



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA DA UFOP
LICENCIATURA EM EDUCAÇÃO FÍSICA**



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DANIEL MALTA OLIVEIRA

**E-BOOK DE FISILOGIA DO EXERCÍCIO: UMA ESTRATÉGIA DE ENSINO
DESCOMPLICANDO A FISILOGIA DO EXERCÍCIO PARA ALUNOS DO
ENSINO MÉDIO**

OURO PRETO

2025

DANIEL MALTA OLIVEIRA

**E-BOOK DE FISIOLOGIA DO EXERCÍCIO: UMA ESTRATÉGIA DE ENSINO
DESCOMPLICANDO A FISIOLOGIA DO EXERCÍCIO PARA ALUNOS DO
ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado ao curso de
Licenciatura em Educação Física
da Universidade Federal de Ouro
Preto como requisito parcial para
obtenção do grau de licenciado
em Educação Física.

Orientador: Kelerson Mauro de
Castro Pinto.

OURO PRETO

2025

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

O48e Oliveira, Daniel Malta.

E-book de fisiologia do exercício [manuscrito]: uma estratégia de ensino descomplicando a fisiologia do exercício para alunos do Ensino Médio. / Daniel Malta Oliveira. - 2025.
64 f.

Orientador: Prof. Dr. Kelerson Mauro de Castro Pinto.
Produção Científica (Licenciatura). Universidade Federal de Ouro Preto.
Escola de Educação Física. Graduação em Educação Física .

1. Fisiologia do exercício. 2. Ensino médio. 3. Atividade física. 4. Saúde. 5. Educação Física. I. Pinto, Kelerson Mauro de Castro. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 612.766.1

Bibliotecário(a) Responsável: Angela Maria Raimundo - SIAPE: 1.644.803



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE EDUCACAO FISICA
DEPARTAMENTO DE EDUCACAO FISICA



FOLHA DE APROVAÇÃO

Daniel Malta de Oliveira

E-Book de Fisiologia do Exercício : uma estratégia de ensino descomplicando a Fisiologia do Exercício para alunos do Ensino Médio

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Educação Física da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de licenciado em Educação Física

Aprovada em 15 de agosto de 2025

Membros da banca

Dr. Kelerson Mauro de Castro Pinto - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto
Dra. Lenice Kappes Becker - Universidade Federal de Ouro Preto
Msc - Vitória Louise Teixeira e Silva - Universidade Federal de Itajubá

Kelerson Mauro de Castro Pinto, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 21/08/2025



Documento assinado eletronicamente por **Kelerson Mauro de Castro Pinto, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 22/08/2025, às 15:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0964590** e o código CRC **3A3A388E**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a Nossa Senhora, por sempre me conduzir às melhores escolhas e me conceder forças para enfrentar as dificuldades.

À minha mãe, grande responsável por tudo isso estar acontecendo. Aos meus irmãos, Letícia e Gabriel, pelo apoio e incentivo durante toda essa jornada acadêmica. Vocês foram fundamentais para que tudo desse certo.

A todos da minha família pelo apoio ao longo dessa trajetória, em especial ao meu tio Maxsuel e à minha tia Lia, pelos conselhos, suporte e acolhimento em Ouro Preto. Minha eterna gratidão a vocês.

À grandiosa República Boemia, pela irmandade e companheirismo durante todo esse tempo. A amizade de vocês jamais será esquecida.

À todos os meus amigos e colegas que compartilharam esse processo comigo, agradeço por todos os momentos e por tornarem a jornada mais leve.

À minha namorada, Cecília, pelo companheirismo e incentivo nos momentos difíceis. Caminhar ao seu lado tornou tudo muito mais fácil.

Em especial, agradeço ao professor Kelerson, meu orientador, por todo companheirismo ao longo dessa jornada e por toda a paciência e dedicação na realização deste trabalho; sem o seu apoio, nada disso seria possível.

Agradeço ao professor André Talvani, que me auxiliou na idealização deste projeto, por me acolher tão bem no LABIIN, por todos os ensinamentos e pela confiança depositada em meu trabalho ao longo dessa jornada.

À professora Lenice, pelo acolhimento no LABFE, pelas oportunidades de participação em congressos, pelos ensinamentos e por proporcionar experiências incríveis, além da confiança no meu trabalho.

À Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), pelas inúmeras oportunidades acadêmicas e por proporcionar um ambiente excepcional para meu crescimento profissional. Aos professores do curso, pela partilha dos seus nobres conhecimentos e pelos incentivos ao longo da graduação.

Por fim, agradeço a todos os membros do Laboratório de Fisiologia do Exercício (LABFE) e do Laboratório de Imunobiologia da Inflamação (LABIIN), por proporcionarem experiências enriquecedoras e pelo compartilhamento de conhecimento científico.

RESUMO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso tem como objetivo apresentar um e-book intitulado, desenvolvido como uma proposta pedagógica voltada ao ensino da Educação Física escolar. A iniciativa surgiu da necessidade de tornar os conteúdos de fisiologia do exercício mais acessíveis e compreensíveis aos estudantes da Educação Básica, considerando a importância do conhecimento sobre o funcionamento do corpo humano para a promoção da saúde e para a prática consciente de atividades físicas. O e-book foi elaborado com base em referências clássicas da fisiologia do exercício, e apresenta uma linguagem simples, exemplos do cotidiano e ilustrações didáticas que facilitam o entendimento dos conceitos. A obra é dividida em quatro capítulos, cada um seguido de questões de revisão que estimulam o aprendizado ativo e a reflexão sobre os temas abordados. Essa proposta busca contribuir com o trabalho dos professores e professoras de Educação Física, oferecendo um recurso didático que amplia a compreensão dos alunos sobre a fisiologia humana durante o exercício físico, e reforça o papel da disciplina na formação integral do estudante, unindo conhecimento científico, prática corporal e promoção da saúde.

Palavras-chave: Fisiologia do exercício; Ensino médio; Atividade física; Saúde; Educação Física.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: Estrutura do ATP.

FIGURA 2: Representação dos vasos sanguíneos.

FIGURA 3: Representação do coração.

FIGURA 4: Representação do ciclo cardíaco.

FIGURA 5: Diferentes formas de mensuração da frequência cardíaca.

FIGURA 6: Frequência cardíaca durante o exercício físico.

FIGURA 7: Distribuição relativa do débito cardíaco.

FIGURA 8: Sistema respiratório.

FIGURA 9: Zona respiratória do pulmão.

FIGURA 10: Ação do diafragma e das costelas na ventilação.

FIGURA 11: Glândulas do sistema endócrino.

FIGURA 12: Principais hormônios que atuam durante o exercício físico, suas alterações ao treinamento, e glândulas secretoras.

FIGURA 13: Glândula Hipófise.

FIGURA 14: Representação de um balanço calórico positivo.

FIGURA 15: Representação de um balanço calórico negativo.

SUMÁRIO

1 CAPÍTULO 1 - ENERGIA PARA A VIDA E DEFINIÇÃO DE FADIGA	10
1.1 Via ATP-CP.....	12
1.2 Via Glicolítica.....	13
1.3 Via Oxidativa.....	14
1.4 Principais Adaptações Ao Treinamento.....	15
1.5 Fadiga Muscular.....	16
1.6 Como O Treinamento Influencia A Fadiga?.....	17
1.7 QUESTÕES.....	19
 2 CAPÍTULO 2 - SISTEMA CIRCULATÓRIO.....	20
2.1 O Sangue.....	20
2.2 Vasos Sanguíneos.....	21
2.3 O Coração.....	22
2.4 Ciclo Cardíaco.....	23
2.5 Regulação Intrínseca da Frequência Cardíaca.....	26
2.6 Regulação Extrínseca da Frequência Cardíaca.....	26
2.7 Influência Parassimpática.....	27
2.8 Influência Simpática.....	27
2.9 Regulação da Frequência Cardíaca Durante a Atividade Física.....	27
2.10 Débito Cardíaco.....	28
2.11 Redistribuição do Fluxo Sanguíneo Durante a Atividade Física.....	28
2.12 Adaptações Ao Treinamento	30
2.13 QUESTÕES.....	32
 3 CAPÍTULO 3 - SISTEMA RESPIRATÓRIO.....	34
3.1 Anatomia Básica Do Pulmão.....	34
3.2 Ventilação.....	36
3.3 Respiração.....	37
3.4 Respiração Externa.....	37

3.5 Transporte de Oxigênio e Gás Carbônico.....	38
3.6 Respiração Interna.....	38
3.7 Função Pulmonar Durante a Atividade Física.....	39
3.8 Qual A Maneira Correta De Ventilar Durante A Atividade Física?.....	39
3.9 Adaptações Ao Treinamento No Sistema Ventilatório.....	40
3.10 QUESTÕES.....	44
 4 CAPÍTULO 4 - SISTEMA ENDÓCRINO: OBESIDADE E HIPERTROFIA.....	43
4.1 Pâncreas.....	45
4.2 Hipófise.....	46
4.3 Glândulas Suprarrenais.....	47
4.4 Ovários E Testículos.....	48
4.5 Tópicos Especiais.....	49
4.6 Obesidade.....	49
4.7 Balanço Calórico Negativo.....	50
4.8 Hipertrofia Muscular: Adaptando Os Músculos Ao Esforço.....	52
4.9 Vamos Para A Prática?.....	53
4.10 Recursos Ergogênicos E Doping: Melhorando O Desempenho Ou Colocando A Saúde Em Risco?.....	53
4.11 A Febre Da Hipertrofia E Os Perigos Dos Métodos Rápidos...54	
4.12 QUESTÕES.....	55
 5 RESPOSTAS.....	57
5.1 ENERGIA PARA A VIDA E DEFINIÇÃO DE FADIGA.....	57
5.2 SISTEMA CIRCULATÓRIO.....	58
5.3 SISTEMA RESPIRATÓRIO.....	59
5.4 SISTEMA ENDÓCRINO: OBESIDADE E HIPERTROFIA.....	60
 6 REFERÊNCIAS.....	63

APRESENTAÇÃO

O corpo humano é uma estrutura complexa e altamente organizada, composta por milhares de células que realizam, em conjunto, funções específicas para a manutenção da vida (PLOWMAN e SMITH, 2017). A Educação Física é uma disciplina da Educação Básica que envolve práticas corporais de atividades físicas, ou seja, estimula de alguma forma o funcionamento destas células. Entretanto, o conhecimento do funcionamento do corpo durante o repouso e durante a atividade física é um componente essencial de estudo.

Dentro dos conteúdos da Educação Física escolar previstos nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN, 1998) para o ensino médio, destaca-se o conhecimento do corpo e, para se conhecer isso é fundamental o entendimento a respeito da fisiologia humana e do exercício físico. A fisiologia do exercício é uma área de conhecimento com muitas aplicações práticas e pode ser definida como uma ciência que estuda a resposta do corpo humano diante de qualquer situação que exija realizar movimentos (atividade física) e as adaptações geradas com o treinamento físico (PLOWMAN; SMITH, 2017). Entretanto, para ter um bom conhecimento sobre o corpo e principalmente como ele se comporta durante o exercício físico, assim como as adaptações geradas pelo treinamento, é crucial o entendimento sobre a fisiologia do exercício. Neste sentido, há uma escassez de material didático de fisiologia do exercício que contribua para o conhecimento voltado para alunos do ensino médio de escolas públicas e privadas, associando principalmente questões voltadas para a saúde.

Neste e-book, pretende-se discutir parte da fisiologia do exercício com uma linguagem adequada para que os professores de Educação Física, que atuam no ensino médio, proporcionem programas de Educação Física de qualidade nas escolas, estimulando os adolescentes não apenas de forma física, mas intelectualmente no que se refere ao conhecimento sobre o funcionamento do corpo. Espera-se que, com esse e-book, a compreensão dos estudantes

sobre como o corpo reage durante e após o exercício físico, seja uma forma de estimular uma vida mais saudável.

Para isso, o e-book será dividido pelos seguintes capítulos: (I) ENERGIA PARA A VIDA E DEFINIÇÃO DE FADIGA, (II) SISTEMA CIRCULATÓRIO, (III) SISTEMA VENTILATÓRIO, (IV) SISTEMA ENDÓCRINO: OBESIDADE E HIPERTROFIA. Ao final de cada capítulo serão abordadas questões para revisão. Durante o trajeto, você verá o quão complexo é o corpo humano e como a fisiologia do exercício é fascinante. Aproveite a viagem!!!

CAPÍTULO 1

ENERGIA PARA A VIDA E DEFINIÇÃO DE FADIGA

Assim como um carro necessita utilizar combustível para funcionar, ou, uma lâmpada precisa utilizar energia elétrica para iluminar, o corpo humano não é diferente. Para manter o funcionamento dos órgãos e para realizar qualquer atividade física, o corpo humano necessita utilizar energia. Muito possivelmente você deve estar se perguntando: de onde vem essa energia? Essa energia, é oriunda dos alimentos que consumimos (carboidratos, gorduras e proteínas) – (SILVERTHORN, 2019), por isso há uma grande importância em nos alimentarmos de maneira saudável e balanceada. Para que o nosso corpo consiga utilizar esses alimentos como fonte de energia, os mesmos, após o processo de digestão, são armazenados em diferentes formas: (i) os carboidratos podem ser armazenados principalmente sobre a forma de glicogênio (no músculo e/ou fígado), podendo ser transformados também em triglicerídeos (gordura armazenada dentro das células do tecido adiposo – os adipócitos); (ii) as gorduras (lipídeos) são armazenadas principalmente em formas de triglicerídeos e (iii) as proteínas que são utilizadas para composição nossa estrutura física e que também podem ser transformados em triglicerídeos. Durante uma atividade física, a principal fonte de energia vem das reservas de carboidratos e lipídeos (ROBERGS e ROBERTS, 2002).

Agora que entendemos de onde vem essa energia, vamos pensar como ela é utilizada. Existe uma molécula em nosso corpo que a chamamos de “moeda energética”. A moeda energética do corpo humano é nomeada pela sua estrutura química como “adenosina trifosfato (ATP)” que é formada por uma molécula de ribose, uma molécula de adenina e três moléculas de fosfato (FIGURA 1). A energia necessária para se formar esta moeda energética vem do alimento, principalmente dos carboidratos e lipídeos. Durante a contração muscular, a molécula de ATP é quebrada, liberando energia, se transformando em adenosina difosfato (ADP). Parte desta energia que foi liberada então é utilizada para se realizar as contrações musculares e movimento e a maior parte é liberada sob a forma de calor. Como nos carros, quanto mais você acelera, mais combustível irá gastar. No corpo humano, quanto maior a intensidade da atividade física (por exemplo a velocidade que você está caminhando ou correndo), mais energia você gastará.

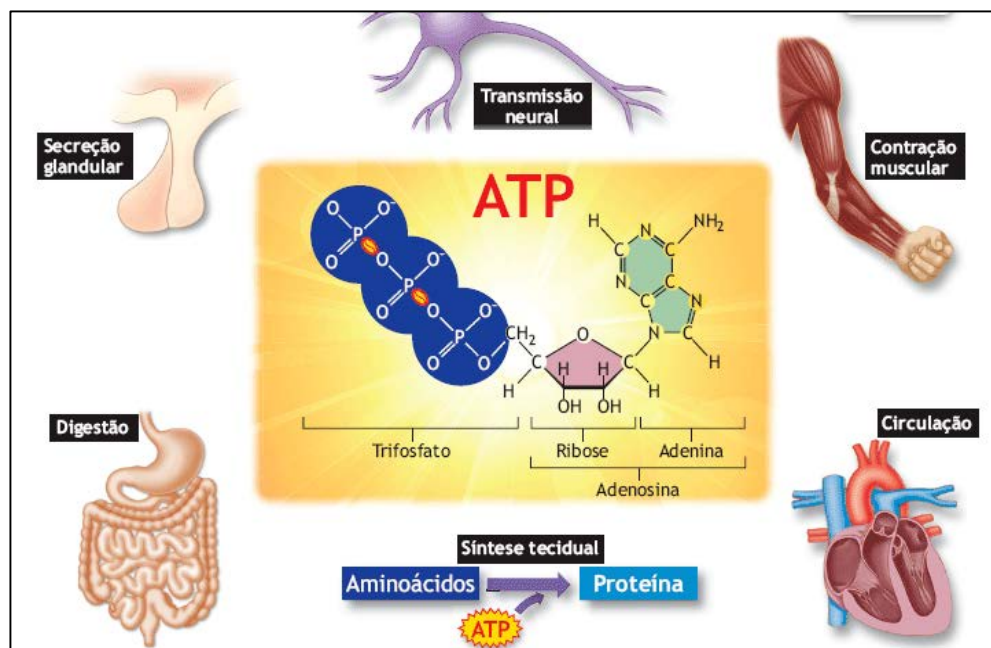


FIGURA 1 Estrutura do ATP. A figura mostra a importância da molécula de ATP, formada por adenina, ribose e três grupos fosfato, que funciona como a principal fonte de energia do corpo. Essa energia é utilizada em diversos processos vitais, como na contração muscular, na comunicação neural, na circulação sanguínea, na secreção glandular, na digestão e na síntese tecidual, onde os aminoácidos são transformados em proteínas para a reparação dos tecidos. (McARDLE, KATCH e KATCH, 2016).

Em nosso corpo, nossa capacidade de armazenar ATP no músculo é muito pequena e para suprir a necessidade dos músculos, existem processos capazes de transformar os alimentos nesta molécula, que recebem o nome de vias metabólicas (FOSS e KETEVIAN, 2000). Essas vias são como caminhos que os nutrientes absorvidos pelo organismo (vindo dos alimentos) percorrem até a formação de ATP.

Temos duas vias capazes de formar nosso ATP, que serão utilizadas em conjunto e em função das características da modalidade e/ou intensidade da atividade física (ROBERGS e ROBERTS, 2002). Essas vias classicamente se dividem em: (i) via aeróbia, ou seja, precisa da presença de oxigênio para produzir ATP, essa produção ocorre dentro da mitocôndria da célula muscular e (ii) via anaeróbia, na qual não precisa de oxigênio para que ocorra a produção de ATP (a mesma ocorre fora da mitocôndria da célula muscular). A via anaeróbia ainda pode se dividir em duas, sendo a via anaeróbia alática, dependente do ATP e CP (fosfato de creatina) armazenados no tecido muscular e, via anaeróbia glicolítica (vem da glicólise que é um conjunto de reações químicas que vai metabolizar o carboidrato):

ENTENDENDO CONCEITOS!

Exercício físico x Atividade física

Atividades físicas são movimentos corporais voluntários resultantes da contração dos músculos esqueléticos que aumentam o gasto energético.

Exercício físico é uma forma de atividade física planejada e estruturada, voltada para a melhoria ou manutenção de componentes específicos da aptidão física, desempenho ou saúde.

(POWERS, 2017)

Via ATP-CP

Na via anaeróbica alática (ATP-CP), as moléculas de ATP (adenosina trifosfato) e CP (fosfato de creatina), armazenadas nas células musculares, são as principais fontes energéticas. Essa via energética é a mais rápida na produção de energia para o exercício físico, mas em compensação, devida as baixas reservas musculares, sustentam o exercício por um período muito curto (aproximadamente 10 segundos). Geralmente é ativada em exercícios de altíssima intensidade.

Imagine que você esteja chegando ao ponto de ônibus para ir à escola e vê o seu ônibus começando a sair e você precisa correr para alcançá-lo, caso contrário ele te deixará para trás. Nesta situação, você terá que correr o mais rápido que puder, e para que isso ocorra, os músculos terão que ser ativados em alta intensidade você vai precisar de energia o mais rápido possível. Neste momento, você está usando a via ATP-CP para fornecer energia para que o músculo consiga realizar a corrida em alta intensidade.

A importância desse sistema para o desempenho físico e as atividades atléticas é exemplificada pelas rápidas largadas dos velocistas (corredores de 100 e 200m no atletismo – provas de velocidade), dos “sprints” de jogadores de futebol americano, dos saltadores de distância e dos arremessadores de peso. Sem esse sistema, os movimentos rápidos e vigorosos não poderiam ser realizados sem este sistema energético, pois essas atividades exigem um fornecimento muito rápido de energia.

Via Glicolítica

Imagina que um cachorro bravo (Totó) começou a correr atrás de você! Para fugir, e não ser mordido, você terá de correr rápido e em alta velocidade (alta intensidade)! Para isso necessitará de produzir muita energia de forma rápida! Já sabemos que a via anaeróbia alática, dependente das moléculas de ATP e CP armazenadas no músculo, serão as principais fontes de energia para te salvar. Porém você só conseguirá sustentar esta corrida por pouquíssimo tempo (no máximo 10 segundos), o que provavelmente não será suficiente para fugir do Totó e você estará em sérios problemas. Então, para que você tenha uma chance de não ser mordido, uma outra via de produção de ATP (via energética) terá participação muito importante. Essa via metabólica utiliza principalmente o glicogênio muscular (carboidrato armazenado no músculo) como substrato energético¹ e possibilita sustentar um exercício de alta intensidade por um período maior do que 10 segundos! A energia proveniente desta via ainda lhe permitirá fugir do cachorro por um período um pouco maior e em alta velocidade/intensidade e por cerca de 90 segundos - porém em

¹ **Substrato energético:** é o produto utilizado para gerar energia.

velocidade menor do que aquela que você correria por 10s. E QUE DEUS TE AJUDE a fugir de Totó!!!.

Seguem alguns exemplos de atividade que possuem a via glicolítica como a principal fonte de energia: corridas rápidas de 400 e 800 metros; séries de exercícios realizados durante a musculação com 10 a 15 repetições; provas de 100 metros na natação.

Essa via também é predominantemente anaeróbia, produzindo grandes quantidades de um subproduto chamado de ácido láctico. Por isso mesmo ela é conhecida como via anaeróbia láctica! A produção de ácido láctico não é necessariamente prejudicial ao metabolismo muscular durante o a atividade física (PITHON-CURI, 2013). Mas, é importante sabermos que quando há uma produção excessiva de ácido láctico e outros metabólitos, não é possível manter o exercício por muito tempo. Então será prudente termos um plano para fugir de vez desse cachorro!!!!

Via Oxidativa

A via oxidativa (a famosa capacidade aeróbia) utiliza oxigênio para transformação de energia a partir tanto dos carboidratos quanto das gorduras. Ela é capaz de uma quantidade muito maior de ATP, porém de uma forma mais lenta (a velocidade de produção de ATP da via oxidativa é menor). Falamos que essa é a via metabólica mais rentável do nosso corpo e, é ativada em atividades de baixa e moderada intensidade e de longa duração, como por exemplo as corridas de longa distância (maratonas), e nas tarefas ou atividades do nosso dia a dia. A caminhada que a gente faz até a escola também é um exemplo de utilização da via oxidativa. Essa via tem a capacidade de gerar grandes quantidades de ATP porque os músculos disponibilizam permanentemente grandes quantidades de glicogênio, de gordura e de oxigênio.

APRENDA MAIS UM POUCO!!!

A atividade física aumenta a vascularização sanguínea (consequentemente melhora a saúde do coração), o tamanho e o número de mitocôndrias (corroborando com uma maior capacidade do músculo de gerar ATP). Essas adaptações ao treinamento aumentam a capacidade das células de gerarem ATP através da glicose (carboidrato) e dos ácidos graxos (gordura).

(McARDLE, KATCH e KATCH, 2016).

OBSERVAÇÕES:

Respostas Agudas ao Exercício/Atividade Física

As respostas agudas ao exercício são alterações imediatas, reversíveis e proporcionais à intensidade/duração da atividade física, que servem para ajudar o corpo a produzir energia, manter o equilíbrio corporal e fornecer o que os músculos precisam para continuar funcionando durante o esforço (POWERS, 2017).

Resposta Crônica ao Exercício Físico

O exercício físico, praticado de forma sistematizada e contínua, aumenta a vascularização sanguínea (consequentemente melhora a saúde do coração), o tamanho e o número de mitocôndrias (corroborando com uma maior capacidade do músculo de gerar ATP). Essas adaptações ao treinamento aumentam a capacidade das células de gerarem ATP através da glicose (carboidrato) e dos ácidos graxos (gordura) – (ROBERGS e ROBERTS, 2002).

Principais Adaptações Ao Treinamento

O que fazer para melhorar a sua capacidade de fugir do Totó (cachorro) ou seu desempenho no esporte?

Pensando em melhorar sua capacidade de fazer exercício/atividade física, o treinamento é a única saída. O que seria treinamento? O treinamento físico é uma forma sistematizada (organizada) e contínua de realizar exercícios físicos, para se atingir objetivos específicos. Então como o treinamento aumenta a sua capacidade de fugir do cachorro?

Se tratando da capacidade de produzir energia para realizar o exercício físico, quando você treina, você aumenta as suas reservas de energia (ATP, CP E glicogênio no músculo), além de aumentar a sua capacidade de produzir mais

dessas moléculas durante a atividade física. Tudo isso ocorre graças a um conjunto de adaptações que surgem em todo o seu organismo. Neste caso específico, estamos falando principalmente do aumento de enzimas² (McARDLE, KATCH e KATCH, 2024).

Fadiga Muscular

Como já entendemos sobre a origem e a função da energia, e das vias energéticas, vamos falar um pouco sobre fadiga. O que vem a sua mente quando pensa em fadiga?



(google imagens)

A atividade muscular, envolve uma sequência de eventos, desde o aparecimento do estímulo nervoso no cérebro até a produção de força pelo músculo, e a fadiga pode ocorrer em qualquer um dos diversos momentos desse processo. A fisiologia considera que a fadiga pode ser definida como a perda da capacidade de responder a estímulos após atividade excessiva, mas a Fisiologia do Exercício tem adotado a definição, proposta por diversos autores, de que a fadiga seria a incapacidade de manter uma determinada força ou potência no exercício (GIBSON, EDWARDS, 1985; GANDEVIA, 1992) ou o aumento da

² **Enzimas:** são proteínas que ajudam o corpo a fazer reações químicas importantes de forma mais rápida. Elas funcionam só com algumas substâncias específicas e são muito importantes para a digestão, para gerar energia e para eliminar substâncias que o corpo não precisa (resíduos metabólicos).

percepção de esforço para se manter uma tarefa. No entanto, a fadiga pode ser dividida em fadiga aguda e fadiga crônica.

A fadiga aguda deve ser entendida como um processo que atua como um mecanismo de proteção para nosso corpo. Ou seja, ela serve para evitar que o corpo chegue a um ponto perigoso, onde os sistemas fisiológicos (como o coração, os pulmões ou os músculos e outros) não conseguem mais manter o equilíbrio necessário, um estado chamado de homeostase corporal³. Antes que isso aconteça, o corpo nos faz parar ou reduzir o esforço físico. Esse conceito mostra que a fadiga não é apenas um sinal de cansaço, mas sim uma resposta inteligente do corpo, que integra várias informações ao mesmo tempo. Entre esses fatores estão: a quantidade de energia disponível, a temperatura do corpo, o equilíbrio entre ácidos e bases, a quantidade de água e sais no organismo, o fluxo de sangue, a respiração e até o funcionamento do sistema nervoso. Todos esses elementos ajudam o corpo a decidir por quanto tempo e com qual intensidade ele consegue continuar se exercitando com segurança, de acordo com o ambiente e as condições do momento (RODRIGUES e GARCIA, 1998)

A fadiga crônica é aquela que persiste por um longo período, devido a treinos intensos ou longos com recuperações inadequadas, gerando um estado conhecido como Síndrome do Supertreinamento (OTS – do inglês “Overtraining Syndrome”)⁴. A OTS, tem implicações severas no desempenho esportivo e sobre a saúde, podendo ter efeitos devastadores na carreira de um atleta. A OTS resulta de um desequilíbrio crônico entre a fadiga induzida pelo exercício e a recuperação insuficiente após o esforço (Arthur J. Cheng, et al., 2020). Nesta situação, o atleta ao invés de melhorar sua condição física com o treinamento físico, ele pode apresentar piora de seu desempenho físico (CONSTANTIN-TEODOSIU e CONSTANTIN, 2021).

³ **Homeostase corporal:** é a capacidade do corpo humano de manter um equilíbrio e um bom funcionamento do organismo.

⁴ **Síndrome do Overtraining:** estado de fadiga crônica que leva à queda no desempenho físico, na força e hipertrofia muscular esquelética.

Como o Treinamento Influencia a Fadiga?

Como o treinamento produz alterações (adaptações) em todo o seu organismo, observa-se que essas adaptações também influenciam no mecanismo de fadiga, pois o seu corpo irá se adaptar a suportar uma atividade física por mais tempo, e assim ser capaz de prolongar o surgimento da fadiga! Ou seja, você irá demorar mais tempo para observar uma queda no seu desempenho. Mas lembre-se que quando você treina, as adaptações serão sempre específicas, ou seja, relacionadas com o tipo de treinamento que você faz (ROBERGS e ROBERTS, 2002). Se você treina para correr, não significa que irá nadar bem!!!

QUESTÕES

- 1 - Explique o que é ATP e cite uma das suas funções.
- 2 - Quais são as vias metabólicas utilizadas pelo músculo para produzir ATP? Explique cada uma delas.
- 3 - O que causa a fadiga muscular, segundo a fisiologia do exercício?
- 4 - Analise as alternativas abaixo e marque aquela que indica corretamente o nome da molécula que constitui a principal fonte de energia do corpo:
 - a) Adenosina trifosfato
 - b) Adenosina difosfato
 - c) Adenosina monofosfato
 - d) Adenosina

CAPÍTULO 2

SISTEMA CIRCULATORIO

O sistema circulatório (também conhecido como sistema cardiovascular) é composto pelo sangue (e suas células), coração e vasos sanguíneos, que funcionam como tubos nos quais o sangue circula para todo o corpo. É como se o coração fosse uma bomba d'água que bombeia a água (sangue) para a casa (corpo humano), os vasos sanguíneos fossem tubulação e as torneiras, e os órgãos fossem as pias. Porém, na circulação sanguínea o sangue retorna ao coração. O coração é uma bomba biológica que produz a pressão que impulsiona o sangue através dos vasos e, desta forma, a vida depende de sua função efetiva contínua (ROBERGS e ROBERTS, 2002). Ou seja, a sua vida é dependente do coração!!

Observação:

O coração não é somente uma bomba. Além de sua função principal de bombear sangue por todo o corpo, o coração atua como um órgão endócrino, ou seja, produz e libera substâncias que têm efeitos importantes em outros sistemas do corpo.

(SILVERTHORN, 2019)

O sangue

O sangue é o meio líquido que circula dentro dos vasos sanguíneos e que possui várias funções, como o transporte de gases como o oxigênio (O₂) e dióxido de carbono (CO₂), nutrientes, células imunológicas, ajustes

termorregulatórios⁵ e etc. O sangue é composto por duas partes principais: uma parte líquida chamada plasma, e uma parte celular, formada pelas hemácias (glóbulos vermelhos), leucócitos (glóbulos brancos) e plaquetas

Vasos sanguíneos

A FIGURA 2 representa os vasos sanguíneos. Dentre os principais tipos de vasos sanguíneos do corpo humano, destacam-se as artérias, as veias e os capilares. As paredes desses vasos possuem algumas variações na sua constituição, porém sempre com a presença de tecido muscular liso, o que permite certa elasticidade e contração, importantes para o controle do fluxo sanguíneo (SILVERTHORN, 2019).

As artérias são vasos mais espessos e elásticos que saem do coração, levando o sangue rico em oxigênio para os tecidos e órgãos do corpo. À medida que se afastam do coração, essas artérias se ramificam em arteríolas, que são vasos menores, e posteriormente em capilares, vasos extremamente finos e numerosos que se localizam junto aos tecidos e órgãos.

As veias, por sua vez, são os vasos pelos quais o sangue é conduzido de volta ao coração (sangue com menor concentração de oxigênio). Elas são menos espessas e mais flexíveis que as artérias, e possuem válvulas internas que impedem o refluxo do sangue, facilitando o chamado retorno venoso, especialmente importante durante o exercício físico, quando os músculos se contraem e ajudam a empurrar o sangue de volta ao coração. As veias se ramificam em vênulas, que também se conectam aos capilares.

Os capilares sanguíneos são vasos microscópicos, com paredes muito finas, onde ocorrem as trocas gasosas e de nutrientes entre o sangue e as células do corpo. Por meio de um processo chamado difusão⁶, o oxigênio (O₂) e os nutrientes passam do sangue para os tecidos, enquanto o gás carbônico (CO₂) e os resíduos metabólicos seguem o caminho inverso, indo das células para o sangue, a fim de serem eliminados.

⁵ **Termorregulação:** regulação da temperatura corporal.

⁶ **Difusão:** é o movimento espontâneo de partículas (como moléculas de gases, líquidos ou solutos) de uma região onde estão mais concentradas para outra onde estão menos concentradas, até que se atinja o equilíbrio.

Durante a atividade física, o funcionamento desses vasos se adapta para aumentar o fluxo sanguíneo para os músculos ativos, melhorando a entrega de oxigênio e nutrientes e a remoção de gás carbônico e “resíduos metabólicos”.

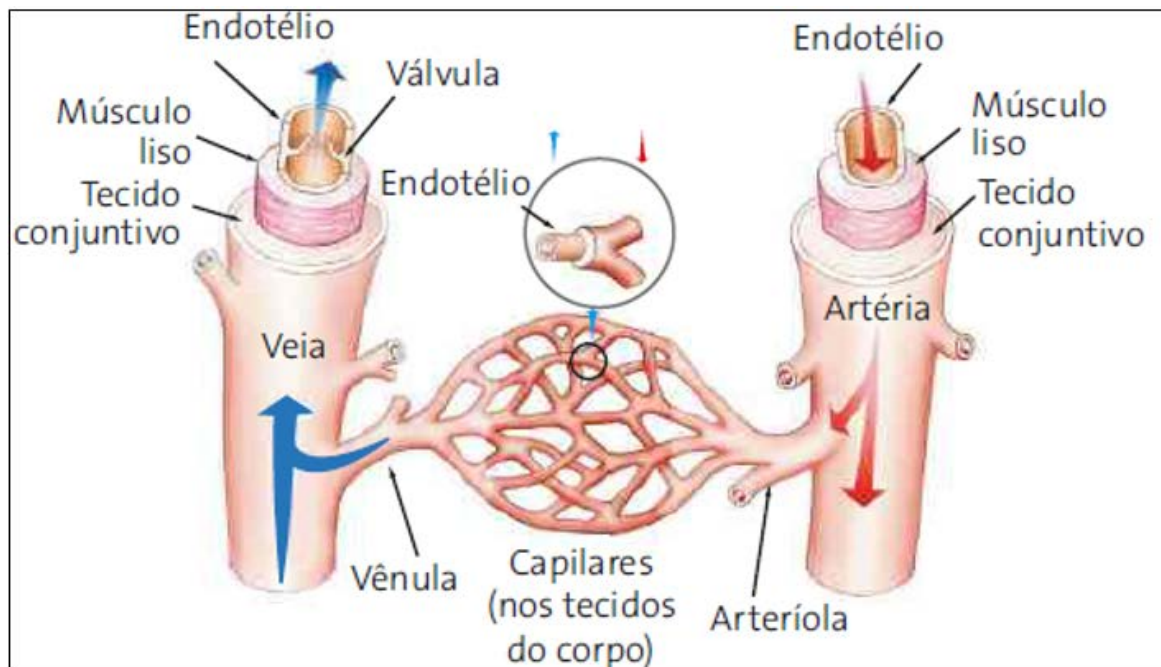


FIGURA 2 – Representação dos vasos sanguíneos. (Bio- Sônia Lopes e Sergio Rosso)

O Coração

O coração (representado na FIGURA 3), também é conhecido como “bomba cardíaca”, e é um órgão muscular responsável por bombear sangue para todo o corpo. O coração é composto por 2 átrios e 2 ventrículos (câmaras cardíacas), sendo átrio direito e esquerdo e ventrículo direito e esquerdo. Entre o átrio direito e o ventrículo direito encontra-se a valva atrioventricular direita (ou válvula tricúspide), e entre o átrio esquerdo e o ventrículo esquerdo há a valva atrioventricular esquerda (ou válvula mitral). Essas válvulas impedem que o sangue impulsionado com força e pressão pelos ventrículos para as artérias retorne para os átrios. Na abertura da artéria pulmonar, no ventrículo direito, há a válvula pulmonar, e na abertura da aorta, no ventrículo esquerdo, encontra-se a válvula aórtica. Elas impedem o retorno do sangue aos ventrículos. O sangue chega ao coração pelos átrios e são ejetados para fora do coração pelos

ventrículos. A parede do coração é formada pelo tecido muscular cardíaco (miocárdio) – (SILVERTHORN, 2019).

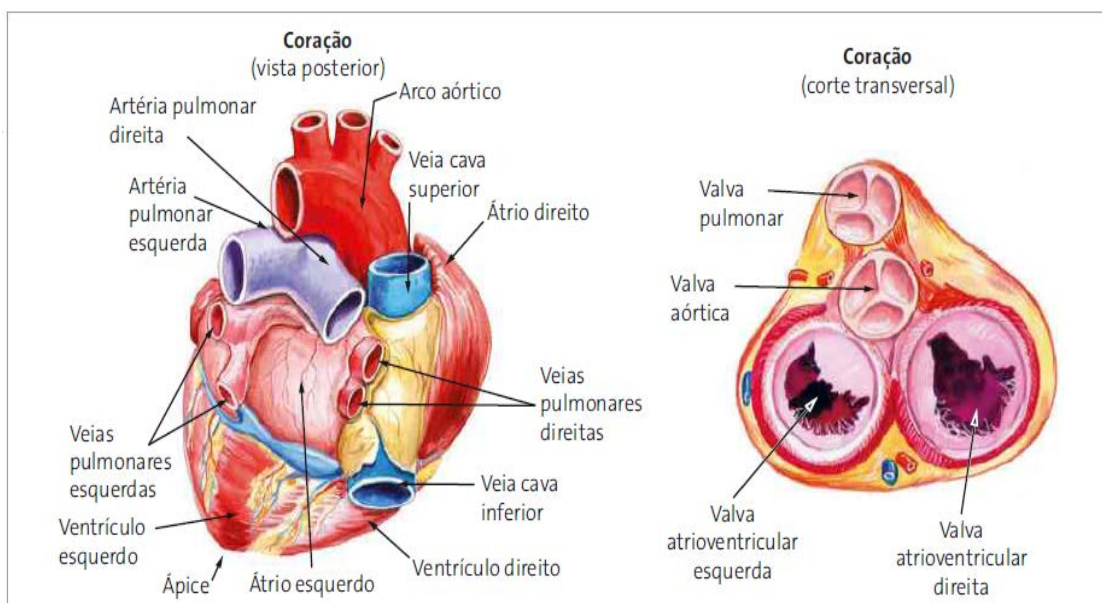


FIGURA 3 – Representação do coração. (Bio- Sônia Lopes e Sergio Rosso)

Ciclo Cardíaco

A descrição prévia do fluxo sanguíneo através do coração e dos vasos é referida como ciclo cardíaco (FIGURA 4). O caminho que o sangue percorre dentro do coração e pelos vasos do corpo é chamado de ciclo cardíaco. Esse ciclo começa quando o sangue pobre em oxigênio (com mais gás carbônico) sai do coração pelo ventrículo direito, passando pela artéria pulmonar em direção aos pulmões. Lá, nos alvéolos pulmonares, acontece a troca gasosa: o sangue libera o gás carbônico (CO_2) e recebe oxigênio (O_2). Depois dessa troca, o sangue rico em oxigênio volta ao coração pelas veias pulmonares, entrando no átrio esquerdo. Em seguida, ele passa para o ventrículo esquerdo, que o bombeia com força para todo o corpo por meio da artéria aorta. Esse sangue oxigenado chega aos diferentes órgãos e tecidos, onde o oxigênio será usado pelas células no processo de respiração celular, que ocorre dentro das mitocôndrias, gerando energia para o corpo funcionar. Durante esse processo, as células produzem gás carbônico, que volta para o sangue. O sangue agora pobre em oxigênio e rico em CO_2 retorna ao coração pelas veias cavas, entrando

no átrio direito, depois indo para o ventrículo direito, e o ciclo recomeça (McARDLE, KATCH e KATCH, 2024). Esse sistema é dividido em duas partes: Circulação pulmonar: quando o sangue vai do coração para os pulmões e volta. Circulação sistêmica: quando o sangue vai do coração para o corpo todo e depois retorna.

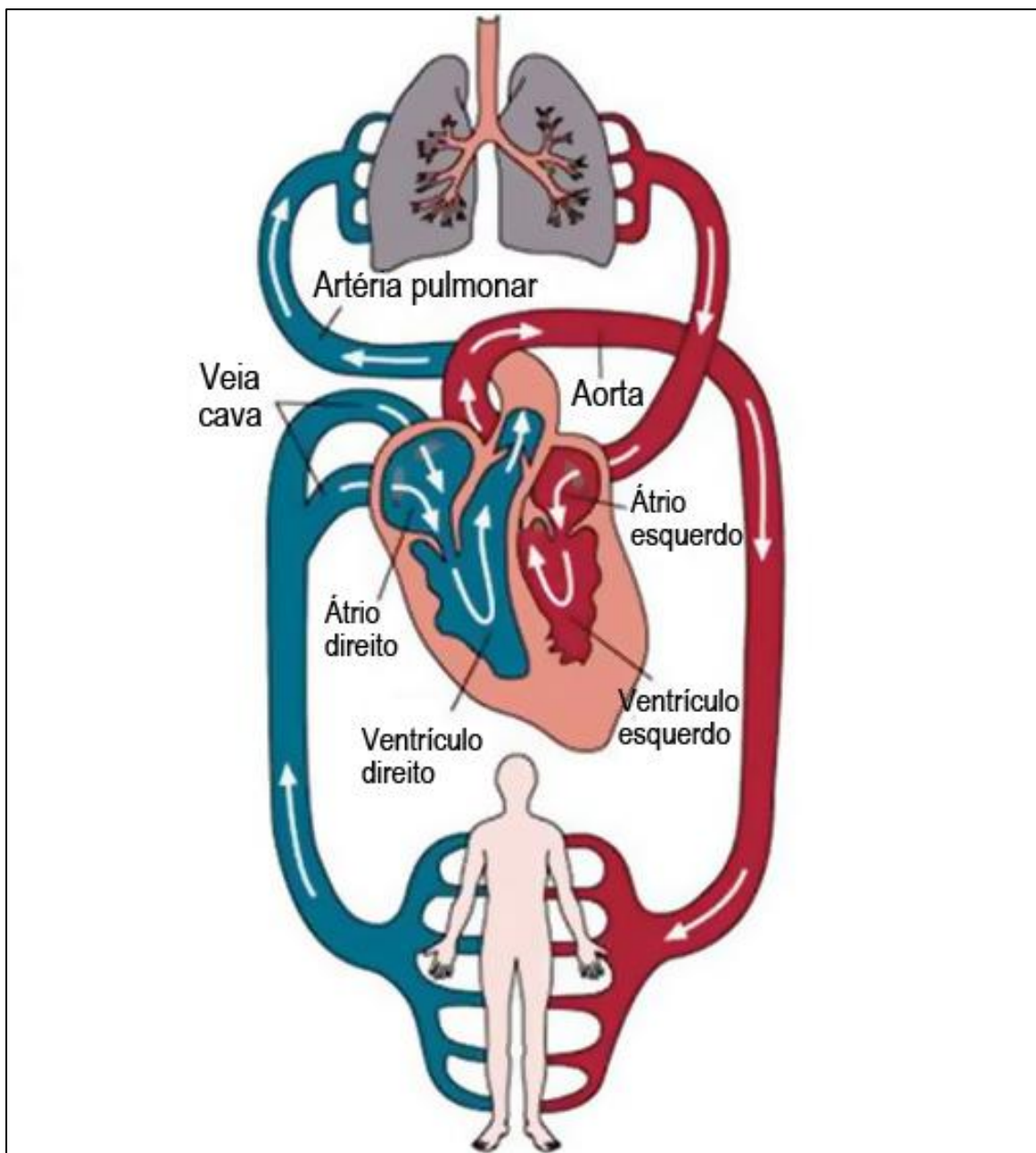


FIGURA 4 – Representação do ciclo cardíaco. (google imagens)

O movimento de contração do coração é chamado de sístole ventricular, enquanto o movimento de relaxamento recebe o nome de diástole ventricular.

Durante a sístole, o coração se contrai e expulsa o sangue para fora, enviando-o para os pulmões ou para o resto do corpo. Já na diástole, o coração relaxa e o sangue entra nos átrios, preparando-se para o próximo ciclo. A quantidade de sangue que o coração consegue bombear a cada contração (ou seja, em cada sístole ventricular) é chamada de volume de ejeção (VE). Esse volume é um indicador importante da eficiência do coração em enviar sangue para o corpo (SILVERTHORN, 2019).

Chamamos de frequência cardíaca (FC) a quantidade de vezes que o coração se contrai (“bate”, no termo popular) por minuto, e pode ser mensurada de diferentes formas (FIGURA 5), como manualmente, contando os batimentos no pulso (artéria radial) ou no pescoço (artéria carótida) durante 15 segundos e multiplicando por 4, ou com o uso de aparelhos eletrônicos como monitores cardíacos, relógios esportivos e oxímetros, que fornecem a leitura automaticamente.



FIGURA 5 – Diferentes formas de mensuração da frequência cardíaca. (depositphotos)

Em repouso, os valores variam de 60 a 80 batimentos por minuto, podendo ser menores em atletas treinados (em torno de 40 a 60 batimentos por minuto). Durante o exercício, a frequência cardíaca aumenta proporcionalmente à intensidade da atividade, podendo chegar em torno de 200 batimentos por minuto (bpm).

A frequência cardíaca é uma variável fundamental utilizada por treinadores para o controle da intensidade do exercício físico, especialmente nas atividades predominantemente aeróbias, como corrida, ciclismo, caminhada, natação, etc. Isso porque a FC aumenta de forma proporcional à intensidade do esforço.

Já que a FC é um importante indicador da intensidade do exercício e é muito utilizada para o controle dos treinamentos é importante sabermos como funciona o seu controle! O controle da frequência cardíaca se dá por regulações intrínseca e extrínseca (McARDLE, KATCH e KATCH, 2016):

Regulação Intrínseca da Frequência Cardíaca

O coração, se diferencia de outros órgãos, pois ele mantém seu próprio ritmo. No coração, existe um tecido muscular especializado, denominado de nó sinoatrial, que é popularmente chamado de marca-passo cardíaco, justamente por cumprir a função de controlar a frequência cardíaca de forma involuntária e independente, ou seja, ele é capaz de regular a FC independente de estímulos externos. Graças a isso, é possível o transplante de coração!

Você sabia???

Se retirarmos todos os estímulos externos do coração, graças ao nó sinoatrial (marca passo) ele se contrairá aproximadamente 100 vezes por minuto (FC ~100 bpm).

(SILVERTHORN, 2019)

Regulação Extrínseca da Frequência Cardíaca

As modificações na frequência cardíaca ocorrem rapidamente através dos nervos que inervam diretamente o coração e o nó sinoatrial, além de hormônios

que circulam no sangue. Esses controles extrínsecos da função cardíaca, são os principais responsáveis, pelo aumento da frequência cardíaca antes do início da atividade física e, a seguir, ajustam-se rapidamente de acordo com a intensidade do esforço físico, diminuindo após o término do exercício.

As influências neurais que modulam a frequência cardíaca têm origem no centro cardiovascular do SNC e dirigem-se ao coração pelas fibras neurais do chamado Sistema Nervoso Autônomo (SNA) que se divide em SNA Simpático e Parassimpático.

Influência Parassimpática

Quando estimulados, os neurônios parassimpáticos liberam acetilcolina⁷, que torna mais lenta a frequência cardíaca (bradicardia) como podemos observar em repouso.

Influência Simpática

A estimulação do SNA simpático libera neurotransmissores⁸ (adrenalina e noradrenalina) que agem acelerando a frequência cardíaca e o volume de sangue bombeado pelo coração em cada contração.

Regulação da Frequência Cardíaca Durante a Atividade Física.

Em repouso a FC de referência (60 a 80 bpm) é o fruto da modulação entre as fibras simpáticas e parassimpáticas, atendendo às necessidades metabólicas de cada indivíduo nesta condição e respeitando suas condições orgânicas que são influenciadas por fatores como, por exemplo, o nível de treinamento. No início do exercício, a frequência cardíaca aumenta principalmente pela inibição da estimulação parassimpática (redução da estimulação parassimpática que pode elevar a FC a valores próximos de 100 a 105 bpm). Em adição a este fenômeno observa-se um aumento da estimulação

⁷ **Acetilcolina:** é um neurotransmissor responsável por transmitir impulsos nervosos entre neurônios e entre neurônios e músculos.

⁸ **Neurotransmissores:** são substâncias químicas produzidas por neurônios, que transmitem sinais entre os neurônios ou entre neurônios e outras células, como músculos e glândulas.

das fibras simpáticas, que irão atender as demandas metabólicas e fisiológicas impostas pelo exercício físico. Neste caso a FC pode atingir valores até próximo de 200 bpm.

Mas como o corpo consegue interpretar essa necessidade? Tudo que acontece com o nosso corpo durante a atividade física é monitorado pelo Sistema Nervoso Central (SNC)! Informações como aumento da temperatura corporal, aumento na produção de suor, redução do oxigênio em alguns tecidos e no sangue, assim como aumento de metabólitos ácidos nos músculos exercitados, tensão produzidas pelos músculos durante a contração, movimentos articulares etc., chegam ao nosso SNC e lá essas informações são interpretadas determinando a Intensidade Relativa do Exercício (IRE)! Nosso Sistema Nervoso Simpático (SNS) será justamente regulado de acordo com essa IRE, fazendo com que cada um de nós tenhamos uma FC que atenda às nossas necessidades individuais impostas demandas metabólicas da atividade física.

Então vocês podem estar se perguntando: Quando saio para correr com meu amigo atleta e nós corremos juntos, na mesma velocidade, nossa FC será a mesma?

A resposta é: não! Como seu amigo é um atleta, ou seja, uma pessoa que pratica exercícios físicos de forma regular e bem orientada, ele terá adaptações em seu corpo (adaptações metabólicas e fisiológicas do treinamento) que farão com que aquela corrida represente um menor esforço para ele, mesmo estando vocês na mesma velocidade! Com isso seu SNS será menos estimulado e consequentemente a sua FC durante o exercício será menor, ou seja, a FC durante o exercício representa um bom indicador de treinamento (FIGURA 6)!

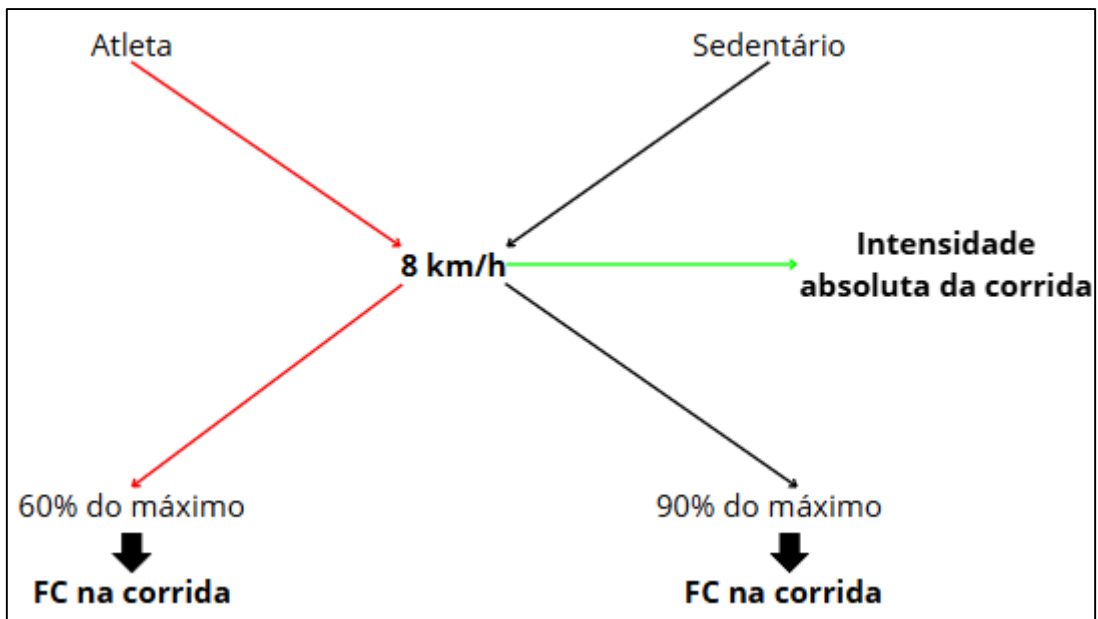


FIGURA 6 – Representação da diferença entre a frequência cardíaca (FC) de um atleta e um sedentário durante uma atividade física, ambos na mesma intensidade. A FC do atleta vai subir menos em relação ao sedentário, porque ele precisa fazer menos esforço do que o sedentário para correr na mesma velocidade (mesma intensidade). (Acervo pessoal)

Débito Cardíaco

O débito cardíaco (DC) é a quantidade de sangue bombeada pelo coração a cada minuto. Ele pode ser calculado através do produto da FC pelo volume de ejeção (ROBERGS e ROBERTS, 2002). O DC é assim calculado:

$$\text{DC (L/min)} = \text{VE (L)} \times \text{FC (bat/min)}$$

Em repouso, o valor normal para o volume de sangue bombeado pelo coração por minuto é de aproximadamente 5 litros de sangue por minuto (L/min), mas pode aumentar para até 35 L/min dependendo da intensidade do exercício. Durante o exercício, o coração pode aumentar em até 80% a quantidade de sangue que é ejetado (ROBERGS e ROBERTS, 2002).

Redistribuição do Fluxo Sanguíneo Durante a Atividade Física

A FIGURA 7 ilustra a distribuição percentual do débito cardíaco (volume de sangue circulante) durante a atividade física intensa. O estresse ambiental, o nível de fadiga, a modalidade e a intensidade da atividade física afetam o fluxo sanguíneo regional, porém a maior parte do débito cardíaco é desviada para os músculos ativos (McARDLE, KATCH e KATCH 2016). Durante as corridas e

ciclismo, atividades físicas realizadas por grandes grupos musculares e com intensidade máxima, o fluxo sanguíneo muscular representa 80 a 85% do débito cardíaco total.

O fluxo sanguíneo para o músculo também aumenta significativamente em relação ao fluxo para outros tecidos. Dois fatores, a regulação vascular hormonal e as condições metabólicas locais, redirecionam o sangue em maior proporção para os músculos ativos a partir das áreas que podem tolerar temporariamente uma redução do fluxo sanguíneo. Por exemplo durante o esforço intenso, os órgãos viscerais suportam um suprimento sanguíneo substancialmente reduzido por mais de 1 hora. A redistribuição de 2 a 3L de sangue para longe desses tecidos “libera” até 600 ml de oxigênio por minuto a serem utilizados pelos músculos ativos (PITHON-CURI, 2013).

MAS NÃO SE PREOCUPEM, TUDO ISSO É NORMAL!!!!

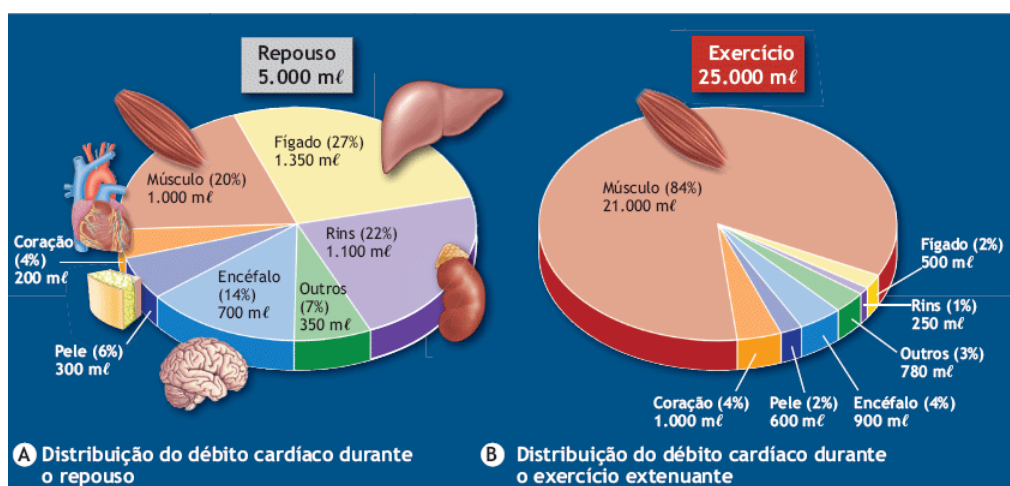


FIGURA 7 – (A) Distribuição relativa do débito cardíaco durante o repouso e (B) Distribuição do débito cardíaco durante o exercício extenuante. O número entre parênteses indica o percentual do débito cardíaco total. A grande massa absoluta de tecido muscular em repouso recebe aproximadamente o mesmo volume de sangue dos rins, que são muito menores. Na atividade física extenuante, cerca de 84% do débito cardíaco são desviados para os músculos ativos. (McARDLE, KATCH e KATCH, 2016)

Adaptações ao Treinamento

O sistema cardiovascular tem a capacidade de melhorar o seu funcionamento em função da prática de exercício físico regular. Toda vez que nos submetemos a um treinamento físico (prática regular, sistematizada e bem orientada de exercícios físicos), adaptações metabólicas e fisiológicas irão

ocorrer no nosso corpo (PITHON-CURI, 2013). Mas o que são essas adaptações?

Uma das adaptações observadas ao treinamento, principalmente aeróbio, no nosso sistema circulatório diz respeito ao funcionamento e morfologia do nosso coração. Observamos que o coração de um indivíduo treinado se torna mais eficiente, gastando menos energia para atender as necessidades do nosso corpo. Observamos uma redução da FC durante o repouso e durante a atividade física. Essa redução é possível, pois este coração fica mais forte e eficiente, e a cada contração (batimento) é capaz de colocar um maior volume de sangue para circular.

Este aumento na força e eficiência de contração do coração ocorre principalmente devido à hipertrofia⁹ cardíaca, que se caracteriza por aumento da espessura da parede muscular, especialmente do ventrículo esquerdo. A hipertrofia cardíaca em resposta ao treinamento difere da hipertrofia patológica provocada por enfermidades como a hipertensão arterial e a Doença de Chagas, essa última, por sua vez, está associada a inflamação e fibrose (Improta-Caria AC, et al. 2025). A hipertrofia patológica promove aumento do tamanho do coração, sem elevar a sua força de contração, tornando sua contração insuficiente para bombear sangue de maneira adequada para os órgãos e tecidos do organismo.

Mas qualquer tipo de treinamento pode provocar essa hipertrofia cardíaca benéfica? A hipertrofia cardíaca é uma adaptação fisiológica diretamente relacionada ao tipo de exercício físico. Apesar de modalidades de treinamento de força (musculação) serem capazes de gerar hipertrofia muscular cardíaca, em modalidades com predominância aeróbia, como a corrida de longa distância, pode haver uma maior hipertrofia cardíaca. Como resposta crônica a esse estímulo, ocorre a hipertrofia do ventrículo esquerdo, caracterizada pelo

Aprenda um pouco mais!!!

O coração responde ao exercício através do aumento da frequência cardíaca e do débito cardíaco. A frequência cardíaca é controlada por alterações neurais (sistema nervoso central) e hormonais. Nem todos os exercícios físicos provocam a mesma resposta cardíaca, vai depender do tipo de exercício, duração e intensidade.

(ROBERGS e ROBERTS, 2002)

⁹ **Hipertrofia** celular: aumento do tamanho da célula.

aumento da cavidade ventricular com discreto espessamento da parede muscular. Essa adaptação permite ao coração ejetar um volume maior de sangue por batimento, otimizando o transporte de oxigênio para os músculos durante atividades físicas prolongadas.

QUESTÕES

1- Qual é a principal função do sistema circulatório no corpo humano?

- a) Produzir energia para as células.
- b) Transportar oxigênio, nutrientes e hormônios.
- c) Controlar os movimentos musculares.
- d) Regular a temperatura do ambiente.

2- Quais são os principais componentes do sistema circulatório?

- a) Pulmões, rins e intestino.
- b) Estômago, fígado e pâncreas.
- c) Coração, vasos sanguíneos e sangue.
- d) Cérebro, medula espinhal e nervos.

3- Explique com suas palavras por que o sistema circulatório é considerado essencial para a sobrevivência humana.

4- Como o sistema circulatório contribui durante a prática de exercícios físicos?

- a) Diminuindo a temperatura corporal.
- b) Transportando mais oxigênio e nutrientes para os músculos.
- c) Aumentando o número de células nervosas.
- d) Controlando os movimentos de forma involuntária.

5- Marque V para verdadeiro e F para falso.

() O sistema circulatório atua somente durante atividades físicas intensas, como correr ou pular.

() O sistema circulatório participa da remoção do dióxido de carbono produzido pelas células.

6- Qual dos órgãos abaixo atua como a bomba propulsora do sangue no corpo humano?

a) Pulmão

b) Rim

c) Coração

d) Fígado

7- Em sua opinião, por que é importante compreender como o sistema circulatório funciona, especialmente no contexto da prática de atividades físicas?

CAPÍTULO 3

SISTEMA RESPIRATÓRIO

Para entendermos o sistema respiratório, é necessário entender a anatomia básica do pulmão e da circulação pulmonar.

Anatomia Básica do Pulmão

Os pulmões estão localizados dentro da cavidade torácica. O ar entra e sai deles através da traqueia, que é um tubo longo constituído de cartilagem que se estende desde a laringe até os brônquios e bronquíolos divergentes dos pulmões (FIGURA 8). A traqueia e os brônquios são recobertos por músculo liso e são estruturalmente sustentados por numerosos anéis de cartilagosos em forma de C. Em conjunto, a boca e as vias nasais, traqueia, brônquios e bronquíolos compõem a zona condutora¹⁰ dos pulmões (olhar FIGURA 8), enquanto os bronquíolos respiratórios, ductos alveolares e alvéolos (pequenas bolsas de ar nos pulmões), que são os locais onde acontece as trocas gasosa, são referidos como a zona respiratória¹¹ do pulmão (FIGURA 9). A zona respiratória do pulmão é recoberta com um rico suprimento sanguíneo. A respiração ótima necessita de uma similaridade entre a inflação do pulmão e a perfusão sanguínea, ou seja, para que a respiração funcione bem, é importante que o ar que entra nos pulmões e o sangue que passa por eles estejam bem equilibrados. Ou seja, a quantidade de ar (oxigênio) que chega aos alvéolos deve ser proporcional à quantidade de sangue que passa por eles. (Foss e Keteyian, 1998).

¹⁰ **Zona condutora:** zona do pulmão onde não ocorre troca gasosa.

¹¹ **Zona respiratória:** zona do pulmão onde ocorre troca gasosa.

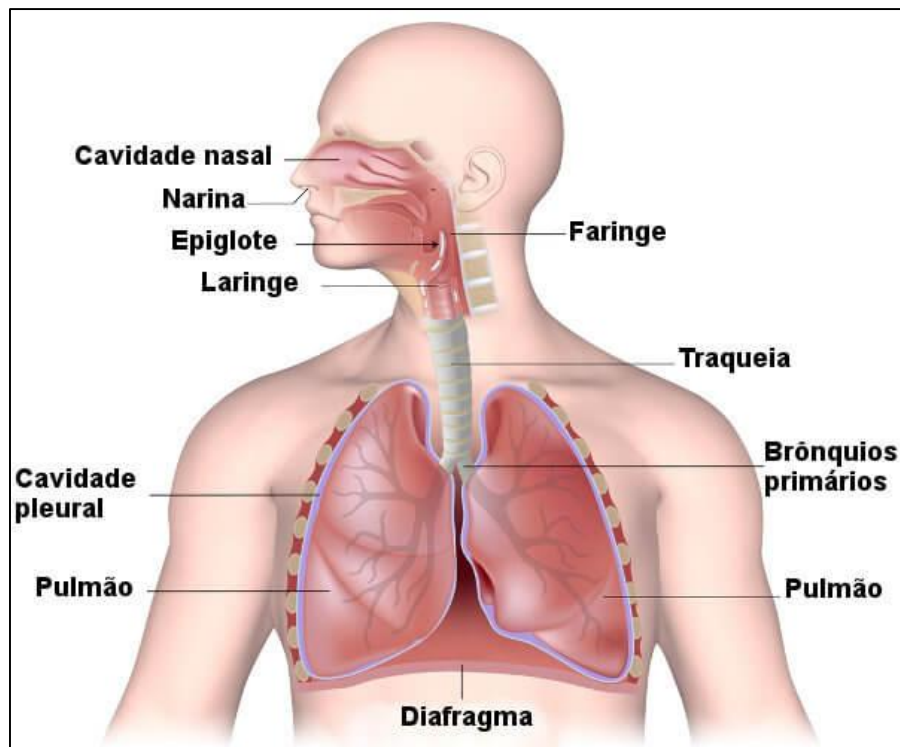


FIGURA 8 – Sistema respiratório. (Google imagens)

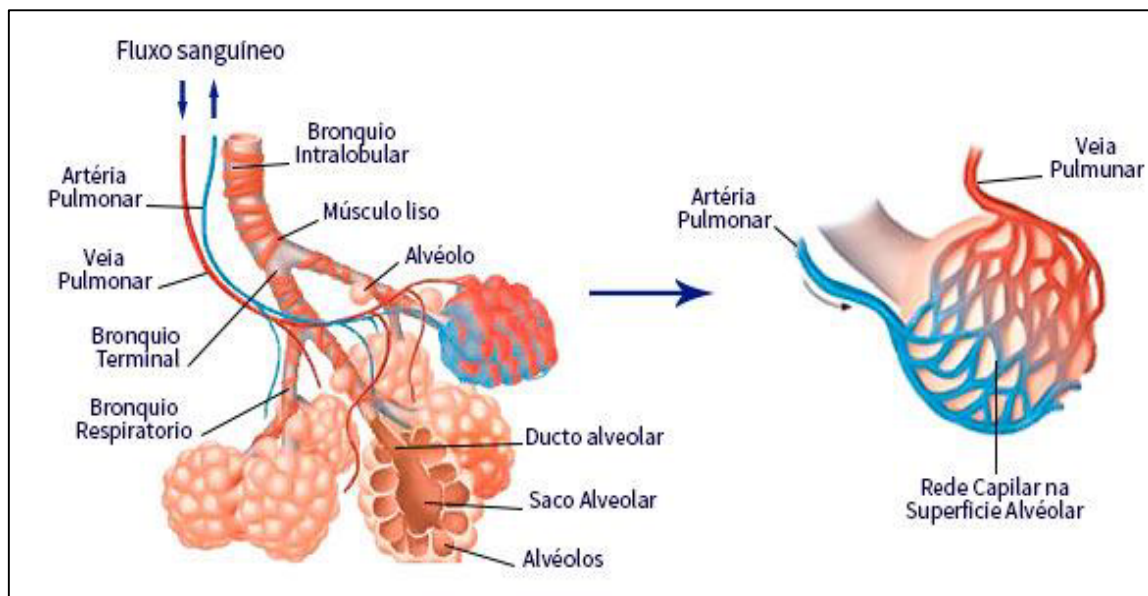


FIGURA 9 – Zona respiratória do pulmão. (Google imagens).

Ventilação

O termo ventilação, muitas vezes é utilizado como um sinônimo do processo de respiração, porém trata-se de conceitos diferentes. A ventilação envolve o movimento do ar para dentro e para fora dos pulmões. A diferença de pressão entre o ar de fora (atmosfera) e o ar dentro dos pulmões é a grande responsável pela ventilação, esta diferença é criada pelos músculos chamados ventilatórios (diafragma e intercostais que se ligam às costelas) - (FIGURA 10). Por exemplo, quando inspiramos profundamente, os músculos inspiratórios, como o diafragma e os músculos intercostais externos, se contraem, aumentando o espaço dentro da caixa torácica e diminuindo a pressão interna. Isso faz com que o ar entre naturalmente, pois ele sempre vai de onde tem maior pressão para onde tem menor pressão. Já na expiração, esses músculos relaxam (ou, no caso da expiração forçada durante a atividade física, os músculos intercostais internos e os músculos abdominais se contraem para expulsar o ar com mais força), aumentando a pressão interna e forçando o ar para fora (ROBERGS e ROBERTS, 2002). Esses movimentos são muito importantes, principalmente durante a atividade física. Em repouso, ventilamos cerca de 6 litros de ar por minuto, mas, durante uma atividade intensa, como uma corrida ou uma partida de futebol, esse número pode subir para mais de 150 litros por minuto (L/min), podendo atingir até 200 L/min (McARDLE; KATCH e KATCH, 2024).

Observação: A velocidade que os pulmões podem ser inflados e esvaziados é incrível, e isso acontece porque os alvéolos oferecem pouca resistência ao ar. Além disso, os pulmões têm uma propriedade chamada complacência, que significa a capacidade de se expandir ou se contrair com facilidade, com pequenas mudanças de pressão. Então, acho bom você já agradecer ao seu sistema respiratório!!!

SILVERTHORN (2019)

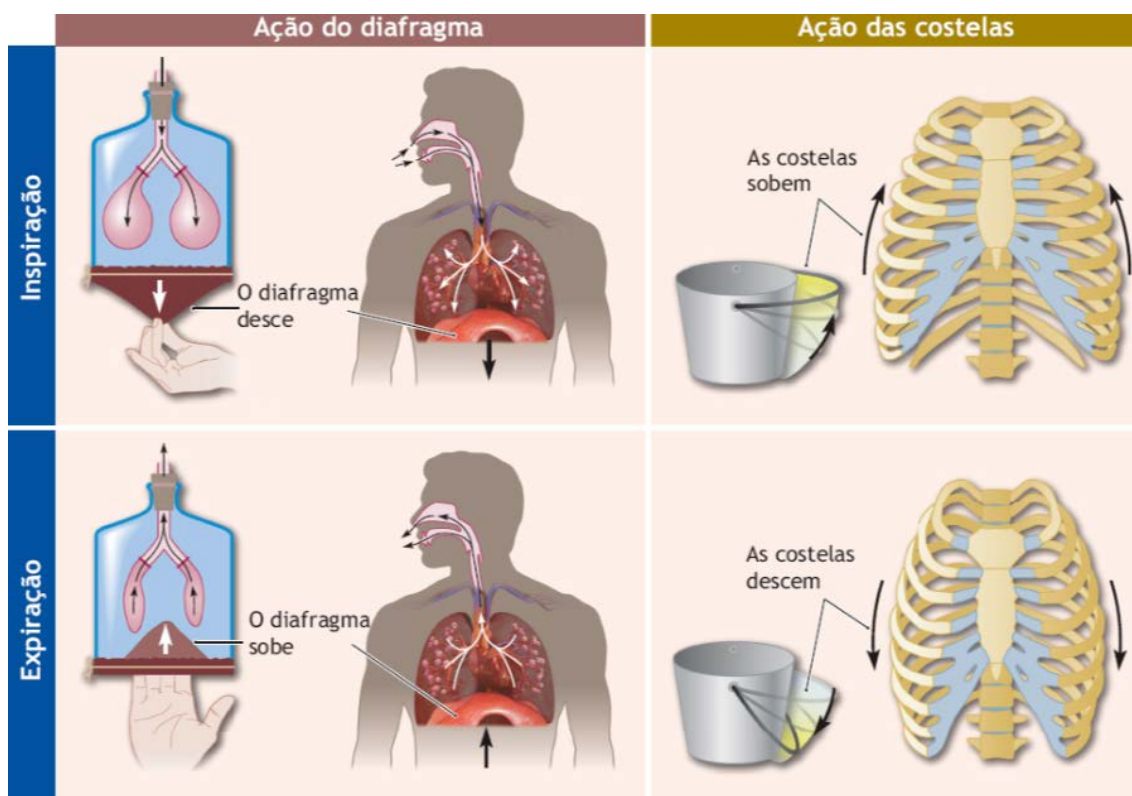


FIGURA 10 – Ação do diafragma e das costelas na ventilação. (Fisiologia do Exercício – Nutrição, Energia e Desempenho Humano . 9. ed.)

Respiração

Como já entendemos sobre a ventilação, vamos falar um pouco de como ocorre a respiração. O processo de troca gasosa, ou respiração, envolve o movimento do oxigênio e do dióxido de carbono a favor dos gradientes de pressão (ou seja, o gás sai de onde tem uma maior pressão, para onde tem menor pressão) que existem entre o sangue do capilar pulmonar e o ar dos alvéolos, e entre o sangue dos capilares da circulação sistêmica e as células perfundidas por esse sangue. Consequentemente, a respiração pode ocorrer nos pulmões, que, é referida como respiração externa, ou nos tecidos sistêmicos, que é referida como respiração interna (SILVERTHORN, 2019):

Respiração Externa

Os processos de respiração externa resultam no movimento dos gases entre o ar alveolar e o sangue dos capilares pulmonares. Essa troca ocorre pela difusão através de um meio fluido de algumas membranas. Para compreender como as pressões parciais dos gases afetam o volume dos gases no sangue,

devemos compreender como o sangue transporta o oxigênio e o dióxido de carbono.

Transporte de Oxigênio e Gás Carbônico

O oxigênio pode ser transportado tanto dissolvido no plasma quanto ligado à hemoglobina presente nas hemácias (glóbulos vermelhos). No entanto, a capacidade do oxigênio de se dissolver no plasma é relativamente baixa. Portanto, apenas uma pequena quantidade de oxigênio pode ser transportada desta forma até os tecidos. Em condições de repouso, o oxigênio dissolvido contribui com apenas 3 a 4% do total consumido pelo corpo a cada minuto. Durante o exercício intenso, esse percentual é ainda menor, representando menos de 2% da demanda total de oxigênio do organismo. A maior parte do oxigênio, portanto, é transportada ligada à hemoglobina, uma proteína presente nas hemácias, que tem como uma de suas principais funções captar o oxigênio nos pulmões e liberá-lo nos tecidos, de acordo com as necessidades metabólicas do corpo (Foss e Keteyian, 1998).

O volume de dióxido de carbono estocado no corpo (no sangue e nos tecidos) é muito maior do que o estoque de oxigênio. Além disso, assim como o oxigênio, o CO_2 pode ser transportado dissolvido no sangue ou ligado à hemoglobina, além de poder ser transportado na forma de bicarbonato (HCO_3^-) resultado de uma reação química entre o CO_2 e a água. Além disso, como ocorre no transporte de O_2 a quantidade de CO_2 dissolvido no plasma constitui apenas uma pequena fração do total transportado (cerca de 5%). A maior parte (aproximadamente 95%) é conduzida em formas químicas combinadas, principalmente como bicarbonato e, em menor proporção, ligado à hemoglobina (formando uma molécula chamada carboemoglobina).

Respiração Interna

Nos tecidos, a pressão parcial de oxigênio é baixa porque as células utilizam esse gás a todo momento para realizar a respiração celular e a pressão parcial do dióxido de carbono, é alta por causa da produção metabólica de (CO_2)

No músculo, há uma molécula que transporta o oxigênio, chamada mioglobina¹². A mioglobina pode ser vista como uma intermediária, transferindo as moléculas de oxigênio entre a hemoglobina e a mitocôndria dentro das fibras musculares (ROBERGS e ROBERTS, 2002).

Função Pulmonar Durante a Atividade Física

O início do exercício é caracterizado por aumentos imediatos na ventilação. Fatores neurais e sanguíneos (humorais) regulam esse aumento. Nosso Sistema Nervoso Central (SNC) responde aos estímulos provocando aumentos na frequência cardíaca e na profundidade da ventilação, aumentando-a. Durante a atividade física alterações no sangue, tais como aumentos nas pressões parciais de dióxido de carbono, temperatura aumentada, acidose aumentada e até mesmo reduções nas pressões parciais de oxigênio no sangue, fornecem o estímulo para que o SNC controle nossa ventilação de acordo com a nossa necessidade. Esse controle acontece de forma rápida e precisa, o que permite que o corpo responda de forma diferente a diferentes intensidades de exercício (ROBERGS e ROBERTS, 2002).

Qual A Maneira Correta De Ventilar Durante A Atividade Física?

Desde pequeno você aprende que deve inspirar pelo nariz e expirar pela boca, porque assim você terá um melhor controle da respiração e vai ter um melhor desempenho físico. Mas será que isso é mesmo verdadeiro? Bom, vamos por partes...

Esse tipo de ventilação realmente é importante, porque o nariz filtra, aquece e umidifica o ar inspirado, protegendo as vias respiratórias e os pulmões. Porém, durante o exercício físico, o corpo precisa ventilar uma quantidade muito maior de ar para suprir a demanda de oxigênio dos músculos e eliminar o excesso de gás carbônico produzido pelos mesmos. Embora a respiração nasal possa ser suficiente em baixas intensidades, ela é inadequada em intensidades mais altas (Lee et al., 2025). Por isso, é comum, e desejado, que a ventilação mude de um padrão nasal (só pelo nariz) para um padrão oro nasal (pela boca

¹² **Mioglobina:** proteína intramuscular que contém um ligamento heme contendo ferro que permite a ligação ao oxigênio.

e pelo nariz ao mesmo tempo). As narinas, sozinhas, não têm capacidade de movimentar o grande volume de ar exigido durante atividades mais intensas. MAS NÃO SE PREOCUPE, esse ajuste acontece de forma automática. O SNC detecta a maior demanda de oxigênio e comanda a mudança no padrão ventilatório sem que você precise pensar nisso!

A natação é uma exceção quando tratamos do controle ventilatório durante o exercício. Uma das etapas mais importantes do processo de aprendizado e do seu treinamento é o controle da ventilação, por motivos óbvios... NÃO ENGOLIR ÁGUA!!



(Google imagens)

Adaptações ao Treinamento no Sistema Ventilatório

Diante de tudo que vimos até aqui, você já deve saber que o treinamento físico tem capacidade de causar melhorias no sistema respiratório, não é?! Mas que melhorias seriam essas?

Quando pensamos em melhorias provocadas pelo treinamento físico, muitas vezes imaginamos que o corpo vai “aprender” a puxar mais ar. Mas, na verdade, a principal adaptação do sistema respiratório ao treinamento não é aumentar a quantidade de ar ventilado, e sim tornar a respiração mais eficiente. Ficou confuso? Calma que vou te explicar...

Com o tempo, o corpo treinado se adapta e começa a gastar menos energia com as musculaturas envolvidas no processo de ventilação (como o

diafragma e os músculos intercostais), ou seja, a respiração se torna menos “cansativa”. Isso acontece, porque esses músculos se fortalecem e se tornam mais eficiente (PITHON-CURI, 2013). Além disso, atletas treinados costumam ventilar de forma mais profunda e controlada e com menos frequência (menos vezes por minuto) durante o esforço. Já pessoas não treinadas tendem a ventilar com muito mais frequência e menos profundidade, ficando mais ofegantes, o que aumenta o esforço e o consumo de energia só para ventilar (PIRES *et al.*, 2008). Então, com o treinamento, o corpo aprende a economizar energia no processo de ventilação, permitindo que mais energia seja disponibilidade para os músculos que realizam o exercício.

QUESTÕES

1- Durante a inspiração, o que acontece com o diafragma?

- A) Relaxa e sobe.
- B) Contrai e desce.
- C) Contrai e sobe.
- D) Relaxa e desce.

2- Qual das opções abaixo descreve corretamente a zona respiratória dos pulmões?

- A) Nariz, faringe, laringe
- B) Traqueia e brônquios
- C) Bronquíolos respiratórios, ductos alveolares e alvéolos
- D) Laringe e traqueia

3- Durante o exercício físico intenso, o padrão respiratório tende a mudar para:

- A) Apenas nasal
- B) Apenas oral
- C) Oronasal (boca e nariz)
- D) Abdominal

4- A principal adaptação do sistema respiratório ao treinamento físico é:

- A) Aumentar o número de alvéolos
- B) Aumentar a frequência respiratória em repouso
- C) Tornar a respiração mais eficiente e menos cansativa
- D) Diminuir a capacidade pulmonar total

5- Qual a diferença entre respiração externa e respiração interna? Dê exemplos de onde cada uma ocorre.

6- Explique por que uma pessoa não treinada tende a ficar mais ofegante durante o exercício do que uma pessoa treinada.

CAPÍTULO 4

SISTEMA ENDÓCRINO: OBESIDADE E HIPERTROFIA

O sistema endócrino é complexo, e apresenta inúmeras glândulas (FIGURA 11) que produzem e liberam hormônios na corrente sanguínea. Os hormônios produzidos por essas glândulas influenciam praticamente todas as funções do organismo, interagindo com o sistema nervoso.

Os hormônios são mensageiros químicos secretados por células especializadas. Eles são responsáveis por diversas funções corporais consideradas contínuas e de longo prazo. Processos que estão principalmente sob controle hormonal incluem metabolismo, regulação do meio interno (temperatura, balanço hídrico e de íons), reprodução, crescimento e desenvolvimento. Ou seja, os hormônios são uns dos principais responsáveis por manter a homeostase corporal. A célula, o tecido ou o órgão sobre o qual o hormônio exerce determinado efeito recebem os nomes de: célula-alvo, tecido-alvo e órgão-alvo, respectivamente. A atividade física e o processo de treinamento podem levar a aumentos ou reduções nos níveis sanguíneos dos hormônios, em comparação aos seus valores de repouso (SILVERTHORN, 2019).

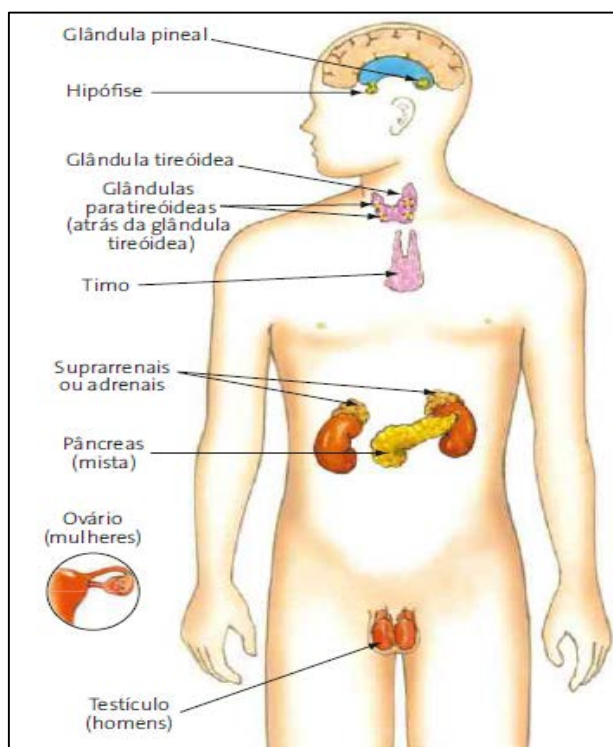


FIGURA 11 – Glândulas do sistema endócrino (Bio- Sônia Lopes e Sergio Rosso)

Na FIGURA 12 será apresentado os principais hormônios que atuam durante o exercício físico, suas principais alterações ao treinamento e a glândula secretora.

Glândula secretora	Hormônio (no sangue)	Durante Atividade Física	Adaptações Ao Treinamento
Pâncreas	Insulina	Diminui para permitir maior disponibilidade de glicose para o músculo.	Aumenta a sensibilidade à insulina
	Glucagon	Aumenta para manter a glicemia	
Hipófise posterior	Hormônio antidiurético (ADH)	Aumenta para conservar água, mantendo o equilíbrio hídrico	
Hipófise anterior	Hormônio do crescimento (GH)	Aumenta de acordo com a intensidade do exercício, estimula a lipólise	
Córtex suprarrenal	Cortisol	Aumenta com exercícios intensos; mobiliza gordura e aminoácidos para gerar glicose	Diminui sua produção; melhora o controle do estresse
Medula suprarrenal	Adrenalina	Aumenta FC, força de contração, débito cardíaco, PA	
	Noradrenalina	Aumenta FC, força de contração, débito cardíaco, PA	
Testículos (homens)	Testosterona	Aumenta em exercícios de força e aeróbico	Estimula hipertrofia; aumento da força
Ovários (mulheres)	Progesterona/Estradiol	Podem aumentar de forma transitória, influenciando e regulação térmica	

FIGURA 12 - Principais hormônios que atuam durante o exercício físico, suas alterações ao treinamento, e glândulas secretoras. FC: frequência cardíaca. PA: pressão arterial. (Acervo pessoal)

Pâncreas

Os dois principais hormônios produzidos pelo pâncreas são insulina e glucagon. A função da insulina é controlar os níveis de glicose sanguínea (glicemia) e armazená-las, e ela faz isso aumentando o ritmo de transporte de glicose para dentro das células do corpo. Além disso, a insulina aumenta a deposição de gordura nos tecidos adipócitos (células gordurosas). Durante a atividade física, os níveis de insulina diminuem. Isso acontece porque outros mecanismos de transporte de glicose para dentro da célula muscular estão mais ativados. Caso a insulina aumentasse poderíamos experimentar uma queda muito elevada nos níveis de glicose no sangue, pois teríamos muitas glicoses entrando para o músculo (Foss e Keteyian, 1998). Essa queda na glicose sanguínea (hipoglicemia) levaria a uma queda do desempenho ou até mesmo uma queda física no CHÃO (desmaio!!).

CURIOSIDADE!! VOCÊ SABE O QUE É *DIABETES MELLITUS TIPO 2*?

Diabetes mellitus tipo 2 é uma doença crônica caracterizada pela resistência do organismo à insulina e aumento dos níveis de açúcar no sangue, provocando sintomas como sensação de boca seca, aumento da vontade para urinar, vontade aumentada para beber água e cansaço excessivo.

Ao contrário da diabetes tipo 1, a pessoa não nasce com diabetes do tipo 2, desenvolvendo a doença devido a vários anos de hábitos de vida pouco saudáveis, especialmente o consumo excessivo de carboidratos na alimentação e estilo de vida sedentário.

Dependendo do grau da alteração nos níveis de açúcar o tratamento pode passar apenas por fazer algumas alterações na dieta e no estilo de vida, como a prática regular de atividade física. A diabetes não tem cura, mas é uma doença que com controle se evita complicações.

(TUA SAÚDE. **Diabetes: o que é, sintomas, tipos, causas e tratamento.** Tua Saúde, São Paulo, Atualizado em junho 2025. Disponível em: <https://www.tuasaude.com/diabetes-tipo-2/>. Acesso em: 2 jul. 2025).

O glucagon produz efeitos opostos aos da insulina. Quando ele é secretado, realiza funções para aumentar a glicemia, principalmente por estimular a glicogenólise, que é a transformação da molécula de glicogênio em moléculas de glicose e a gliconeogênese, que é a produção de glicose a partir

de moléculas que não são carboidratos, como a proteína e gordura. Durante o exercício físico, os níveis de glucagon aumentam. Isso ocorre porque o corpo precisa manter os níveis de glicose no sangue estáveis, principalmente para garantir o suprimento energético ao cérebro e aos músculos ativos.

Hipófise

A hipófise é uma glândula extremamente pequena localizada na base do crânio (ver FIGURA 12) e que libera muitos hormônios. Ao analisarmos essa glândula do ponto de vista fisiológico, perceberemos que ela tem 2 lobos distintos (FIGURA 13), cada um deles secreta hormônios específicos.

O lobo posterior, também denominado neuro-hipófise (por causa da sua conexão direta com o hipotálamo), é responsável pela secreção do hormônio antidiurético (ADH), que também recebe o nome de vasopressina. Esse hormônio tem como função o controle dos eletrólitos e principalmente o controle da reabsorção de água pelos rins. Durante a atividade física, os níveis de ADH aumentam e em conjunto com outras substâncias (por exemplo a aldosterona) ajudam conservar os níveis de água e de sódio no corpo, ou seja, diminui a velocidade da desidratação (efeito antidiurético¹³).

O lobo anterior, também denominado adeno-hipófise, secreta vários hormônios, entre eles o hormônio do crescimento (GH), que estimula o crescimento e o desenvolvimento de órgãos e tecidos. Esse hormônio tem seus níveis aumentados com a atividade física, e quanto maior for a intensidade do exercício maior será a sua concentração. Este hormônio, em conjunto com outras substâncias (eixo GH-IGF1), vai contribuir para uma maior hipertrofia muscular.

¹³ **Efeito antidiurético:** é a redução da produção de urina pelos rins, com o objetivo de conservar água no organismo.

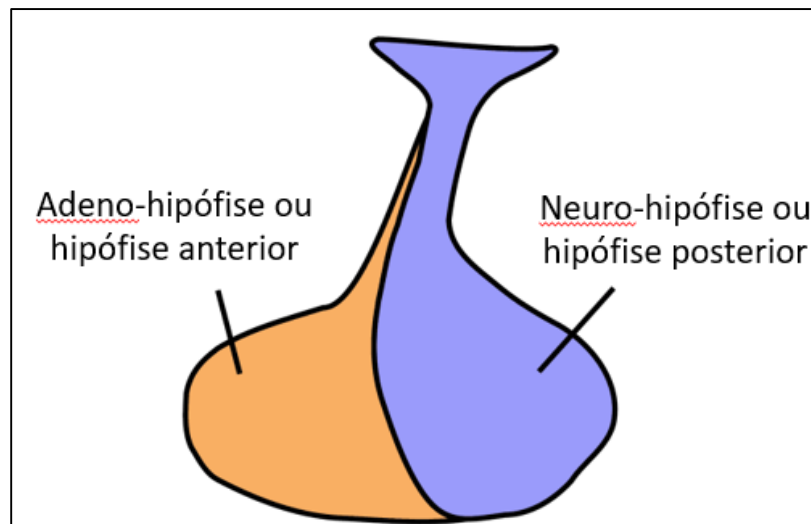


FIGURA 13 – Glândula Hipófise. (Acervo pessoal)

Glândulas Suprarrenais

As glândulas suprarrenais, como o próprio nome diz, estão localizadas acima dos rins. Do ponto de vista fisiológico, a glândula suprarrenal é constituída por duas glândulas separadas: a medula suprarrenal, ou região interna da glândula, e o córtex da suprarrenal, ou região externa da glândula.

A medula suprarrenal produz hormônios que são os mesmos produzidos pelo sistema nervoso simpático (neurotransmissores – adrenalina e noradrenalina), e está sob influência direta desse sistema. Esses hormônios são denominados de catecolaminas. Dentre os seus diversos efeitos, podemos citar o aumento da frequência cardíaca, da força de contração do músculo cardíaco, do débito cardíaco, da pressão arterial, estimulação do sistema nervoso central, além dos efeitos metabólicos, como a liberação de glicose no músculo e no fígado e a liberação de ácidos graxos no tecido adiposo para ser usada como fonte alternativa de energia (Zouhal H, 2008).

Já que as catecolaminas exibem uma relação fisiológica com as ações do sistema nervoso simpático, uma concentração sanguínea elevada de catecolaminas pode ser esperada durante as sessões de exercício físico, sendo que quanto maior for a intensidade do exercício, maior será a sua liberação. Os aumentos nos níveis destes hormônios são de extrema importância para o desempenho físico, pelos seus efeitos positivos sobre o sistema cardiovascular e metabólico (como já foi dito anteriormente) - (ROBERGS e ROBERTS, 2002). Uma das adaptações que podem ocorrer com o treinamento é uma redução nos

níveis basais das catecolaminas (Winder et al., citado por Foss e Keteyian, 1998). Os níveis mais baixos desses hormônios, estão relacionados ao menor “estresse” do corpo sobre todos os sistemas atuantes.

O córtex da suprarrenal, secreta cerca de 40 hormônios que pertence à classe dos compostos conhecidos como esteroides. Esses são divididos em diferentes grupos, com base em suas principais ações (Foss e Keteyian, 1998).

Dentre esses diferentes grupos, estão os glicocorticoides, que, embora recebam esse nome em virtude dos efeitos sobre o metabolismo da glicose, também desempenham efeitos sobre o metabolismo proteico e lipídico. O glicocorticoide mais importante é o cortisol (também chamado de hormônio do estresse), que apresenta diversas ações importantes, dentre elas, promover uma maior síntese de glicose a partir dos aminoácidos (gliconeogênese), deprimem a lipogênese hepática (criação de lipídeos no fígado) e mobiliza a gordura dos tecidos adiposos para a obtenção de energia durante a inanição e a atividade física prolongada. Outra ação importante, é o seu efeito facilitador necessário para a atividade plena do glucagon e das catecolaminas. Ao realizarmos uma atividade física de intensidade leve ou moderado, pode não haver alterações ou apenas pequenas alterações nos níveis sanguíneos de cortisol. Mas, quanto mais intenso for o exercício, maior será o aumento deste hormônio. Esse aumento durante o exercício pode causar benefícios pelo seu efeito gliconeogênico no fígado. Como efeito de treinamento, os níveis de produção de cortisol podem diminuir, porque o treinamento promove um melhor controle desse hormônio pelo corpo, o que pode levar à um melhor controle do estresse.

Ovários e testículos

Os testículos no homem e os ovários na mulher, são as glândulas reprodutoras que liberam hormônios que promovem características sexuais secundárias específicas; androgênios (testosterona) no homem e estrogênios (estradiol) e progesterona na mulher.

Além de seus efeitos diretos sobre a síntese do tecido muscular, a testosterona afeta indiretamente o conteúdo proteico das fibras musculares. A testosterona também interage com receptores neurais para aumentar a liberação de neurotransmissores e iniciam mudanças estruturais nas proteínas que alteram o tamanho da junção entre o neurônio e o músculo, podendo melhorar

as capacidades de produção de força do músculo esquelético. O exercício físico de alta intensidade eleva os níveis de testosterona, como por exemplo: em homens não treinados, o exercício de força muscular e a atividade aeróbia moderada, depois de 15 a 20 minutos, provocam elevação dos níveis de testosterona (McARDLE, KATCH E KATCH, 2024).

Os estrogênios, regulam a ovulação, a menstruação e promovem os ajustes fisiológicos durante a gravidez. A progesterona atua como um hormônio sinalizador específico para o ciclo reprodutivo feminino, regulando a ação do músculo liso uterino e a lactação. O estrogênio e a progesterona podem aumentar temporariamente durante exercícios de intensidade moderada a alta, principalmente em fases do ciclo onde esses hormônios já estão naturalmente elevados (por exemplo, na fase lútea) - (McARDLE, KATCH E KATCH, 2024).

Tópicos Especiais

Agora que já aprendemos um pouco mais sobre os hormônios, vamos aplicar isso em temas que têm tudo a ver com a vida real: obesidade, emagrecimento, hipertrofia muscular e o uso de recursos ergogênicos...

Obesidade

Veremos agora que, a obesidade, além de ser uma questão metabólica, também é uma questão hormonal e social. Aposto que você já ouviu falar sobre isso!

Mas afinal, o que é a obesidade?

A obesidade é uma condição caracterizada pelo acúmulo excessivo de gordura corporal, que compromete a saúde e a qualidade de vida. Mais do que um simples aumento de peso, a obesidade está associada a alterações metabólicas, hormonais e comportamentais. A obesidade é uma manifestação de um balanço energético positivo crônico (McARDLE, KATCH & KATCH, 2024). E o que isso significa? Significa que, a ingestão calórica¹⁴ (ou seja, as calorias que uma pessoa ingere) supera, durante muito tempo, o gasto calórico¹⁵ total (a energia gasta) do corpo (FIGURA 14).

¹⁴ **Ingestão calórica:** quantidade de calorias ingerida pelo corpo.

¹⁵ **Gasto calórico:** quantidade de calorias gasta pelo corpo.

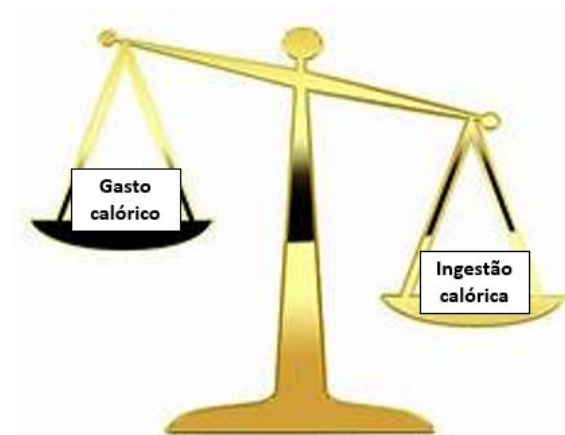


FIGURA 14 – Representação de um balanço calórico positivo. (Acervo pessoal)

O corpo humano armazena esse excesso de energia sob a forma de triglicerídeos no tecido adiposo. Com o tempo, esse armazenamento exagerado sobrecarrega os sistemas corporais, especialmente o cardiovascular, o endócrino e o muscular.

O excesso de tecido adiposo visceral (ao redor dos órgãos internos) é especialmente problemático, pois secreta substâncias inflamatórias e hormônios que favorecem a resistência à insulina, dislipidemias (colesterol alto) e doenças cardiovasculares (Pithon-Curi, 2013), podendo levar a complicações de saúde e até mesmo a morte!

E quais são as causas da obesidade?

O ganho de peso não é apenas uma questão de "falta de força de vontade", mas sim o resultado de interações complexas entre biologia, ambiente e comportamento (Plowman & Smith, 2014). Diante de tudo isso que vimos, nos resta uma única dúvida: quais são as estratégias para um emagrecimento saudável?

Bom, a única forma possível de se conseguir emagrecer de forma saudável é por meio do balanço calórico negativo.

Balanço calórico negativo

O corpo emagrece quando ocorre o déficit calórico, ou seja, quando se gasta mais energia do que se consome e quando este processo é mantido de forma crônica (FIGURA 15). Quando temos esta condição o corpo busca na célula de gordura energia necessária para manter seus gastos diários. Para isso,

a combinação de alimentação saudável com prática regular de atividade física/exercícios físico é a forma mais segura e eficaz (Esquivel MK, 2021).

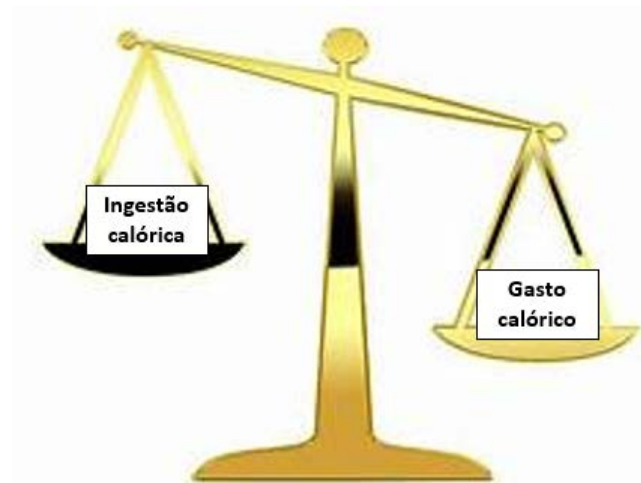


FIGURA 15 – Representação de um balanço calórico negativo. (Acervo pessoal)

Muitas pessoas acreditam que emagrecer é a mesma coisa que perder “peso”, mas isso não é verdade. Perder “peso”, que na realidade é perder massa corporal, significa simplesmente ver um número menor na balança, e isso pode acontecer por diversos motivos: perda de água (como na desidratação), perda de massa muscular, de gordura ou até de massa óssea (perder uma parte do seu corpo – credo!). Já emagrecer, significa reduzir a quantidade de gordura corporal, o que é mais importante para a saúde e o desempenho físico. Um exemplo claro que pode ser citado é de um jogador de futebol que, durante uma partida intensa, pode perder cerca de 1 a 2 quilos apenas por causa da desidratação (perda de água) provocada pelo suor. Eles perdem “peso”, mas não emagrecem, pois, essa perda não está relacionada à redução de gordura. Assim que hidratam o corpo, o “peso” volta ao normal. Por outro lado, uma pessoa que está se alimentando bem e fazendo exercícios físicos pode emagrecer sem perder “peso”, ou até mesmo ganhar, se estiver aumentando a massa muscular ao mesmo tempo em que perde gordura. Isso acontece porque o músculo é mais denso que a gordura (ocupa menos espaço, mas “pesa” mais). É importante lembrar que a balança não mostra tudo. A massa corporal total inclui músculos, gorduras, ossos, órgãos, água e outros tecidos do corpo. Por isso, avaliar apenas os valores apresentados por uma balança pode ser

enganoso. O ideal é observar a composição corporal, ou seja, a proporção entre massa magra (músculos, ossos etc.) e massa gorda (gordura corporal). É importante ressaltar que, preservar a massa magra durante o emagrecimento é fundamental (Foss & Keteyian, 1998).

OBSERVAÇÕES: VOCÊ SABE A DIFERENÇA ENTRE PESO E MASSA CORPORAL??

A principal diferença é que a massa corporal é a quantidade de matéria de um corpo, sendo constante em qualquer lugar, e medida em quilogramas (kg), enquanto o peso corporal é a força que a gravidade exerce sobre essa massa, sendo variável conforme a aceleração gravitacional e medido em Newtons (N). Entretanto, o que vemos na balança é a massa, embora usemos "peso" nesse contexto.

(Brasil Escola, 2025)

CURIOSIDADE!

Você sabia?

O atacante Hulk revelou que perdeu 6 kg durante a derrota do Atlético-MG para o Flamengo por 2 a 0 na quarta-feira (13/07/2022), quando o Galo foi eliminado da Copa do Brasil.

De acordo com o fisiologista Turibio Barros, em entrevista ao "Eu Atleta" em julho do ano passado, a enorme massa muscular do Hulk é um dos motivos para tal perda de peso através do suor, pois o calor é produzido pelo músculo. Assim, quanto maior a massa muscular, mais calor um indivíduo produz.

(ge.globo.com)

Hipertrofia Muscular: Adaptando Os Músculos Ao Esforço.

A hipertrofia muscular é o processo de aumento do diâmetro das fibras musculares. Quando participamos de um treinamento de força (como na musculação), provocamos microlesões nas fibras musculares. O nosso corpo, como sabemos, é uma máquina incrível preparada para se adaptar a qualquer desafio, e neste caso, ele quer combater esse "dano" causado pelo exercício de força, e para isso, ele repara as microlesões, tornando o músculo mais resistente e volumoso, justamente para adaptá-lo ao esforço. A resposta hipertrófica depende de fatores como: tipo de exercício; intensidade e volume do treino; nível de experiência; sono e alimentação; e fatores individual.

OBSERVAÇÕES!!

A atividade física é um estímulo anabólico, mas os hormônios são os “mensageiros” que comandam esse processo de reparo e crescimento!

(McARDLE, KATCH E KATCH, 2024).

Vamos Para A Prática?

Daniel começou a treinar musculação três vezes por semana. Depois de quatro meses, ele percebe que suas camisas estão mais apertadas nos braços e no seu tronco. Isso pode ser um sinal de hipertrofia muscular, os músculos aumentaram o seu volume em resposta ao treinamento de força realizado na musculação.

OBSERVAÇÕES!!

Na hipertrofia muscular, há um aumento no diâmetro das fibras musculares, e não no número de fibras musculares.

(SILVERTHORN, 2017).

A melhor forma para se desenvolver a hipertrofia muscular é através do treinamento de força, como pode ser realizado na musculação, porém é importante lembrar que se trata de um processo que requer muito esforço e paciência. Esta adaptação pode levar no mínimo 10 semanas de muito esforço para começar a surgir e mesmo assim em pequenas quantidades! Fiquem atentos e tomem muito cuidado com falsas promessas!! NÃO EXISTE FORMA FÁCIL E RÁPIDA PARA PRODUZIR HIPERTROFIA!! PELO MENOS NÃO DE FORMA SAUDÁVEL.

Recursos Ergogênicos E Doping: Melhorando O Desempenho Ou Colocando A Saúde Em Risco?

Recursos ergogênicos são intervenções que melhoram o desempenho físico. Eles podem ser nutricionais (creatina, cafeína, carboidratos, beta-alanina) farmacológicos (esteroides anabolizantes e hormônios), psicológicos (técnicas de visualização e motivação) e mecânicos (equipamentos modernos, calçados, roupas especiais) - (Ivy, 1994).

Já que sabemos sobre este conceito, ou seja, o que significa recursos ergogênicos, vamos entender o que é doping...

O doping é o uso de substâncias proibidas ou métodos ilegais para melhorar o desempenho esportivo e é considerado antiético e perigoso para a saúde (Autoridade Brasileira de Controle de Dopagem, 2025). Por exemplo, os esteroides anabólicos androgênicos (anabolizantes ou bomba, como são popularmente tratados) são constituídos por drogas que podem levar ao aumento da massa muscular, porém podem causar hepatotoxicidade (tóxico para o fígado), alterações hormonais, infertilidade, agressividade etc. Os esteroides anabolizantes afetam negativamente o sistema endócrino, podendo causar atrofia testicular, ginecomastia, queda na produção natural de hormônios e alterações emocionais graves (Pithon-Curi, 2013). Por isso é essencial treinar de forma saudável sem o uso de substâncias ilegais e perigosas!!! Existem outros conjuntos de drogas que também fazem parte de substâncias consideradas doping, e que produzem diferentes ações sobre nosso organismo e que podem contribuir para o aumento no desempenho esportivo. PORÉM FIQUEM ATENTOS, POIS ALGUMAS PESSOAS VÃO TE FALAR SOBRE AS MELHORIAS QUE VOCÊ PODERÁ ALCANÇAR, MAS, NÃO TE CONTARÃO SOBRE OS PROBLEMAS QUE AS MESMAS PODEM PROVOCAR À SUA SAÚDE.

A Febre Da Hipertrofia E Os Perigos Dos Métodos Rápidos

Atualmente, é comum observarmos pessoas, principalmente jovens, que são influenciados por padrões estéticos nas redes sociais. Influenciadores vendem um estilo de vida que na maioria das vezes não é seguido nem por eles mesmo, que acaba induzido aos seus seguidores a busca por um corpo “perfeito”, levando-os ao uso exagerado de suplementos, dietas rigorosas e sem critério e até substâncias proibidas (das quais foram expostas anteriormente). Essa “febre” da hipertrofia causada por um falso estilo de vida e por desinformação, gera pressão estética e riscos à saúde. É comum vermos jovens que fazem dietas extremamente restritivas, usam anabolizantes e acreditam em promessas de ganho muscular rápido em poucas semanas.

Não existe atalho para um corpo saudável. Hipertrofia e emagrecimento são processos lentos, contínuos e que envolvem muito mais do que estética: envolvem saúde, equilíbrio hormonal, alimentação e autocuidado (Plowman & Smith, 2014). Devemos sempre buscar informações com profissionais, e não com influenciadores das redes sociais.

O SEU CORPO MERECE O MELHOR, SAÚDE EM PRIMEIRO LUGAR!

QUESTÕES

1- Durante o exercício físico, as catecolaminas são liberadas pela medula da glândula supra-renal. Qual dos efeitos abaixo estão associado à ação dessas substâncias no organismo?

- A) Redução da frequência cardíaca e relaxamento muscular
- B) Estímulo à produção de insulina e aumento da sonolência
- C) Aumento da frequência cardíaca e estimulação do sistema nervoso central
- D) Inibição da gliconeogênese e diminuição da pressão arterial

2- Durante o exercício físico, os níveis de qual hormônio tendem a diminuir?

- A) Insulina
- B) Cortisol
- C) Glucagon
- D) Testosterona

3- Qual é a principal função do hormônio antidiurético (ADH) durante o exercício?

- A) Estimular o crescimento muscular
- B) Regular o uso de glicose pelos músculos
- C) Aumentar a reabsorção de água pelos rins
- D) Reduzir a produção de suor

4- Sobre o hormônio do crescimento (GH), é correto afirmar que:

- A) Ele diminui durante o sono profundo
- B) Aumenta imediatamente no início do exercício físico
- C) É liberado apenas na infância
- D) Está relacionado à hipertrofia muscular

5- Qual hormônio é chamado de “hormônio do estresse” e está ligado à produção de glicose durante o exercício intenso?

6- Quais os principais efeitos da testosterona no corpo humano?

7- De acordo com esse capítulo, cite as principais diferenças entre emagrecer e perder peso. Dê exemplos:

8- O que caracteriza o doping?

9- Descreva o que é hipertrofia muscular e cite três fatores que a influenciam.

RESPOSTAS

CAPÍTULO 1

ENERGIA PARA A VIDA E DEFINIÇÃO DE FADIGA

1 - Explique o que é ATP e cite uma das suas funções.

O ATP (adenosina trifosfato) é a principal molécula de energia do corpo humano. Ele funciona como uma “moeda energética”, sendo utilizado para fornecer energia imediata para processos vitais, como a contração muscular durante o exercício.

2 - Quais são as vias metabólicas utilizadas pelo músculo para produzir ATP? Explique cada uma delas.

Os músculos produzem ATP por três vias principais:

- 1. Via ATP-CP: utiliza a creatina fosfato estocada no músculo para regenerar rapidamente o ATP, sendo usada em esforços muito intensos e curtos, como sprints.**
- 2. Via glicolítica: quebra da glicose sem a presença de oxigênio, produzindo ATP rapidamente, mas também gerando um subproduto ácido, que pode contribuir para a acidose metabólica, levando à interrupção da atividade física.**
- 3. Via oxidativa: produção de ATP a partir de carboidratos, gorduras e proteínas. Necessita da presença de oxigênio e é mais lenta, porém gera muito ATP, sendo usada em exercícios prolongados.**

3 - O que causa a fadiga muscular, segundo a fisiologia do exercício?

De acordo com a fisiologia do exercício, a fadiga é a incapacidade de manter uma determinada força ou potência durante a atividade física. Ela é causada por diversos fatores e funciona como um mecanismo de proteção à saúde.

4 - Analise as alternativas abaixo e marque aquela que indica corretamente o nome da molécula que constitui a principal fonte de energia do corpo:

a) Adenosina trifosfato

CAPÍTULO 2

SISTEMA CIRCULATORIO

1- Qual é a principal função do sistema circulatório no corpo humano?

b) Transportar oxigênio, nutrientes e hormônios.

2- Quais são os principais componentes do sistema circulatório?

c) Coração, vasos sanguíneos e sangue.

3- Explique com suas palavras por que o sistema circulatório é considerado essencial para a sobrevivência humana.

O sistema circulatório é essencial porque garante que todas as células do corpo recebam oxigênio e nutrientes para produzir energia e funcionarem corretamente, além de remover dióxido de carbono e resíduos. Sem essa distribuição e remoção contínua, os tecidos não sobreviveriam.

4- Como o sistema circulatório contribui durante a prática de exercícios físicos?

b) Transportando mais oxigênio e nutrientes para os músculos.

5- Marque V para verdadeiro e F para falso.

(**F**) O sistema circulatório atua somente durante atividades físicas intensas, como correr ou pular.

(**V**) O sistema circulatório participa da remoção do dióxido de carbono produzido pelas células.

6- Qual dos órgãos abaixo atua como a bomba propulsora do sangue no corpo humano?

c) Coração

7- Em sua opinião, por que é importante compreender como o sistema circulatório funciona, especialmente no contexto da prática de atividades físicas?

Entender como o sistema circulatório funciona ajuda a compreender como o corpo transporta oxigênio, nutrientes e remove resíduos metabólicos, o que é fundamental para otimizar o desempenho físico, prevenir problemas de saúde e ajustar a intensidade dos exercícios de forma segura e eficaz. Além disso, esse conhecimento permite interpretar sinais do corpo durante o esforço e entender adaptações positivas do treinamento físico.

CAPÍTULO 3

SISTEMA RESPIRATÓRIO

1- Durante a inspiração, o que acontece com o diafragma?

B) Contraí e desce.

2- Qual das opções abaixo descreve corretamente a zona respiratória dos pulmões?

C) Bronquíolos respiratórios, ductos alveolares e alvéolos

3- Durante o exercício físico intenso, o padrão respiratório tende a mudar para:

C) Oronasal (boca e nariz)

4- A principal adaptação do sistema respiratório ao treinamento físico é:

C) Tornar a respiração mais eficiente e menos cansativa

5- Qual a diferença entre respiração externa e respiração interna? Dê exemplos de onde cada uma ocorre.

A respiração externa ocorre nos pulmões, quando o oxigênio passa dos alvéolos para o sangue e o CO₂ faz o caminho inverso. Já a respiração interna ocorre nos tecidos do corpo, quando o oxigênio sai do sangue e entra nas células, e o CO₂ sai das células e vai para o sangue.

6- Explique por que uma pessoa não treinada tende a ficar mais ofegante durante o exercício do que uma pessoa treinada.

Porque a pessoa não treinada tende a ventilar mais vezes por minuto, mas de forma não tão eficiente. Isso exige mais esforço e energia para respirar. Já o corpo treinado respira mais profundamente e com menos frequência, usando menos energia no processo ventilatório.

CAPÍTULO 4

SISTEMA ENDÓCRINO: OBESIDADE E HIPERTROFIA

1- Durante o exercício físico, as catecolaminas são liberadas pela medula da glândula suprarrenal. Qual dos efeitos abaixo estão associados à ação dessas substâncias no organismo?

C) Aumento da frequência cardíaca e estimulação do sistema nervoso central.

2- Durante a atividade física, os níveis de qual hormônio tendem a diminuir?

A) Insulina.

3- Qual é a principal função do hormônio antidiurético (ADH) durante o exercício?

C) Aumentar a reabsorção de água pelos rins.

4- Sobre o hormônio do crescimento (GH), é correto afirmar que:

D) Está relacionado à hipertrofia muscular.

5- Qual hormônio é chamado de “hormônio do estresse” e está ligado à produção de glicose durante o exercício intenso?

Cortisol. Ele é o principal glicocorticoide do córtex da suprarrenal, aumenta durante atividades físicas intensas, mobiliza gordura e aminoácidos e promove a gliconeogênese, ajudando a manter o fornecimento de energia aos músculos.

6- Quais os principais efeitos da testosterona no corpo humano?

Estimula hipertrofia, força e adaptações neurais. Atua diretamente sobre a síntese do tecido muscular, aumentando o conteúdo proteico das fibras musculares, e indiretamente interage com receptores neurais para aumentar a liberação de neurotransmissores e provocar mudanças

estruturais na junção entre neurônio e músculo, melhorando a capacidade de produção de força do músculo esquelético.

7- De acordo com esse capítulo, cite as principais diferenças entre emagrecer e perder “peso”. Dê exemplos:

Perder “peso”: significa reduzir a massa corporal total (músculos, gordura, água, ossos etc.). Pode acontecer por desidratação, perda de massa muscular ou de gordura. Exemplo: um jogador de futebol pode perder 1 a 2 kg em uma partida por causa da desidratação pelo suor. Ele perde “peso”, mas não emagrece.

Emagrecer: significa reduzir a quantidade de gordura corporal, o que é mais importante para saúde e desempenho.

Exemplo: uma pessoa treinando e se alimentando bem pode perder gordura e ganhar massa muscular ao mesmo tempo, mantendo ou até aumentando o peso na balança.

8- O que caracteriza o doping?

O doping é o uso de substâncias proibidas ou métodos ilegais para melhorar o desempenho esportivo. É considerado antiético e perigoso para a saúde, podendo causar efeitos como alterações hormonais, infertilidade, hepatotoxicidade, agressividade e outros problemas graves.

9- Descreva o que é hipertrofia muscular e cite três fatores que a influenciam.

A hipertrofia muscular é o aumento do diâmetro das fibras musculares, resultado da reparação de microlesões provocadas pelo treinamento de força e pode ser influenciado por diferentes fatores, como tipo de exercício, intensidade e volume do treino sono e alimentação.

REFERÊNCIAS

AUTORIDADE BRASILEIRA DE CONTROLE DE DOPAGEM. Perguntas frequentes. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/abcd/pt-br/acesso-a-informacao/perguntas-frequentes>.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: Educação Física, 3º e 4º ciclos. v. 7. Brasília: MEC, 1998.

CONSTANTIN-TEODOSIU, Dumitru; CONSTANTIN, Despina. Molecular Mechanisms of Muscle Fatigue. 2021.

DEPOSITPHOTOS. Página inicial – Royalty-free Images, Photo Stock, Video & Music. Depositphotos, 2025. Disponível em: <https://depositphotos.com/>. Acesso em: 1 ago. 2025.

ESQUIVEL, M. K. Energy Balance Dynamics: Exercise, Appetite, Diet, and Weight Control. *American Journal of Lifestyle Medicine*, v. 15, n. 3, p. 220-223. 2021. FOSS, Merle L.; KETAYIAN, Steven J. Bases fisiológicas do exercício e do esporte. 6. ed. 1998.

Improta-Caria AC, Nonaka CKV, Daltro PS, Azevedo CM, Barreto BC, Carvalho GB, Vasconcelos JF, Souza BSF, Macambira SG, Soares MBP. Exercise training reduces cardiac fibrosis, promoting improvement in arrhythmias and cardiac dysfunction in an experimental model of chronic chagasic cardiomyopathy. *Front Physiol*. 2025.

INSTITUTE OF MEDICINE (US) COMMITTEE ON MILITARY NUTRITION RESEARCH; MARRIOTT, B. M. (Ed.). Food Components to Enhance Performance: An Evaluation of Potential Performance-Enhancing Food Components for Operational Rations. Washington, DC: National Academies Press, 1994.

LEE, S. H.; SEO, Y.; LEE, D. T. Ventilatory Responses to Progressive Treadmill Speeds in Women: A Comparative Analysis of Nasal, Oral, and Oronasal Breathing Conditions. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 22, n. 5, p. 718, 2025. LOPES, Sônia; ROSSO, Sérgio. Bio – 3º ano Ensino Médio. 3. ed. 2016

MCARDLE, William D.; KATCH, Frank I.; KATCH, Victor L. Fisiologia do exercício: nutrição, energia e desempenho humano. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016. E-book – Minha Biblioteca.

MCARDLE, William D.; KATCH, Frank I.; KATCH, Victor L. Fisiologia do exercício: nutrição, energia e desempenho humano. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2024. E-book – Minha Biblioteca.

MELO, Pâmella Raphaella. "Massa e peso"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/diferenca-entre-massa-peso.htm>. Acesso em 22 de agosto de 2025.

PITHON-CURI, Tania C. Fisiologia do exercício. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013. E-book – Minha Biblioteca.

PLOWMAN, Sharon A.; SMITH, Denise L. Fisiologia do exercício para saúde, aptidão e desempenho. 2. ed. E-book – Minha Biblioteca.

POWERS, Scott K. Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho. 9. ed. Barueri: Manole, 2017.

ROBERGS, Robert A.; ROBERTS, Scott O. Princípios fundamentais de fisiologia do exercício para aptidão, desempenho e saúde. 2002.

RODRIGUES, L. O. C.; SILAMI-GARCIA, E. Fadiga: falha ou mecanismo de proteção? In: GARCIA, E. S.; LEMOS, K.; GRECO, P. J. (Org.). *Temas Atuais III em Educação Física e Esportes*. 1. ed. Belo Horizonte: Livraria e Editora Saúde Ltda., 1998. p. 27–48.

SILVERTHORN, Dee U. Fisiologia humana. 7. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2019. E-book.

WINDER, W. W.; HAGBERG, J. M.; HICKSON, R. C.; EHSANI, A. A.; MCLANE, J. A. Time course of sympathoadrenal adaptation to endurance exercise training in man. *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology*, v. 45, n. 3, p. 370-374, set. 1978.

