece abaixo dos níveis aferidos antes da sessão de exercícios (LATERZA, RONDON e NEGRÃO, 2007) o que faz com que a prática regular de exercício físico seja recomendada por profissionais da saúde para controle da PA e em alguns casos dispensando a utilização de medicamentos (LATERZA et al., 2008).

Esse efeito hipotensor se mostra como uma adaptação dos mecanismos do sistema nervoso (retirada simpática e reatividade vagal), da sensibilidade aos barorreflexores e do aumento do óxido nítrico (HALLIWILL JR., 2001, e REZK et al., 2006). De acordo com Laterza, Rondon e Negrão (2007), a duração da HPE deve ser observado na condição de repouso antes de iniciar o exercício físico, no qual o nível pressórico pode estar diretamente relacionado à variação dessa hipotensão. MacDonald et al. (2000), dizem que a literatura observa uma melhor eficácia do efeito hipotensor agudo durante o repouso após a execução de exercícios predominantemente aeróbios.

Polito e Farinnati (2006) relatam que o aumento de forma aguda ou imediata da PA durante o exercício é controlado pelo sistema nervoso simpático sendo diretamente proporcional ao aumento da FC, volume de ejeção sanguíneo e também da resistência periférica.

Segundo McArdle; Katch e Katch (2003, p.327) “a resposta da PA ao exercício varia com a modalidade do exercício”. Forjaz et al. (1998) constatam que durante a prática com exercícios dinâmicos há uma elevação da PAS e manutenção ou diminuição da PAD. Corroborando Polito e Farinatti (2003) afirmam que existe um aumento da velocidade de deslocamento do sangue para os grupamentos

musculares mais solicitados e também uma elevação na diferença da pressão sanguínea na aorta e no átrio direito.

O número de séries, número de repetições e a quantidade de exercícios feitos, estão diretamente relacionados ao volume do exercício. Sendo possível estimar que em períodos de monitorização próximos há 60min, o exercício resistido proporcionará diminuição da PA em indivíduos hipertensos e normotensos (POLITO e FARINATTI, 2006).

Assim, diversos estudos observaram efeito hipotensor agudo após a realização de um programa de treinamento resistido a partir de 30 minutos quando comparado ao repouso (MAIOR AS, ALVES CI, FERRAZ FM, et al., 2007a; MAIOR AS, AZEVEDO M, BERTON D, et al., 2007b). Outro estudo mostra que essa resposta hipotensora pós-esforço acontece a partir de 10 minutos em indivíduos normotensos (POLITO et al., 2003). Entretanto, em indivíduos hipertensos, a hipotensão pós-esforço foi observada a partir de 40 minutos (MEDIANO et al., 2005).

As respostas ao treinamento físico envolvendo a pressão arterial sistêmica são prolongamentos das adaptações subagudas que seguem rigorosamente todas as modificações fisiológicas relacionadas às mesmas. Dessa forma a hipotensão crônica é o resultado das adaptações pós-exercício a partir da prática regular e sistematizada do mesmo (BRUM et al., 2004; GUIDARINI et al., 2013).

O treinamento através de exercícios aeróbios com duração de 60 a 90 minutos por semana por no mínimo 2 meses, é suficiente para adaptar de maneira crônica o sistema cardiovascular de indivíduos com hipertensão arterial leve e moderada, em relação a diminuição dos níveis pressóricos no repouso, entretanto, em normotensos, essa diminuição da PA é mais difícil, podendo ser insignificante (FILHO e CÂMARA, 2006). Polipo e Farinatti (2006) argumentam que o treinamento

contra resistência provoca adaptações crônicas que o treinamento aeróbico nunca havia proporcionado, um exemplo é a solicitação cardiovascular para a execução de uma repetição com uma carga, na qual esta é aumentada em pessoas que treinam a força muscular regularmente.

### **Frequência Cardíaca (FC)**

O coração responde ao exercício físico através do aumento na frequência de suas contrações (ROBERGS e ROBERTS, 2002). Esse aumento decorre do fluxo sensorial proprioceptivo proveniente dos músculos, tendões, cápsula articular e ligamentos que é iniciado no momento da prática da atividade física e segue em direção ao sistema nervoso central (SNC), que interpreta e integra estas informações respondendo adequadamente via sistema nervoso autônomo simpático. Além disso, alguns metabólitos e quimiorreceptores também influenciam as respostas cardiovasculares e respiratórias ao exercício resistido (TORTORA e GRABOWSKI, 2002).

O sistema nervoso autônomo é o principal regulador da FC, na maioria das vezes, as alterações da FC, assimilam uma ação recíproca do sistema simpático e parassimpático: aumento da atividade parassimpática e redução da simpática; e vice-versa (BERNE e LEVY, 2000). As fibras nervosas simpáticas originam na média espinhal e aumentam a FC e a força de bombeamento do coração, já as fibras parassimpáticas originam do nervo vago e tem efeito contrário as simpáticas através da liberação de acetilcolina (GUYTON; HALL, 2002).

Os hormônios epinefrina e norepinefrina, produzidos na medula adrenal afetam as fibras musculares cardíacas de maneira bem semelhante à norepinefrina liberada pelos nervos cardíacos simpáticos aumentando a contratilidade e a FC (TORTORA e GRABOWSKI, 2002).

Tortora e Grabowski (2002) salientam que diversos fatores influenciam no controle da FC, sendo eles: a idade, o sexo, condição física, temperatura corporal além da regulação autonômica e química da mesma.

Algumas alterações na FC podem ser observadas no repouso, durante e após os exercícios. De acordo com Guyton e Hall (2006 p. 147) “o termo “taquicardia” significa frequência cardíaca rápida, geralmente definida, no adulto, como acima de 100 batimentos por minuto.” Ainda segundo eles as causas desse aumento incluem o aumento da temperatura corporal e estimulação do coração pelos nervos simpáticos. “O termo “bradicardia” significa frequência cardíaca lenta, em geral definida como menos de 60 batimentos por minuto” e tem na estimulação vagal uma de suas principais causas (GUYTON e HALL, 2006).

Uma das formas mais simples, práticas e com baixo custo para prescrição e orientação de atividades físicas é a monitorização da FC (MARINS e GIANNICHI, 2003).

### **Resposta aguda e crônica da frequência cardíaca ao exercício físico**

De acordo com Wilmore e Costill (1999) diversos fatores interferem nas respostas imediatas da pulsação ao exercício, dentre eles estão o estado clínico, a posição corporal, as condições ambientais e a volemia. Mudanças nos padrões da variação da FC fornecem um indicador antecipado de comprometimentos na saúde do indivíduo (VANDERLEI, et al. 2009).

A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) está sendo muito utilizada como avaliador do sistema nervoso autônomo, uma vez que esta influencia diretamente na manutenção da homeostase. Seu emprego é variado e é um preditor

das funções intrínsecas do organismo, tanto em condições ditas normais quanto em condições patológicas, permitindo uma avaliação sobre a saúde do indivíduo (VANDERLEI et al., 2009).

Uma das adaptações da FC em resposta ao treinamento físico é a menor resposta taquicárdica durante os exercícios numa mesma intensidade (BRUM et al., 2004). Efeitos crônicos ou adaptações são resultados da exposição regular a sessões de exercício, caracterizando os aspectos morfofuncionais que diferenciam um indivíduo treinado de um sedentário. Como exemplos desses efeitos podemos citar a bradicardia relativa de repouso, hipertrofia ventricular esquerda fisiológica e o aumento do  $VO_2\text{máx}$  (ARAÚJO, 2001).

O termo “bradicardia relativa” é utilizado para explicar uma taxa do coração que, embora não seja exatamente abaixo de 60 bat/min, é considerada lenta para o estado de saúde atual do indivíduo. A hipertrofia ventricular esquerda (HVE) é uma resposta adaptativa do coração às sobrecargas sustentadas de trabalho (BREGAGNOLLO et al, 2005). Powers e Howley (2000) definem o  $VO_2\text{ máx.}$  como uma medida reproduzível da capacidade do sistema cardiovascular de liberar oxigênio ( $O_2$ ) no sistema circulatório, numa considerável musculatura envolvida em um exercício dinâmico podendo ser expresso de forma absoluta ( $l.\text{min}^{-1}$ ) ou de forma relativa á massa corporal total ( $ml. kg^{-1} min^{-1}$ ).

Assim, a resposta crônica da frequência cardíaca após um determinado período de treinamento é visível tanto quando o indivíduo está em repouso, ou até mesmo quando o mesmo está em exercício.

### **Duplo Produto (DP)**

Um bom indicador do trabalho que o miocárdio realiza durante a prática do exercício físico aeróbio ou anaeróbio é o duplo produto (DP) produto frequência - perfusão. Este é um importante recurso para prescrição e monitorização de atividades para indivíduos saudáveis ou que apresentam cardiopatias (POLITO e FARINATTI, 2003b). O treinamento de resistência e os exercícios utilizando os membros superiores produzem respostas acentuadas da FC e da PA aumentando assim o DP, mais do que em membros inferiores (McARDLE; KATCH e KATCH 2003).

As modificações na FC e PAS contribuem igualmente para mudanças no DP. Os valores para o DP variam aproximadamente de 6.000 batimentos por milímetro de mercúrio em repouso (FC= 50 bat/min; PAS= 120 mmHg) a 40.000 batimentos por milímetro de mercúrio ou mais, durante o exercício (FOSS e KETAYIAN, 2000). O comportamento do DP depende da natureza da solicitação, durante a prática da atividade física o DP se eleva (POWERS e HOWLEY, 1997).

No entanto, estudos mostram que os valores do DP nos exercícios com pesos costumam ser menores do que os observados em atividades aeróbias de intensidade moderada. Neste sentido Farinatti e Assis (2000), concluíram que os exercícios dinâmicos contra resistência parecem acarretar menos solicitações cardíacas que exercícios de predominância aeróbia de 75 a 80% da frequência cardíaca de reserva, conforme a estimativa do DP nas atividades.

Segundo Veloso et al (2003) quando há um aumento do DP percebe-se um aumento da FC, débito cardíaco, volume sistólico e raramente elevação acentuada da resistência sistêmica o que proporciona um aumento do trabalho cardiovascular. Esse trabalho cardiovascular pode ser utilizado para prevenção, tratamento e

recuperação de alguns distúrbios localizados no aparelho cardiovascular, dentre eles se destaca a obstrução coronariana (POWERS e HOWLEY, 2000).

Estudos demonstram a redução do DP após os exercícios resistidos devido à diminuição da PAS e da FC de forma aguda (FARINATTI e ASSIS, 2000; BOTELHO et al, 2011; MIRANDA et al,2007).

### **Resposta aguda e crônica do duplo produto ao exercício físico**

De acordo com Lucas e Farinatti (2007), durante o exercício, o DP depende diretamente da variação da FC, débito cardíaco, volume sistólico e em alguns casos da resistência sistêmica.

Devido ao impacto positivo na evolução da FC e da resistência periférica, o treinamento físico promove modificações na captação de oxigênio pelo miocárdio para determinada carga de trabalho durante o esforço (resposta aguda condicionada pelo treino), o que pode ser detectado por uma menor inclinação da curva do DP (POLITO e FARINATTI, 2003a).

Em um estudo Leite e Farinatti (2003), concluíram que a resposta aguda do DP em exercícios resistidos, em diversos grupamentos musculares parecidos, enfatiza a maior sensibilidade do DP ao tempo mais prolongado das contrações e a forma de executar os exercícios de maneira mais localizada.

Os resultados para o DP estão em um padrão parecido ao comportamento da FC e com a realização de exercícios resistidos executados com interrupções, os valores médios da FC são influenciados pela duração dos intervalos de repouso entre as séries dos exercícios e também pelo tempo de atuação da musculatura solicitada.

Portanto o DP pode ser utilizado tanto para prescrição de exercícios aeróbicos, quanto resistidos e o treinamento concorrente (SIMÃO et al., 2003).

Dessa forma após o término do exercício diversas alterações no sistema cardiovascular são observadas conforme o tipo de exercício, duração e magnitude, dentre essas alterações o DP tem bastante importância, porque ele é diretamente proporcional ao aumento da FC e da PAS.

### **Respostas cardiovasculares ao exercício aeróbio e anaeróbio**

Forjaz et al (p. 384, 2010) diz que “as adaptações cardiovasculares causadas pelo exercício aeróbio dinâmico se dão em sua maioria pelo aumento da atividade nervosa simpática e pela redução da parassimpática, que ocorrem principalmente por causa da ativação do comando central e de mecanorreceptores musculares e articulares, essas alterações neurais resultam no aumento da frequência cardíaca, do volume sistólico e, conseqüentemente do débito cardíaco, e ainda, durante a prática de exercício aeróbio ocorre vasodilatação na musculatura ativa provocada, principalmente pela liberação de óxido nítrico, o que promove queda da resistência vascular periférica, dessa forma, durante o exercício aeróbio observa-se aumento da pressão arterial sistólica e manutenção ou queda da pressão arterial diastólica. Todas essas adaptações permitem dizer que o exercício aeróbio caracteriza-se por ser um exercício que promove sobrecarga volumétrica no sistema cardiovascular, ou seja, promove, sobretudo, aumento no fluxo sanguíneo, que resulta no aumento da cavidade da câmara ventricular esquerda (figura 1), promovendo assim hipertrofia ventricular esquerda excêntrica”.

Em contrapartida, durante a prática do exercício anaeróbio, em especial, o treinamento com pesos, a ação mecânica da musculatura promove aumento da pressão intramuscular e comprime os vasos arteriais dentro do músculo ativo. A partir da intensidade de 15% de 1 RM já é possível verificar impedimento progressivo do fluxo sanguíneo muscular e, em intensidades superiores a 70% de 1RM, ocorre à oclusão vascular completa, desta maneira, a saída de metabólitos (lactato, hidrogênio, fosfato, adenosina, potássio, entre outros) produzidos no exercício é impedida, fazendo-os se acumular no músculo, o que estimula os quimiorreceptores musculares e resulta no aumento da atividade nervosa simpática, levando ao aumento da frequência cardíaca e da contratilidade do coração.

Forjaz et al (2010) completa dizendo que neste tipo de modalidade de exercício, em paralelo as ativações neurais, a oclusão do fluxo sanguíneo muscular diminui o retorno venoso e aumenta a pós-carga, o que faz com que o volume sistólico não sofra alterações importantes, podendo até diminuir um pouco, assim, o débito cardíaco aumenta pouco, sobretudo em virtude do aumento da frequência cardíaca. Entretanto, a resistência vascular periférica aumenta expressivamente, provocando grande elevação da pressão arterial tanto sistólica quanto diastólica, dessa maneira, os exercícios do tipo anaeróbio com pesos caracterizam-se por promoverem grande sobrecarga de pressão ao sistema cardiovascular, que resulta em espessamento da parede ventricular esquerda sem diminuição da dimensão interna da cavidade (figura 1), desenvolvendo hipertrofia ventricular esquerda concêntrica (GHORAYEB, 2005).

Oliveira et al (p. 216, 2010) salienta dizendo que “em geral, na maioria dos tipos de exercícios físicos ou programas de condicionamento físico, há uma associação de componentes aeróbios e anaeróbios. Portanto, a hipertrofia fisiológica

que ocorre normalmente é uma combinação de diferentes graus de ambas, hipertrofia concêntrica e excêntrica, levando a hipertrofia cardíaca mista, como a observada em triatletas”.

**Figura** - Efeito do treinamento aeróbio e de força (anaeróbio) sobre a câmara ventricular esquerda



Fonte: WILMORE, J.H.; COSTILL, D.L. Fisiologia do Esporte e do Exercício. 2ª ed. São Paulo: Manole, 2001.

### **Exercícios resistidos**

A definição “exercício resistido” vem sendo comumente utilizada por profissionais da área da saúde, contudo, para os educadores físicos e praticantes os exercícios resistidos são popularmente conhecidos como exercícios com pesos, de força ou musculação, onde são desenvolvidos a partir da contraposição da musculatura alvo, a uma força externa, força essa que pode ser oferecida de forma manual, maquinal, elástica ou a própria massa do corporal (Fojaz et al, 2003).

Os exercícios resistidos são classificados em dinâmico ou isotônico e estático ou isométrico, tais terminologias são relativas à mecânica de execução dos exercícios, ou seja, contração muscular dinâmica é caracterizada por uma contração onde há a produção de tensão no músculo, seguida de movimento articular (FORJAZ

et al, 2010). Em contrapartida, a contração estática ou isométrica, ocorre quando um músculo gera força e tenta encurta-se, mas não consegue superar a resistência externa, sendo assim, gera-se tensão muscular, mas não há movimento articular.

### **Exercício resistido e respostas cardiovasculares**

Os efeitos fisiológicos que o exercício físico causa ao organismo podem ser classificados em agudos imediatos, agudos tardios e crônicos. Carmo et al (2007) apud RIZETTO (2010) definem efeitos agudos como “respostas que acontecem em associação direta com a sessão do exercício físico”, e completam, os efeitos peri e pós-imediato ao exercício, como elevação da frequência cardíaca, da ventilação pulmonar e sudorese, são os efeitos agudos imediatos; enquanto que os efeitos agudos tardios são os que ocorrem ao longo das primeiras 24 ou 48 horas que se seguem a uma sessão de exercício. ”

Os efeitos crônicos resultam da exposição frequente e regular às sessões de exercícios e representam aspectos morfofuncionais que diferenciam um indivíduo fisicamente treinado de outro sedentário, como a bradicardia relativa de repouso, a hipertrofia muscular, a hipertrofia fisiológica do ventrículo esquerdo e o aumento do consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub> máximo) (MARIA; GONGALVES, 2009).

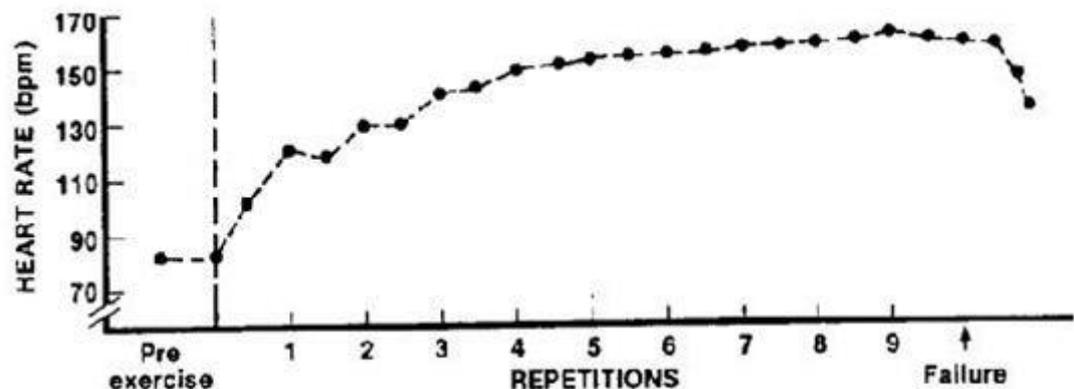
Por vários anos, apenas os exercícios aeróbios eram recomendados e utilizados para a melhora e manutenção da saúde cardiovascular, contudo, até então, os exercícios resistidos eram ignorados quando a preocupação estava voltada para o sistema cardiovascular (FORJAZ et al, 2010.).

A prática de ER tem sido recomendada, portanto, como um aspecto primordial para a melhora da aptidão física e funcional, além de apresentar efeito

positivo na prevenção de diversas patologias, inclusive as doenças crônicas degenerativas não transmissíveis e de manutenção do potencial funcional de sujeitos em reabilitação cardíaca (CAMARA; MIRANDA; VELARDI, 2010).

O conhecimento a cerca do exercício resistido e as respostas cardiovasculares ainda foram pouco estudadas, contudo, os estudos existentes verificaram que à medida que as repetições se sucedem ao longo de uma série de exercício, a frequência cardíaca (Figura 2) e as pressões arteriais sistólica e diastólica (Figura 3) aumentam progressivamente, atingindo os valores mais altos nas ultimas repetições (FORJAZ et al 2010; CASTINHEIRAS NETO; COSTA FILHO; FARINATTI, 2010; NERY, 2005).

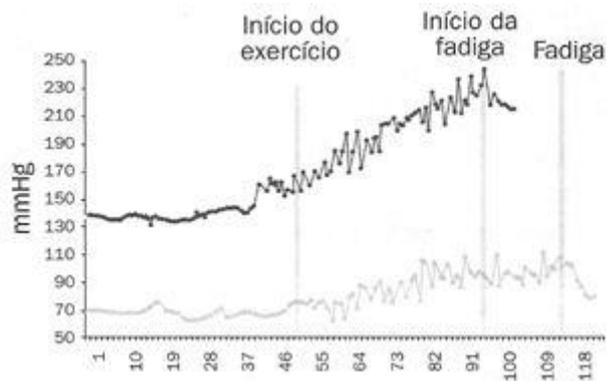
**Figura 2.** Respostas da frequência cardíaca medida durante uma única sessão de leg press realizado a 95% de um RM até fadiga concêntrica da musculatura



Fonte: MacDOUGALL, J.D., TUXEN, D., SALE, D.G., MOROZ, J.R., SUTTON, J.R.

Arterial pressure response to heavy resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*, v.58, n.3, p.785-790, 1985.

**Figura 3.** Pressão arterial sistólica (círculos) e diastólica (triângulos) medidas na artéria radial durante uma série do exercício de extensão de pernas em 40% de uma repetição máxima (1 RM) executada até a exaustão



Fonte: NEGRÃO, C.E. (Edit.) BARRETO, A.C.P. (Edit.); *Cardiologia do Exercício: Do atleta ao cardiopata*. 3.ed. Barueri, SP: Manole, 2010. 385p.

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. Em estudo conduzido por MacDougall et al (1985) com fisiculturista encontrou-se valores exacerbados como 480 mmHg para sistólica e 350 mmHg para diastólica. Nesse sentido, é importante salientar que esses picos pressóricos constituem grande risco de acidente vascular cerebral por rompimentos de aneurismas pré-existent (DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, 1997). Aumentos expressivos como encontrado por MacDougall et al (1985) podem ser explicados principalmente pela oclusão dos vasos sanguíneos na musculatura ativa devido à contração muscular com componente isométrico bastante presente, e, em alguns casos, pela resposta quimiorreceptora proveniente do acúmulo de metabólito, e ainda, pela manobra de Valsalva, que em intensidades altas se torna inevitável. Em relação à amostra, composta por atletas, é possível observar algumas peculiaridades. Esses atletas possuem uma alta relação de força com relação à carga máxima, frequentemente fazem uso de drogas anabolizantes, fatos que

limitam a generalização desses resultados a outras populações (HAYKOWSKY ET AL, 2001 apud CAMARA, MIRANDA, VELARDI, 2010).

A exemplo desse clássico estudo, outros também relataram os valores de PA durante o exercício resistido, entretanto com respostas diferenciadas. Para que se possam compreender divergências entre valores das pressões artérias sistólica e diastólica encontradas por diversos estudiosos, tais como Fleck et al (1987), Harris et al (1987), MacDougall et al (1985), Nery (2005), se observou os fatores envolvidos nos protocolos (figuras 5 e 7). O método de aferição da pressão arterial, a intensidade do exercício, o fato de se atingir a fadiga concêntrica e a massa muscular envolvida no exercício, o número de séries, o intervalo entre as mesmas e o número de repetições, são alguns deles. Em relação à técnica de medida da pressão arterial pode-se utilizar o método direto ou indireto. 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, contudo, dentre os métodos indiretos, destacam-se o fotoplestímetrográfico (*Finapres*) e o auscultatório, poucos são os estudos comparativos entre esses procedimentos de medida durante o exercício resistido, a ênfase sendo maior em atividades aeróbias e no repouso (POLITO; FARINATTI,2002).

Em estudo de Wiecek et al (1990) apud Forjaz (2010,p. 387) verificou-se “que a medida auscultatória da pressão arterial no membro inativo durante o exercício resistido subestima os valores intra-arteriais sistólicos em aproximadamente 13%, e a medida imediatamente após a finalização do exercício, subestima-os em mais de 30%. Dessa forma, a medida indireta auscultatória não é válida nessa situação e, por esse motivo, não deve ser utilizada na prática clínica para fins diagnósticos”.

Ao que condiz ao efeito da intensidade, as respostas hemodinâmicas durante o exercício resistido podem se assemelhar àquelas ocorridas em contrações dinâmicas ou isométricas (estáticas). Portanto, em esforços realizados com cargas leves verificam-se aumento da frequência cardíaca (FC), pressão arterial sistólica (PAS), volume sistólico e débito cardíaco (DC), ao passo que, quando da utilização de cargas altas, observa-se também aumento na pressão arterial diastólica (PAD) (UMPIERRE, STEIN, 2007). Forjaz et al (2010) disserta ainda que para uma mesma quantidade de repetições, quanto maior for a intensidade, maior será o aumento da pressão arterial e da frequência cardíaca, contudo, se exercícios de diferentes intensidades forem realizados até a fadiga concêntrica, o mesmo valor máximo de pressão arterial será atingido.

Forjaz et al (p. 387, 2010) “ressalta ainda que desta forma as respostas cardiovasculares nesse tipo de exercício dependem tanto da intensidade quanto do número de repetições e, principalmente, de a fadiga concêntrica ser atingida ou não”.

Outro fator que pode influenciar nas respostas cardiovasculares é a massa muscular envolvida no exercício, Forjaz et al (2010) propõem que com a mesma intensidade e o mesmo número de repetições, o exercício com maior massa muscular envolvida produz aumento significativo da pressão arterial e da frequência cardíaca. Em um estudo de Leite e Farinatti (2003) foi relatado que nos exercícios de 12 RM para a musculatura posterior de coxa, tríceps e bíceps braquial apresentaram FC e PAS semelhantes, enquanto nos exercícios para a musculatura do quadríceps esses valores foram diferentes. Na extensão de joelhos os valores de e FC foram 10% maiores que no leg press. Isso mostra que o tipo de exercício, para um mesmo grupo muscular pode influenciar as variáveis DP, FC e PAS. Contudo, em estudo realizado por D' Assunção et al (2007) onde procurou analisar as respostas

cardiovasculares agudas em treinamento para pequenos e grandes grupamentos musculares, conclui-se que a massa muscular envolvida não influenciou as respostas cardiovasculares agudas em normotensos treinados.

Além das características mecânicas/executáveis do exercício, alguns estudiosos procuraram identificar a relação que a manobra de Valsalva (UMPIERRE; STEIN, 2007), e se diferentes padrões de respiração (MORAES ET AL;2009), poderiam interferir nas respostas cardiovasculares a este tipo de exercício, é válido ressaltar que a manobra de Valsalva é inevitável em exercícios com intensidade igual ou superior a 80% de 1 RM, como relata Forjaz et al 2010. Contudo, não se encontrou alterações consideráveis das respostas cardiovasculares a tais padrões de respiração. Porém, em um estudo realizado por Yang et al (2010) coletou a informação de um caso de ruptura do diafragma em uma mulher, tal lesão é esclarecida devido à prática de aulas de pilates (YANG et al, 2010), prática esta que é caracterizada por exigir muito do sistema respiratório, e ainda por ser compostas também de exercícios essencialmente estáticos ou isométricos, desta forma, a manobra de Valsalva torna-se inevitável.

È interessante observar que, frequentemente, os exercícios resistidos são executados em várias séries consecutivas intercaladas por períodos variáveis de pausa. Entretanto, em pessoas com doenças cardiovasculares, como cardiopatas (UMPIERRE, STEIN, 2007) e hipertensos (NERY, 2010), a pausa curta não permite uma recuperação completa da pressão arterial sistólica, fazendo com que seu acréscimo nas séries subsequentes seja ainda maior (NERY, 2005). A Figura 5 (abaixo) mostra uma tabela que reúne estudos realizados com diversas populações e metodologias de trabalhos nessa área, também é possível observar os diferentes valores de PA.

**Figura 4.** Tabela que dispõem que estudos contendo autores, populações, intensidade (% 1RM), método de medida da PA, e resultado das pressões arteriais sistólica e a diastólica

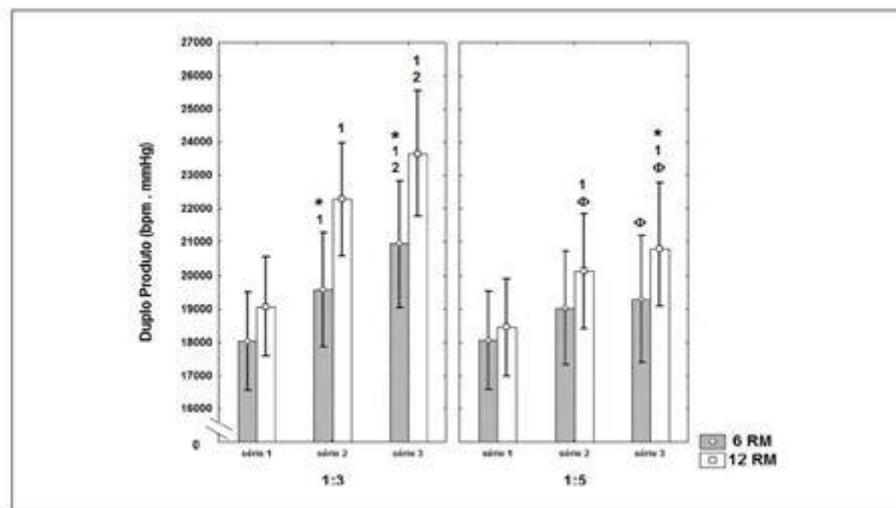
<b>Autores</b>	<b>População</b>	<b>Intensidade (% de 1RM)</b>	<b>Método de medida</b>	<b>PAS/PAC (mmHg)</b>
Lamotte et.al.,2005	Cardiopatas	40 e 70	Indireto	213
Lentini et.al.,1993	Saudáveis	95	Direto	270/183
MacDougall et.al.,1992	Saudáveis	80 e 90	Direto	343/235
Wiecek et.al.,1990	Cardiopatas	40 a 60	Direto	249/152
Haslam et.al.,1988	Cardiopatas	40 a 80	Direto	215/124
Harris e Holly,1987	Hipertensos estágio I	40 a 60	Indireto	155/91
MacDougall et.al.,1985	Atletas	80 a 100	Direto	320/250
Wescott e Howers,1983	Saudáveis	40 a 80	Indireto	165/75

Fonte: NERY, S, S. Pressão arterial de hipertensos estágio I durante diferentes intensidades de exercício resistido. São Paulo, 2005. Dissertação (mestrado), Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo.

A FC e PA indicam uma variável que representa consumo de oxigênio miocárdico (MVO<sub>2</sub>), ou seja, o trabalho do coração durante esforços físicos contínuos, chamado de duplo produto (DP) e obtêm seu valor pela multiplicação da frequência cardíaca pela pressão arterial sistólica. Nesse sentido, são ainda mais raros os estudos que avaliaram o DP e a prática de exercícios resistidos, mas esse se comporta diretamente proporcional as respostas de FC e PA, suscetível a alterações de acordo com a intensidade do exercício e grupo muscular utilizado (RIZZETTO, 2010). Como dito, tão pouco são estudos que procuram investigar as respostas do DP mediante a prática de exercícios resistidos, para tanto, em estudo de Castinheiras Neto, Cotas Filho e Farinatti (2010) podemos conferir o comportamento do DP ao estresse do treinamento resistido (Figura 6).

**Figura 5.** Duplo-produto para três séries do leg press executado com 6 e 12 RM e diferentes intervalos de recuperação entre séries (1:3 e 1:5).

Os algarismos indicam diferença significativa em relação à série indicada ( $p < 0,05$ ), \* diferença significativa em relação a 12 RM para uma dada série ( $p < 0,05$ ) e  $\Phi$  diferença significativa em relação ao intervalo de recuperação para uma dada série ( $p < 0,05$ ). As barras representam intervalos de confiança para 95%.



Fonte: CASTINHEIRAS NETO, A.G. COSTA FILHO, I.R. FARINATTI, P.T.V.

Respostas cardiovasculares ao exercício resistido são afetadas pela carga e intervalos entre séries. Arq. Bras. Cardiol., São Paulo, v.95, n.4,Out/ 2010

Outro fenômeno importante no estudo das respostas cardiovasculares ao exercício resistido e que ajuda a compreender o evento de forma mais completa, é a análise das pressões arteriais sistólica e diastólica após a realização de exercícios resistidos.

A Figura 6 apresenta uma tabela com os resultados de estudos já existentes, onde, podemos comparar resultados sobre as pressões arteriais sistólica e diastólica pós exercício resistido.

**Figura 6.** Comportamento da pressão arterial após o exercício contra resistência. Treinados = indivíduos que estavam praticando treinamento contra

resistência há mais de seis meses; ativos = indivíduos que praticavam outras atividades físicas ou que estavam iniciando a prática do treinamento contra resistência; sedentários = indivíduos que não estavam engajados em qualquer programa de atividades físicas; a idade foi aproximada; N = número total de sujeitos; M = masculino; F = feminino; RM = repetição máxima; rep = repetições; PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; NS = resultados não significativos.

**TABELA 2**  
Comportamento da pressão arterial após o exercício contra-resistência

Estudo	Amostra	N	Sexo	Monitorização pós-exercício	Número de exercícios	Séries	Repetições	Intensidade	Resultados
Roltsch <i>et al.</i> <sup>(24)</sup>	Normotensos treinados (23 ± 2 anos), sedentários (20 ± 2 anos) e treinados aerobiamente (24 ± 3 anos)	36	M e F	24h	12	2	8-12	Maxima (8-12RM)	NS
Bermudes <i>et al.</i> <sup>(25)</sup>	Normotensos sedentários (44 ± 1 anos)	25	M	24h	10 (circuito)	3	20-35	40% 1RM	NS
O'Connor <i>et al.</i> <sup>(26)</sup>	Normotensas ativas (23 ± 4 anos)	14	F	120 min	6	3	10	40, 60 e 80% 10RM	PAS mais elevada após 1 e 15 min da intensidade de 80% e após 1 min da intensidade de 60%
Hill <i>et al.</i> <sup>(27)</sup>	Normotensos treinados (22-33 anos)	6	M	60 min	4 (circuito)	3	Maximas	70% 1RM	Redução para a PAD nos 60 min.
Polito <i>et al.</i> <sup>(28)</sup>	Normotensos treinados (M = 20 ± 1 anos; F = 21 ± 5 anos)	16	M e F	60 min	6	3	6 e 12	Maxima (6RM) e 50% 6RM (12)	Sequência de 6RM: redução na PAS nos 60 min Sequência com 50% 6RM: redução na PAS até 40 min e na PAD até 10 min.

Fonte: POLITO, M.D.; FARINATTI, P.T.V. Comportamento da pressão arterial após exercícios contra-resistência: uma revisão sistemática sobre variáveis determinantes e possíveis mecanismos. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, Niterói, Vol. 12, nº 6 - Nov/ Dez, 2006.

## ADAPTAÇÕES AO EXERCÍCIO FÍSICO

Para haver quantidades de oxigênio suficiente para os músculos realizarem os exercícios físicos, devem ocorrer dois ajustes no fluxo sanguíneo:

- Um aumento do débito cardíaco, isto é um aumento da quantidade de sangue bombeado pelo coração por minuto.
- A redistribuição do sangue dos órgãos inativos na hora do exercício (Fígado, baço, rins) para os músculos esqueléticos ativos.

No entanto, alguns órgãos como o cérebro não podem ter o seu suprimento de oxigênio diminuído durante os exercícios, para isso deve haver uma manutenção da pressão arterial.

**CORAÇÃO:** A primeira alteração corresponde ao aumento da quantidade de sangue bombeado pelo coração para o aparelho vascular. Em repouso, a quantidade de sangue impulsionada por minuto pelo coração, ou débito cardíaco, ronda os 5L, enquanto que durante um exercício físico pode atingir os 10 ou 20L. O débito cardíaco é originado pela quantidade de sangue expulso pelo ventrículo esquerdo durante cada contração, e pela frequência cardíaca, ou seja, a quantidade de batimentos cardíacos por minuto. Dado que o coração das pessoas de forte constituição física costuma ser mais volumoso e forte, a contração do músculo cardíaco será mais eficiente, para ejetar a mesma quantidade de sangue de uma pessoa com baixa aptidão física, reduzindo a frequência cardíaca. Por outro lado, entre as pessoas menos fortes fisicamente, este processo é fundamentalmente provocado por um aumento da frequência cardíaca, que nestes casos podem chegar aos 90 ou 100 batimentos por minuto, enquanto que em repouso situa-se entre os 70 e os 80 batimentos.

**PRESSÃO ARTERIAL:** O sangue exerce pressão em todo o sistema vascular, mas está bem maior nas artérias. Pressão arterial é a força exercida pelo sangue contra as paredes das artérias, determinada pela quantidade de sangue que sai do coração e pela resistência dos vasos ao fluxo sanguíneo.

PA normal de um homem adulto – 120/80 mmHg.

PA normal de uma mulher adulta – 110/70 mmHg.

O valor mais alto corresponde a pressão sistólica e o mais baixo a pressão diastólica.

**VIAS RESPIRATÓRIAS:** Outra parte importante da adaptação cardiorrespiratória ao exercício físico corresponde às vias respiratórias, que também alteram o seu funcionamento de forma a garantirem uma maior entrada de oxigênio para os pulmões e uma maior eliminação de gás carbônico na expiração, potencializando a frequência respiratória e as trocas gasosas nos alvéolos pulmonares.

## **BOM PARA O CORAÇÃO E PARA OS PULMÕES**

A adaptação efetuada pelo aparelho cardiovascular ao exercício físico é, a médio e longo prazo, benéfica para melhorar o rendimento do coração e dos pulmões e para prevenir, e até mesmo tratar, alguns problemas graves que possam afetar estes órgãos. De qualquer forma, os benefícios apenas são eficazes quando o exercício físico realizado é de resistência e é efetuado de forma regular, moderada e progressiva.

Entre todos estes benefícios, o mais importante é a contribuição do exercício físico para a prevenção da doença coronária, uma doença provocada pela obstrução

das artérias que irrigam o coração e a consequente falta de oxigênio neste órgão. De fato, quando o músculo cardíaco é submetido a um esforço regular, moderado e progressivo, o coração – à semelhança dos músculos esqueléticos – responde, aumentando a sua força, potência e volume, produzindo novas artérias, de modo a ampliar o seu próprio transporte de oxigênio e, conseqüentemente o seu rendimento. Este mecanismo de adaptação é extremamente importante para prevenir doenças nas artérias coronárias (vasos que irrigam o coração), já que um coração adequadamente treinado tem menos possibilidades de obstrução das suas artérias. Por outro lado, a prática de exercício físico é muito recomendável para corrigir ou diminuir o efeito de outros fatores de risco graves da doença coronária, pois aumenta a concentração do colesterol bom no sangue, diminui a viscosidade sanguínea, contribui para uma significativa perda de peso nas pessoas com excesso de peso e pode facilitar o abandono ao tabagismo.

Relativamente ao aparelho respiratório, a prática de exercícios físicos de resistência melhora consideravelmente a capacidade pulmonar e contribui para a prevenção e tratamento de vários problemas em que já se tenha um grau de insuficiência respiratória, como por exemplo, em caso de bronquite crônica, asma e enfisema pulmonar.

## **Discussão**

Diversos estudos e posicionamentos têm sido publicados nos últimos anos, mostrando que, ao contrário do que se pensava, as respostas cardiovasculares ao exercício resistido geralmente são seguras em diversas populações distintas (CAMARA et al, 2010.), tais como: jovens (POLITO; FARINATTI, 2003; FARINATTI;

ASSIS, 2005), atletas (FISMAN et al, 2001.) e coronarianos (KARLSDOTTIR et al, 2002; MCCARTNEY, 1999). Entretanto, esse trabalho revisou a maioria dos estudos nesse assunto e contempla as grandes dificuldades em estabelecer as mudanças cardiovasculares provocadas durante sua execução e destaca a necessidade de esmiuçar suas características para ser prescrito com segurança. Como já referido, Polito et al (2006) observa que algumas variáveis do treinamento contra-resistência estão diretamente associadas ao aumento das respostas cardiovasculares, principalmente da pressão arterial (PA), como número de séries, intervalo de recuperação, carga mobilizada em pessoas cardiopatas, tipos de exercícios e massa muscular envolvida. Em concordância com essas observações, o trabalho de Nery (2005), conclui que os exercícios resistidos de baixa ou alta intensidade promovem aumentos semelhantes na PA, com valores mais altos nas repetições finais. Esse mesmo trabalho recomenda que a série deve ser encerrada antes da exaustão, tendo como segurança a fadiga, identificada pela diminuição da velocidade concêntrica. Ainda, sugere aumentar o tempo de intervalo entre as mesmas, mesmo em exercícios resistidos de baixa intensidade (40% 1RM).

Em relação ao duplo produto (DP), o trabalho de Castinheiras, Costa Filho e Farinatti (2010) mostra que o intervalo mais longo entre as séries, auxilia em um duplo produto menor, e ainda assim, os encontrados nesse trabalho são relativamente altos. Além disso, acreditava-se que o DP pudesse ser menor nesses exercícios em relação aos valores encontrados nos exercícios aeróbios, justificados por um aumento menor de FC, entretanto o trabalho de MacDougall, et al. (1985) mostrou FC de 170 bpm, nas últimas repetições. Sem dúvida, o estudo de MacDougall et al (1985), apresentou valores pressóricos extremamente elevados em fisiculturistas que realizavam exercício de leg press com 95% da carga máxima. Na

figura 4, os trabalhos relacionados mostram variados protocolos de intensidade e populações estudadas, bem como diversos valores de PA atingidos nesses exercícios, porém a PA sofre grandes aumentos em todos os trabalhos.

Por essas colocações, uma supervisão mais próxima das respostas cardiovasculares ao exercício resistido é importante, principalmente para pessoas que possuem alguma limitação cardiovascular. As medidas e instrumentos utilizados em pesquisas com exercícios resistidos precisam ser validados, principalmente nas respostas cardiovasculares agudas.

## Referências

- BRUM, P. C; FORJAZ, C. L. M; TINUCCI, T; NEGRAO, C. E. Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular. *Rev. paul. Educ. Fís.*, São Paulo, v.18, p.21-31, ago. 2004.
- CAMARA, F. M; MIRANDA, M. L. J; VELARDI, M. Respostas cardiovasculares agudas em exercício resistido: implicações para prescrição de exercício. *Movimento & Percepção*, Espírito Santo do Pinhal, SP, v. 11, n. 16, jan./abr. 2010.
- CARMO, A. C.; et al. Monitorização da pressão arterial sistêmica no efeito agudo imediato e tardio do exercício resistido moderado num indivíduo hipertenso leve. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, São Paulo, 2007, v.1, n.6, p.28-38.
- CASTINHEIRAS NETO, A. G; COSTA FILHO, I. R; FARINATTI, P. T. V. Respostas cardiovasculares ao exercício resistido são afetadas pela carga e intervalos entre séries. *Arq. Bras. Cardiol*, São Paulo, v.95, n.4, Out, 2010.
- COSTA, A. J. S. A atividade física como componente do método de tratamento não-medicamentoso para hipertensão arterial. *Revista virtual EF artigos*. v. 02, n. 03. Jun. 2004.
- para a educação física. *Revista Conexões*, Campinas, v. 5, n. 2, p. 60-72, 2007.

- FARINATTI, P. T. V., ASSIS, B. F. C. B. Estudo da frequência cardíaca, pressão arterial e duplo-produto em exercícios contra-resistência e aeróbico contínuo. *Rev Bras Med Esporte*, Niterói, v.11, n.5, Out/2005.
- FISMAN E.Z., EMBON P., PINES A., TENENBAUM A., DRORY Y., SHAPIRA I., MOTRO M. Comparison of left ventricular function using isometric exercise doppler echocardiography in competitive runners and weightlifters versus sedentary individuals. *American Journal of Cardiology*, v.79, n.3, 355-359, 1997.
- NEGRÃO, C. E. (Ed); BARRETO, A. C. P. (Ed); *Cardiologia do Exercício: do Atleta ao Cardiopata*. Barueri: Manole, 2010.
- GUYTON C; HALL EJ. Tratado de Fisiologia Médica. 12ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
- KARLSDOTTIR A.E., FOSTER C., PORCARI J.P., PALMER-MCLEAN K., WHITELEITE, T. C.; FARINATTI, P. T. V. Estudo da frequência cardíaca, pressão arterial e duplo-produto em exercícios resistidos diversos para grupamentos musculares semelhantes. *Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício*, vol. 2, nº 1. Rio de Janeiro: Atlântica, 2003. p. 29-49
- MARIA, J. B, L; GONÇALVES, A. Respostas agudas e crônicas da pressão arterial após exercícios aeróbicos e resistidos: uma breve revisão dos estudos de autores brasileiros.
- MacDOUGALL, J.D., TUXEN, D., SALE, D.G., MOROZ, J.R., SUTTON, J.R. Arterial pressure response to heavy resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*, v.58, n.3, p.785-790, 1985.
- MCARDLE, W. D; KATCH, F. I; KATCH; V. L. *Fundamentos de fisiologia do exercício*. 2ªed. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2002.
- MCARDLE, W. D; KATCH, F. L; KATCH, V. L. *Fisiologia do Exercício: energia, nutrição e desempenho humano*. 6ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.
- MORAES, J. F; et al. Respostas cardiovasculares agudas ao treinamento de força utilizando diferentes padrões de respiração. *Rev. Soce RJ*; 22(4):219-224, jul.-ago. 2009.
- NERY, S.S.; et al. Intra-arterial blood pressure response in hypertensive subjects during low- and high-intensity resistance exercise. *Clinics*; v. 65, n. 3, p. 271. 2010.
- \_\_\_\_\_. *Pressão arterial de hipertensos estágio I durante diferentes intensidades de exercício resistido*. São Paulo, 2005. Dissertação (mestrado), Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo.

- POWERS, S. HOWLEY, E. *Fisiologia do Exercício: Teoria e Aplicação ao Condicionamento e ao Desempenho*, São Paulo: Manole, 2000.
- ROBERGS, R. A.; ROBERTS, S. O. *Princípios fundamentais de fisiologia do exercício: para aptidão, desempenho e saúde*. São Paulo: Phorte, 2002.
- UMPIERRE, D. STEIN, R. – Efeitos hemodinâmicos e vasculares do treinamento resistido: implicações na doença cardiovascular. *Arq. Brasil. Cardiol.*, 89 (4): 256-262, 2007.
- WILMORE, J.H.; COSTILL, D.L. *Fisiologia do Esporte e do Exercício*. 2a ed. São Paulo: Manole, 2001.
- YANG, Y. M. et al. Spontaneous diaphragmatic rupture complicated with perforation of the stomach during Pilates. *Am J Emerg Med*. V.28, n.259, Daejon, 2010.
- ARAÚJO, C.G.S. Fisiologia do exercício físico e hipertensão arterial. Uma breve introdução. *Revista hipertensão*. n.3, v.4, 2001
- BERNE, R.M.; LEVY, M.N. *Fisiologia*. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.
- BOTELHO, Leonardo Pinheiro; VALE, Rodrigo Gomes de Souza; CADER, Samária Ali; SENNA Gilmar Weber, GOMES, Maria Celeste Veja; DANTAS, Estélio Henrique Martin. Efeito da ginástica funcional sobre a pressão arterial, frequência cardíaca e duplo produto em mulheres *Acta Scientiarum. Health Sciences Maringá*, v. 33, n. 2, p. 119-125, 2011
- BREGAGNOLLO, Edson Antonio; OKOSHI, Katashi; BREGAGNOLLO, Isamara BRUM, Patricia Chakur; et al. Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular: *Revista Paulista de Educação Física*, São Paulo. V18, p.21-31. Agosto 2004
- DIRETRIZES BRASILEIRAS DE HIPERTENSÃO, VI. *Revista Brasileira de Hipertensão* Vol 17(1):11-17, 2010.
- FARINATTI, PTV; ASSIS, Bruno F.C.B. Estudo de frequência cardíaca, pressão arterial e duplo-produto em exercícios contrarresistência e aeróbio contínuo. *Rev Brás Atividade Física e Saúde*. 5:5-16, 2000.
- FILHO, João Basílio Ferreira; CÂMARA, Thiago Oti. *Avaliação da pressão arterial, da frequência cardíaca e do duplo produto entre funcionários de setor operacional e setor executivo submetidos à atividade física aeróbia constante*. Belém, PA; 2006.

- FORJAZ, C.L.M. et al. Post-exercise changes in blood pressure, heart rate and rate pressure product at different exercise intensities in normotensive humans. *Brazilian Journal Medicine Biological Research*, Ribeirão Preto, v.31, n.10, p.1247-55, 1998.
- FOSS, M. L.; KETEVIAN, S. FOX, J. *Bases Fisiológicas do Exercício e do*. 6ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.
- GIANNICHI, Ronalds S. & MARINS, João C. Bouzas. *Avaliação e prescrição de atividade física*. 3ª ed, Rio de Janeiro: Shape, 2003.
- GUIDARINI, Fernanda Christina de Souza; SCHENKEL, Isabel de Castro; KESSLER, Victor Carvalho; BENEDETTI, Tânia Rosane Bertoldo; Tales de Carvalho. Dança de salão: respostas crônicas na pressão arterial de hipertensos medicados. *Revista brasileira de cineantropometria e desempenho humano*. vol.15 no.2 Florianópolis Mar./Apr. 2013
- GUYTON, A. C.; HALL, J. E. *Tratado de Fisiologia Médica*. 10ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.
- GUYTON, A. C.; HALL, J. E. *Tratado de Fisiologia Médica*. 11ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.
- HALLIWILL, J.R. Mechanisms and clinical implications of post-exercise hypotension in humans. *Exerc Sport Sci Rev*. 2001;29(2):65-70.
- LATERZA, Mateus Camaroti; RONDON, Maria Urbana Pinto Brandão; NEGRÃO, Carlos Eduardo. Efeito anti-hipertensivo do exercício. *Revista Brasileira Hipertensão* vol.14(2): 104-111 2007.
- \_\_\_\_\_, Mateus Camaroti, et al. Exercício Físico Regular e Controle Autonômico na Hipertensão Arterial. *Revista SOCERJ*. 2008 ;21(5):320-328 setembro/outubro
- MacDONALD, J.R.; MACDOUGALL, J.D.; HOGHEN, C.D. The effects of exercising muscle mass on post exercise hypotension. *Journal of Humans Hypertens*. Vol. 14. 2000.
- MARINS, J.B.; GIANNICHI, R. *Avaliação e prescrição da atividade física: guia prático*. 3. Ed. Rio de Janeiro: Shape, 2003.
- McARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. *Fisiologia do exercício*. 5ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.
- MEDIANO, MF, PARAVIDINO, V. SIMÃO, R. et al. Comportamento subagudo da pressão arterial após o treinamento de força em hipertensos controlados. *Revista Brasileira Medicina Esporte*. 2005; 11(6): 337-40.
- MIRANDA, Humberto Lameira; SOUZA, Sandro Legey P.; MÁXIMO, Camilo A.;

POLITO, Marcos Doederlein; FARINATTI, Paulo de Tarso Veras. Comportamento da pressão arterial após exercícios contra-resistência: uma revisão sistemática sobre variáveis determinantes e possíveis mecanismos. Rev Bras Med Esporte, Vol. 12, Nº 6 – Nov/Dez, 2006.

\_\_\_\_\_, M.D.; FARINATTI, P.T.V. Considerações sobre a medida da pressão arterial em exercícios contra-resistência. Revista Brasileira Medicina Esporte \_ Vol. 9, Nº 1 – Jan/Fev, 2003a.

\_\_\_\_\_, M.D.; SIMÃO, R.; SENNA, G.W.; FARINATTI, P.T.V. Efeito hipotensivo do exercício de força realizado em intensidades diferentes e mesmo volume de trabalho. Revista Brasileira Medicina Esporte. São Paulo. Vol. 9. Num. 12. 2003b. P. 69-73.

POWERS SK, HOWLEY ET. Exercise Physiology- Theory and application to fitness and performance. 3 ed. Boston: WCB McGraw Hill, 1997

\_\_\_\_\_, Scott K.; HOWLEY, Edward T.; Fisiologia do Exercício: energia, nutrição e desempenho humano. 3ª edição. São Paulo: Ed. Manole, 2000.p. 151-173

ROBERGS, R. A.; ROBERTS, S. O. Princípios Fundamentais de Fisiologia do Exercício para Aptidão, Desempenho e Saúde. 1ª ed. São Paulo: Phorte, 2002.

REZK CC, MARRACHE RC, TINUCCI T, et al. Post-resistance exercise hypotension, hemodynamics, and heart rate variability: influence of exercise intensity. Eur J Appl Physiol. 2006; 98(1):105-12.

SALGADO, Helio Cesar; DURAND, Marina de Toledo; SALGADO, Maria Cristina O. Bases fisiopatológicas para novos tratamentos em hipertensão arterial: Revista Brasileira de Hipertensão vol.18(4): 137-44, 2011.

SIMÃO, R., POLITO, M.D., LEMOS, A. Comportamento do duplo-produto em diferentes posições corporais nos exercícios contra-resistência. Fitness & Performance Journal, v.2, n.5, p. 279-284, 2003.

\_\_\_\_\_, R.; FLECK, S.; POLITO, M.D.; MONTEIRO, W.; FARINATTI, P.V.T. Efeitos dos exercícios resistidos conduzidos em diferentes intensidades, volumes e métodos na pressão arterial em normotensos. Journal of Strength and Conditioning Research. Vol. 4. Num. 19. 2005. p. 853-858.

TORTORA, G. J.; GRABOWSKI, S. R. Princípios de Anatomia e Fisiologia. 9ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

VANDERLEI, Luiz Carlos Marques; PASTRE, Carlos Marcelo; HOSHI, Rosângela VELOSO, U., MONTEIRO, W., FARINATTI, P. Exercícios contínuos e fracionados

provocam respostas cardiovasculares similares em idosas praticantes de ginástica ?. Revista Brasileira de Medicina do Esporte, 9 (2), 78-84, 2003.

WILMORE JH, COSTILL DL. Physiology of Sport and Exercise. 2 ed. Champaign: Human Kinetics.1999.

FORJAZ, C.L.M.; REZK, C.C.; MELO, C.M.; SANTOS, D.A.; TEIXEIRA, L.; NERY , S.S.; TINUCCI, T . Exercício resistido para o paciente hipertenso: indicação ou contra-indicação. Revista Brasileira de Hipertensão, Ribeirão Preto, v .10, n.2, p.119-24, 2003.

FORJAZ, C.L.M.;TINUCCI, T . A medida da pressão arterial no exercício. Revista Brasileira de Hipertensão, Ribeirão Preto, v .7, n.1, p.79-87, 2000.

FORJAZ, C.L.M. ; PATRICIA, C. B. Adaptações agudas ao exercício físico no sistema cardiovascular. Rev. paul. Educ. Fís., São Paulo, v.18, p.21-31, ago. 2004.

## AUTOAVALIAÇÃO - ADAPTAÇÕES DO SISTEMA CARDIORRESPIRATÓRIO

1- O coração funciona como uma “bomba” natural, impulsionando o sangue arterial (rico em O<sub>2</sub>) e sangue venoso (rico em CO<sub>2</sub>) por todo o corpo. Durante o exercício físico, a demanda de oxigênio pode ser entre \_\_\_\_\_ maior do que ocorre quando o indivíduo está em repouso. E o principal objetivo do sistema cardiorrespiratório é fornecer O<sub>2</sub> em quantidades suficientes e retirar produtos de degradação dos tecidos e organismos como o CO<sub>2</sub>:

- a) 15 a 25 vezes
- b) 10 a 15 vezes
- c) 5 a 10 vezes
- d) 2 a 4 vezes

2- O coração constitui-se de \_\_\_\_\_, sendo dois átrios e dois ventrículos que armazenam o sangue que será bombeado; duas válvulas chamadas de bicúspide e tricúspide que ligam os átrios aos ventrículos, trabalhando a partir de um ritmo, se fechando e abrindo para a passagem do sangue pelo coração.

- a) 2 cavidades
- b) 3 cavidades
- c) 4 cavidades
- d) 5 cavidades

3- É uma estrutura bastante elástica que recebe o oxigênio vindo da inspiração, expulsando o gás carbônico pela expiração, armazenando e realizando as trocas gasosas em pequenas estruturas semelhantes a bolsas, chamadas de alvéolos pulmonares:

- a) Fossas nasais
- b) Pulmão
- c) Estômago
- d) Coração

4- Dados World Health Organization (2010) relatam que de 1980 até 2008 o número de indivíduos hipertensos pulou de 600 milhões para quase \_\_\_\_\_:

- a) 900 milhões

- b) 1 bilhão
- c) 800 milhões
- d) 2 bilhões

5- Essa forma de exercício é suficiente para adaptar de maneira crônica o sistema cardiovascular de indivíduos com hipertensão arterial leve e moderada:

- a) Treinamento através de exercícios aeróbios com duração de 60 a 90 minutos por semana por no mínimo 2 meses
- b) Treinamento através de atividades aeróbicas com duração de 15 minutos, por pelo menos 1 vez na semana.
- c) Treinamento através de musculação com duração de 1 hora e meia por toda a semana
- d) Treinamento através de artes marciais, luta por pelo menos 3 vezes na semana.

6- É o principal regulador da FC, na maioria das vezes, as alterações da FC, assimilam uma ação recíproca do sistema simpático e parassimpático: aumento da atividade parassimpática e redução da simpática; e vice-versa:

- a) Sistema nervoso autônomo
- b) Sistema linfático
- c) Sistema endócrino
- d) Sistema regulador

7- Também são popularmente conhecidos como exercícios com pesos, de força ou musculação, onde são desenvolvidos a partir da contraposição da musculatura alvo, a uma força externa, força essa que pode ser oferecida de forma manual, maquinal, elástica ou a própria massa do corporal:

- a) Exercícios resistidos
- b) Exercícios aeróbicos
- c) Cardio
- d) Funcional

8- Para haver quantidades de oxigênio suficiente para os músculos realizarem os exercícios físicos, devem ocorrer dois ajustes no fluxo sanguíneo, são eles:

- a) Um aumento do débito cardíaco, isto é um aumento da quantidade de sangue bombeado pelo coração por minuto e redistribuição do sangue dos órgãos inativos na hora do exercício (Fígado, baço, rins) para os músculos esqueléticos ativos.
- b) Diminuição do débito cardíaco, e manutenção da pressão arterial no cérebro
- c) Aumento de pressão arterial e redistribuição do sangue dos órgãos inativos na hora do exercício.
- d) Aumento do débito cardíaco, e diminuição de pressão arterial nos órgãos inativos.

9- PA normal de um homem adulto:

- a) 110/70 mmHg.
- b) 120/80 mmHg.
- c) 130/70 mmHg
- d) 140/90 mmHg

10- Doença provocada pela obstrução das artérias que irrigam o coração e a consequente falta de oxigênio neste órgão:

- a) Doença coronária
- b) Doença de chagas
- c) Acidente vascular cerebral
- d) Infarto agudo do miocárdio
- e) Sopro