

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO
CAMPUS BAIXADA SANTISTA

LUCAS SANTOS PIMENTEL ALMEIDA BARROS

**ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DOS IMPACTOS
CAUSADOS PELA INFLAMAÇÃO NOS ASPECTOS
PSICBIOLÓGICOS DE ATLETAS EM ESTADO DE
OVERTRAINING**

Santos

2021

LUCAS SANTOS PIMENTEL ALMEIDA BARROS

ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DOS IMPACTOS CAUSADOS PELA INFLAMAÇÃO NOS ASPECTOS PSICOBIOLOGICOS DE ATLETAS COM OVERTRAINING

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de São Paulo como parte dos requisitos curriculares para obtenção do título de bacharel em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Vagner Thomatieli dos Santos

Santos

2021

Ficha catalográfica elaborada por sistema automatizado
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S237a Barros, Lucas .
ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DOS IMPACTOS CAUSADOS
PELA INFLAMAÇÃO NOS ASPECTOS PSICOBIOLOGICOS DE
ATLETAS COM OVERTRAINING . / Lucas Barros;
Orientador Ronaldo Santos; Coorientador . --
Santos, 2021.
35 p. ; 30cm

TCC (Graduação - Educação Física) -- Instituto Saúde
e Sociedade, Universidade Federal de São Paulo, 2021.

1. Resposta inflamatória. 2. Treinamento
esportivo. 3. Síndrome do overtraining. 4. Citocinas.
5. Trato Gastrointestinal. I. Santos, Ronaldo ,
Orient. II. Título.

CDD 613.7

Bibliotecária Daianny Seoni de Oliveira - CRB 8/7469

Resumo

Introdução: O treinamento desportivo é capaz de promover estímulos sobre o organismo afim de capacitar e proporcionar adaptações positivas. Entretanto, quando os estímulos sobrepõem a capacidade de recuperação do organismo é possível que ocorram adaptações psicobiológicas negativas, como alterações do humor e fadiga, nas quais podem ser relacionadas ao processo inflamatório exacerbado no organismo ocasionado pelo *overtraining*. **Objetivos:** Compreender a relação do *overtraining* com a carga de treinamento e a recuperação; compreender os efeitos causados pela inflamação nas alterações psicobiológicas induzidas pelo exercício em atletas com *overtraining*. **Método:** Trata-se de uma revisão narrativa desenvolvida a partir de dados extraídos de livros e artigos, de língua inglesa e portuguesa, na base de dados do PubMed e Lilacs, abrangendo o período de 2000 a 2020. **Conclusão:** O planejamento do treinamento associado com uma recuperação adequada aos estímulos estressores do treinamento é essencial para o desenvolvimento esportivo do atleta e para atenuar a possibilidade da instalação de alterações psicobiológicas relacionados ao *overtraining*. A existência da relação entre o processo inflamatório ocasionada pelo exercício e possíveis alterações no humor, motivação e fadiga dos atletas com OT devem ser levadas em conta na compreensão da história natural do OT.

Palavras chaves: Resposta inflamatória, treinamento esportivo, síndrome do overtraining, citocinas, resposta de fase aguda, reparação musculo esquelética, trato intestinal, microbiota.

Abstract

Introduction: Sports training are capable of produce stimulus on organism to capacitate and enable positive adaptions. However, if the stimulus overcome the capacity of the organism to recover from stress caused by training is possible that occurs negative psychobiologic adaptions, as changes in mood and fatigue, that could be relate with the exacerbate inflammatory process occasioned by overtraining. **Objectives:** Comprehend the relation among OT and training load jointly with the recover; comprehend the effects caused by inflammation on the psychobiologic changes induced from exercise in athletes with *overtraining*. **Method:** The present study is a narrative revision developed from data survey inside books, revisions, and articles, of English and Portuguese language, on data base of PubMed and Lilacs, embracing the period between 2000 and 2020. **Conclusion:** Planning training associated with an adequate recover from stress promoted by exercise is essential to the athlete's sports development and mitigate possibility of negative changes in psychobiologic related to overtraining. The existence of a relationship between the inflammatory process caused by exercise and possible changes in mood, motivation and fatigue of athletes with OT must be taken into account in the understanding of the natural history of OT.

Key words: Inflammatory response, exercise training, overtraining syndrome, cytokines, acute phase response, repair skeletal muscle, intestinal tract, microbiota.

Sumário

1. Introdução.....	5
2. Método.....	7
3. Discussão.....	8
4. Conclusão.....	30
5. Referências.....	31

INTRODUÇÃO

O treinamento é um tema que despertou a minha curiosidade há quase 10 anos quando acabei desenvolvendo hábitos sedentários e tive que lidar com questões relacionadas a minha saúde física e mental. Ao longo da minha vida sempre pratiquei diferentes esportes e me interessava muito pela temática. Entretanto, ao ter que lidar com um excesso de peso na adolescência notei que precisava retornar aos antigos hábitos a fim de melhorar minha qualidade de vida. Por conta de disponibilidade de horário e flexibilidade, optei pela musculação como o esporte que começaria a praticar.

Desde então, venho praticando a musculação como uma forma de manter meu corpo fisicamente ativo. A continuidade da prática fez com que o meu interesse pelo tema aumentasse e, conseqüentemente, começasse a ler e ouvir diversos meios de comunicação no qual eu pudesse aprender mais sobre o treinamento. O pouco conhecimento somado ao prazer que eu tinha ao praticar o treinamento fez com que a Educação Física fosse uma opção viável para seguir como profissão. Dessa forma, em 2017 iniciei os estudos na USP realizando minha transferência em 2018 para a UNIFESP.

Dentro do ambiente da UNIFESP entrei em contato com o treinamento esportivo só que de uma maneira voltada ao conhecimento científico, não explorado até aquele momento. Na faculdade o meu conhecimento inicial acabou sendo ampliado por módulos de treinamento, fisiologia do exercício, psicobiologia que despertaram meu interesse e me fizeram entender a partir de um novo panorama o estudo sobre uma sub área da educação física.

O estudo realizado nos módulos por meio de artigos e livros me fizeram entender mais sobre o funcionamento do organismo como um sistema complexo, integralizado e adaptável. Durante os estudos me deparei com a temática do treinamento de alto nível e com uma síndrome denominada *overtraining* (OT), responsável por diversos impactos psicofisiológicos prejudiciais aos atletas. Ao estudar tanto o treinamento quanto o OT percebi a importância desses estudos e de outros que ainda serão produzidos, a fim de produzir conhecimentos que possibilitem treinamentos de alta performance juntamente com a diminuição do risco do OT nos atletas, principalmente, de alto nível desportivo.

O esporte de alto nível demanda treinamentos extenuantes a fim de gerar as adaptações necessárias para melhores resultados. As altas exigências, cargas excessivas de treinamento combinados com recuperação inadequada e sono de baixa qualidade são apontadas pela literatura como possíveis responsáveis pelo aumento da presença da síndrome do *overtraining*,

principalmente em atletas de alto nível. O OT pode ser considerado como um conjunto de adaptações disfuncionais em múltiplos sistemas do organismo (neurológico, cardiovascular, endocrinológico, imunológico), além de diversas alterações psicobiológicas relacionadas ao comportamento humano. Dentre os sistemas que apresentam as disfunções, a literatura sugere um processo inflamatório sistêmico capaz de prejudicar a saúde de atletas diagnosticados com OT. (PEAKE *et al.*, 2015; WEINECK 2003)

Ao longo das décadas, a busca por respostas proporcionou o surgimento de diversas hipóteses para explicar o OT. Dentre essas, alguns autores defendem a possibilidade de haver relação entre o aumento da presença de citocinas pró inflamatórias e o processo inflamatório sistêmico observado em alguns atletas com OT. Ao observar a literatura já produzida, é possível averiguar um crescente interesse do meio acadêmico principalmente no século XX. Os objetivos dos estudos são diversos, entretanto, no que diz respeito a performance, os estudos são pautados na busca por elementos que possam explicar e, conseqüentemente, permitir com que os treinadores e atletas alcancem resultados superiores nos treinos e competições (DANTAS, 2014).

A busca por respostas proporcionou diversas descobertas acerca da temática, porém ainda há incógnitas em relação a melhor maneira de identificar momentos em que os atletas estejam com um quadro associado ao OT e como essa síndrome pode estar relacionada com alterações psicobiológicas observadas. Portanto, a continuidade da busca pelas respostas as incógnitas são necessárias para permitir aos treinadores o controle adequado do treinamento dos atletas, conseqüente diminuição na queda da performance ao longo da temporada e menor prevalência do OT (MEEUSEN *et al.*, 2013).

Frente ao exposto, a problemática da pesquisa consiste em: Como a literatura científica tem se pronunciado sobre qual o impacto da inflamação nas alterações psicobiológicas induzidas pelo *overtraining* em atletas?

Dessa forma, o presente estudo terá como objetivo:

- Compreender a relação do OT com a carga de treinamento e a recuperação
- Compreender os efeitos causados pela inflamação nas alterações psicobiológicas induzidas pelo exercício em atletas com *overtraining*

E em termos de hipótese, acredita-se que a literatura científica demonstrará que o processo inflamatório relacionada ao *overtraining* pode ocasionar alterações psicobiológicas negativas em atletas com OT.

MÉTODO

Segundo Rother (2007), artigos de revisão narrativas são textos amplos que descrevem e discutem o desenvolvimento de determinado assunto a partir de um contexto teórico ou contextual. Dessa forma, através desta revisão narrativa objetivamos caracterizar e contextualizar a inflamação no âmbito do exercício físico através de um amplo levantamento de artigos, originais – incluindo estudos transversais e longitudinais –, livros e revisões, publicados em revistas internacionais.

Para isso, utilizamos a base de dados eletrônica PUBMED/LILACS, dando preferência para os artigos publicados a partir do ano 2000 até 2020, utilizando como principais descritores os termos: resposta inflamatória, exercício físico, síndrome do overtraining, citocinas, resposta de fase aguda, reparação musculo esquelética, trato gastrointestinal, microbiota, *inflammatory response*, *exercise training*, *overtraining syndrome*, *cytokines*, *acute phase response*, *repair skeletal muscle*, *gastrointestinal tract* e *microbiota*. Selecionamos e analisamos um “n” total de 59 artigos, na íntegra, sendo parte destes componentes deste manuscrito, priorizando para tal escolha os marcadores inflamatórios utilizados.

Os seguintes critérios de inclusão deverão ser atendidos: artigos de idioma de língua portuguesa ou inglesa, publicados nos últimos 20 anos, possuir um objetivo de estudo pertinente a esta revisão narrativa.

Já para os critérios de exclusão os seguintes parâmetros serão analisados: Tese ou dissertação, relato de experiência e artigo que, embora seja sobre o tema do estudo, tratem de situações específicas relacionadas a uma determinada patologia.

A análise de dados será feita pela leitura completa dos artigos. Com os artigos já selecionados haverá a busca de dados que relacionem a prática sistematizada do treinamento com a inflamação, a presença do quadro de OT e possíveis impactos psicobiológicos neles, a fim de possibilitar que o objetivo do estudo seja alcançado.

DISCUSSÃO

História do Treinamento

O treinamento esportivo, considerado um elemento fundamental para qualquer esporte, principalmente o de alto nível, abrange uma temática extensa e diversa. Ao longo das últimas décadas, principalmente a partir do século XX, houve um aumento de trabalhos científicos nos quais exploraram o tema do treinamento relacionado ao aumento de performance, capacidade atlética e busca por resultados superiores em importantes competições globais, como no caso das olimpíadas. A maior atenção de pesquisadores e treinadores ao treinamento desportivo estava relacionado ao cenário sociopolítico global marcado por pressões exacerbadas e uma forte prerrogativa de disputa entre as nações consideradas capitalistas e socialistas (ROSCHELL, 2011).

Durante o período citado, as pretensões dos países tanto capitalistas quanto socialistas, relacionadas a disputa de poder, permitiu o aumento de investimentos no desenvolvimento do esporte dentro de cada nação. Dessa forma, houve um crescimento de estudos com o objetivo de otimizar e encontrar ferramentas para que treinadores e atletas alcançassem resultados cada vez mais expressivos e responsáveis por mostrar a superioridade de uma nação sobre a outra (ISSURIN, 2010).

O treinamento esportivo é uma subárea das Ciências do Esporte relativamente antiga que sofreu uma evolução gradual e possui forte conexão com a história dos jogos olímpicos. A evolução citada ocorreu ao longo dos diferentes períodos da história do treinamento esportivo nos quais foram divididos como: Período da Arte (778a.C - 1896), Período da Improvisação (1896-1920), Período do Empirismo (1920-1952), Período Pré-Científico (1952-1964), Período Científico (1964-1980), Período Tecnológico (1980-1992) e Período do Marketing (1992) (DANTAS, 2014).

Os primeiros períodos, Arte até Improvisação, são marcados por um conhecimento arraigado em experiências e vivências das pessoas no qual há pouca influência de aspectos científicos no desempenho esportivo dos atletas da época. As limitações apresentadas tinham como resultado competições no qual os atletas com recursos inatos superiores aos seus concorrentes conquistavam os melhores resultados (GOMES, 2009).

Em seguida, surge o período empírico no qual foi essencial para mudanças importantes na estrutura do treinamento desportivo. Houve o início da percepção em relação a necessidade de haver um planejamento do treinamento com metas planejadas e subdivididas ao longo da preparação do atleta, a fim de alcançar o resultado esperado na competição. Nesse contexto, as

escolas de treinamento começaram a despontar, assim como os fisiologistas e treinadores que em conjunto com os atletas começaram a ter seu papel exaltado como fundamental para a construção de um esportista campeão (DANTAS, 2014).

A mudança de paradigma desse período somado a uma frequente disputa de poder político, durante o período da Guerra Fria, gerou um novo tipo de disputa relacionada a performance e sucesso de atletas entre países capitalistas e socialistas. Nesse momento da história, as oportunidades para o início de maiores investimentos no desenvolvimento esportivo aumentaram de forma significativa. O impacto das oportunidades geradas atingiu também a estrutura do treinamento dos atletas e permitiu uma evolução considerável, com viés que começava a ser cada vez mais científico. Assim, o período pré-científico surge e é marcado pela ascensão do treino intervalado, métodos de musculação e sistemas de treinamento desenvolvidos com base em conhecimentos advindos, principalmente, da fisiologia voltada ao esporte (GOMES, 2009).

A partir de um olhar panorâmico sobre os períodos, percebe-se que estes conduziram o treinamento esportivo para um âmbito cada vez mais científico. Entretanto, o crescimento da produção científica foi responsável por gerar uma visão do atleta relacionada somente ao caráter biológico, no qual alcançar a máxima capacidade fisiológica do atleta era o ponto central para se determinar os modelos de treinamento que deveriam ser impostos. Dessa forma, o surgimento de conceitos responsáveis por dissociar o ser humano de uma visão amplamente biológica levou ao período denominado como científico (BISHOP, 2008).

O período científico foi marcado pela divulgação de um importante conceito que acabou por modificar a trajetória dos estudos e das práticas relacionadas ao treinamento esportivo. Nesse sentido, Raoul Mollet apresenta o conceito do treinamento total responsável por elucidar a importância da visão mais ampla em relação ao ser humano como um organismo complexo, que transpassa as variáveis fisiológicas, treinamento tático, treinamento técnico e a melhora de qualidades físicas. Assim, atletas e treinadores começaram a considerar outras variáveis como: alimentação, aspectos psicológicos, sociais e lazer como parte fundamental da preparação esportiva do atleta (DANTAS, 2014).

Os constantes avanços científicos da estrutura do treinamento também resultaram em mudanças sociopolíticas dos órgãos e instituições, que regulavam as competições, no qual foi observado a construção de um novo modelo para estruturar as principais competições globais. Os avanços citados permitiram o surgimento de um novo período denominado Período Tecnológico e

de Marketing marcado pelo aumento de patrocinadores, propagandas e bolsas para os atletas (ISSURIN, 2010).

O período Tecnológico e de Marketing foi marcado por avanços em tecnologias voltadas ao esporte devido, principalmente, ao crescente uso de computadores para acompanhar os resultados de treinos e competições. Junto a isso, as evoluções existentes nas estruturas que formam o conceito do treinamento total geraram um aumento na importância e nos estudos de áreas inseridas dentro do contexto do treinamento: periodização, preparação física, preparação técnica, psicológica e médica. No contexto de produção científica, o período teve avanços, porém numa velocidade menor devido ao avanço de outras áreas (DANTAS, 2014; GOMES, 2009).

A partir dos períodos apresentados houve a conformação de importantes conhecimentos norteadores para o treinamento esportivo cujo objetivo é permear todas as características de uma preparação desportiva considerada adequada para o atleta. A compreensão e utilização deles possibilitou aos treinadores, por exemplo, o aumento das ferramentas disponíveis para controle e otimização dos resultados do treinamento e competições. Assim, cada vez mais houve a prevalência de preparações esportivas construídas a partir de conceitos relacionados a individualidade biológica do indivíduo, seu processo de adaptação ao estresse do treino, a continuidade necessária para manutenção e melhora dos resultados, assim como a especificidade do estímulo que está sendo gerado no organismo através do treinamento (GOMES, 2009; ISSURIN, 2010).

Nesse contexto, o treinamento esportivo representa o mecanismo responsável por tornar o planejamento do treinamento em resultado e adaptações para a melhora do desempenho desportivo do atleta. Os estímulos gerados pelo treino possuem como objetivo a quebra do equilíbrio homeostático do organismo, a fim de possibilitar o processo supercompensatório capaz de gerar adaptações positivas. Caso ocorra as adaptações favoráveis, é possível que haja, conseqüentemente, melhora nos resultados alcançados em treinos e em provas aproximando o atleta dos objetivos propostos pelo treinador para a temporada competitiva (KELLMANN, 2010).

O processo de adaptação ocorre através da relação intrínseca entre estímulo e resposta, no qual o organismo busca reestabelecer o ambiente homeostático presente antes do treinamento. Entretanto, nem todo estímulo é capaz de gerar estresse suficiente e necessário para possibilitar as adaptações positivas no organismo. A resposta gerada tem uma correlação diretamente proporcional com as variáveis do exercício (intensidade, volume, tempo, frequência) do estímulo que foi gerado. Dessa forma, o estresse que for considerado débil e muito fortes não serão favoráveis às adaptações, sendo o último considerado um potencial causador do aumento de risco de lesões, da síndrome do

Overreaching (OR) e Síndrome do *Overtraining* (OT). Em contra partida, os estímulos fortes são os responsáveis por gerar adaptações favoráveis ao desporto a partir de processos explicados pela teoria da Síndrome de Adaptação Geral (SAG) (MEEUSEN *et al.*, 2013).

Descrita por Hans Selye, a SAG é uma teoria responsável por explicar os mecanismos de respostas do organismo à estímulos adaptativos ou danosos gerados sobre ele. A teoria pressupõe três estágios: alarme, resistência e exaustão. Por meio deles, juntamente com mecanismos adaptativos do próprio organismo, o corpo busca reestabelecer a homeostase. No primeiro estágio, o indivíduo reconhece o estresse e reage a situação. Já no segundo estágio, a reação aos estímulos gera um ambiente capaz de possibilitar adaptações positivas no organismo, conforme a magnitude dos esforços realizados. Entretanto, caso os estímulos estressores ocorram por longos períodos e ultrapassem a capacidade de resposta e regulação do próprio organismo é possível que o estágio de exaustão seja alcançado (ARMSTRONG, 2002; TUBINO, 2003).

O surgimento e o fortalecimento da teoria da SAG entre pesquisadores e treinadores resultou em mudanças estruturais da periodização e do treinamento esportivo, principalmente de alto nível. Assim, houve o surgimento de novas propostas de treinamento e de modelos de periodização objetivados a propiciar um estresse fisiológico capaz de alterar o estado homeostático e, conseqüentemente, possibilitar a presença de um ambiente favorável as adaptações ao treinamento (MEEUSEN *et al.*, 2013).

A estrutura dos treinamentos formulados, a partir do contexto da SAG, são caracterizados, geralmente, por sobrecargas progressivas acompanhadas de um período de fadiga leve e reduções agudas no desempenho. O objetivo da sobrecarga é alcançar, somente, o segundo estágio da SAG que é favorável a supercompensação metabólica. Contudo, após a sobrecarga, o organismo necessita de um período de recuperação adequada frente ao estresse gerado no treinamento. O descanso representa um instrumento vital ao atleta, pois a partir dele há restabelecimento do estado homeostático e promoção das adaptações ao treinamento previamente executado. A efetividade das adaptações, decorrentes do treinamento, é medida, por exemplo, através do aumento da capacidade aeróbia e da força muscular (KELLMANN, 2010).

Os estímulos gerados pela carga de treinamento são um dos responsáveis pelas adaptações, agudas e crônicas, no organismo do atleta. As adaptações ocorrem como resposta a uma série de mudanças decorrentes dos estímulos relacionados aos treinos: diminuição dos estoques dos substratos energéticos disponíveis (estimulam o estágio de alarme no organismo), lesões teciduais (ações de citocinas e mediadores inflamatórios), alterações no sistema endócrino (ativação dos

eixos Simpático-Adreno-medular e Hipotálamo-hipófise-adrenal), ativação de cascatas no Sistema Nervoso Simpático (SNS) (ROATTA, 2010).

A magnitude das alterações nos diferentes sistemas do organismo do atleta e no estado homeostático são condizentes com o volume e a intensidade das cargas utilizadas no treino. O treinamento, portanto, visa promover cargas de treino capazes de impedir o restabelecimento dos estoques energéticos usados durante o treinamento e estimular o organismo a um período de supercompensação. A literatura aponta que após o treinamento cessar, caso haja um intervalo entre os treinos de 1 ou 2 dias, as reservas energéticas serão restabelecidas e o desempenho poderá ser otimizado (BOMPA, 2012; BARBANTI, 2001).

Nesse sentido, o papel do treinador é sistematizar e planificar o treinamento dos atletas considerando os momentos de maior ou menor estresse com período de recuperação compatíveis através da periodização. A periodização tem como finalidade evitar períodos em que a carga, interna e externa, imposta sobre o atleta sobreponham a capacidade de regulação do próprio corpo aos estímulos impostos sobre ele (BOMPA, 2012; BRINK *et al.*, 2010; MUJIK, 2017).

Periodização e modelos

O desenvolvimento da periodização é considerado um marco na evolução do treinamento desportivo e aumento dos níveis competitivos nos desportos. O seu primórdio está relacionado com a história dos povos antigos, principalmente com aqueles que frequentemente participavam de disputas de territórios e guerras como os gregos, romanos e chineses. A princípio, a utilização desse recurso era destinada a estruturar o treinamento dos homens que iriam as guerras. Entretanto, há evidências de que os gregos teriam sido os primeiros a promoverem a prescrição de treinamento com fins ligados ao esporte, relacionado a disputa dos jogos olímpicos (BARBANTI, 2001; GRAHAM, 2002; ISSURIN, 2010).

Ao longo dos anos, a periodização ganhou cada mais relevância no âmbito esportivo de alto nível. Contudo, ocorreu um processo intenso de difusão desses conhecimentos no século XX, principalmente, por conta dos treinadores soviéticos. Segundo Graham (2002) a periodização alcançou uma relevância maior a partir da Revolução Russa em 1917.

Dentre os treinadores e estudiosos daquele período, o treinador russo Lev Pavlovich Matveev proporcionou diversos avanços no que diz respeito a planejamento do treinamento esportivo, os quais foram observados nos atletas submetidos a sua metodologia de periodização. A

relevância dos seus achados fez com que muitos estudiosos o denominassem como o “pai da periodização”, pois o modelo clássico de Matveev foi considerado alicerce para os modelos tradicionais e contemporâneos que surgiram posteriormente (MATVEEV, 2001).

As descobertas propostas por ele, por outros treinadores e pesquisadores daquela época formaram uma base sólida de conhecimentos sobre o planejamento do treinamento. O modelo clássico também proporcionou o amadurecimento dos preceitos relacionados ao treinamento possibilitando com que outros treinadores e autores pudessem experimentar e analisar as propostas apresentadas por Matveev. Embora a evolução do conhecimento em relação ao treinamento seja reconhecida por outros treinadores, o modelo Tradicional foi alvo de questionamentos e críticas relacionadas tanto a distribuição das cargas de treinamento ao longo da temporada quanto a nova realidade do calendário competitivo dos atletas. (DANTAS, 2011)

As críticas foram fundamentadas a partir da análise de pesquisadores e outros treinadores. Dentre as contestações, as mais comuns estão relacionadas com o aumento considerável das competições a serem disputadas pelos atletas, em uma mesma temporada, além da necessidade crescente da existência de múltiplos picos de rendimento ao longo do calendário competitivo. As novas circunstâncias ligadas ao cenário desportivo proporcionaram o surgimento de novas linhas de pesquisas, nas quais foram motivadas a criar modelos de periodização capazes de suprir as demandas dessa nova realidade. Dessa forma, outros treinadores e estudiosos apresentaram suas teses a respeito da estrutura da periodização como por exemplo: Blocos, Carga Seletivas (FORTEZA, 2006).

Em relação ao modelo em blocos, o professor Yuri Verkhoshansky formulou uma periodização que faz uso de parâmetros biológicos, diferentemente do proposto por Matveev, para a orientação do treinamento dos atletas. A proposta apresentada agrupa os treinamentos com as mesmas características e exigências dentro de um mesmo bloco. Dessa forma, ao longo de uma temporada, existem vários blocos responsáveis por reunir os treinamentos com características e objetivos semelhantes, a fim de permitir aos atletas alcançarem diversos picos ao longo da temporada. O objetivo proposto pelo professor tornou o modelo de blocos uma proposta diferente do que fora proposto pelo professor Matveev, pois o modelo tradicional delimitava períodos longos de alto volume de treinamento e momentos pontuais destinados a garantir o pico de rendimento do atleta para a competição principal. Além disso, a distribuição de volume e intensidade do Modelo Tradicional pode não suprir as demandas apresentadas em calendários desportivos encontrados atualmente, nos quais cada vez mais possuem maior número de competições demandando do atleta mais picos de performance ao longo de uma mesma temporada (DANTAS, 2011).

A fim de atender as demandas atuais do treinamento, Gomes (2009) apresentou um modelo destinado aos esportes coletivos, principalmente futebol, denominado como modelo de cargas seletivas. A proposta pretendeu atender as necessidades dos jogadores de futebol ligadas a manutenção da sua preparação ao longo da temporada. A preparação do atleta nesse modelo é marcada por um volume de carga de treinamento constante, variando nas capacidades físicas e técnicas treinadas ao longo dos períodos de preparação e de competição.

Segundo Bompa (2012) a temporada deve considerar três períodos principais, denominados como: macrociclos, mesociclos e microciclos. O macrociclo permite ao treinador uma visão ampla e completa sobre o período total do treinamento e possui a duração, geralmente, de acordo com o período total de preparação. Como subdivisão dele, o mesociclo possui duração de 4 a 6 semanas e é utilizado como um instrumento que delimita os períodos no qual os aspectos físicos e técnicos, necessários para alcançar as metas da temporada, são trabalhados especificamente. Contudo, para aumentar o controle sobre as variáveis de treinamento, o treinador utiliza uma última divisão chamada de microciclo com duração, normalmente, de uma semana, embora existam autores que consideram um intervalo de tempo que pode variar de 1 a 20 dias (FORTEZA, 2006).

A periodização representa um plano com uma estrutura delimitada do treinamento cujo objetivo é o de garantir ao atleta os picos de desempenhos físico e técnico nos momentos competitivos, através da melhora dos aspectos biomecânicos e funcionais do organismo. A busca pela melhora das condições dos atletas ocorre através de um controle efetivo da adaptação e da fadiga do atleta. Entretanto, o melhor momento desportivo do atleta deve coincidir com a competição mais importante da temporada garantindo os melhores resultados físicos e técnicos no momento ideal (BOMPA, 2012).

A organização do treinamento, portanto, prevê que atletas e treinados respeitem as exigências de cada período do macrociclo e os princípios do treinamento desportivo. Os princípios do treinamento visam contemplar as necessidades existentes para o funcionamento correto do organismo de cada atleta. A necessidade por um olhar abrangente sobre o organismo dos competidores proporcionou aos treinadores e atletas o surgimento de conceitos como o treinamento total, desenvolvido por Rauol Mollet. A justificativa em relação ao uso desses conceitos é ancorada na necessidade de uma periodização capaz de garantir a máxima *performance* esportiva do atleta e, ao mesmo tempo, diminuir a probabilidade de lesões e das síndromes do OR e OT (BRINK *et al.*, 2010; MOLLET, 1979).

A periodização é um instrumento essencial para uma estrutura de treino eficiente, pois permite o planejamento e planificação eficientes do período destinado a preparação. Portanto, os treinadores promovem a divisão da temporada de treinamento em períodos com características e objetivos específicos, os quais devem respeitar os princípios do treinamento desportivo: especificidade, individualidade biológica, adaptação, sobrecarga, interdependência volume/intensidade, continuidade, reversibilidade (BOMPA, 2012; DANTAS, 2011).

Inicialmente, é possível destacar a importância do princípio da individualidade biológica. De acordo com suas premissas, a individualidade biológica é considerada como um mecanismo garantidor de variabilidade entre indivíduos de uma mesma espécie, pois cada organismo possui características fenotípicas e genotípicas únicas. Logo, caso seja considerado um grupo de indivíduos treinados pelo mesmo treinador e nas mesmas condições de treinamento, com variáveis de treinamento (volume, intensidade, frequência) semelhantes, os resultados frente aos estímulos de carga de treinamento serão diferentes devido a diversidade de interações entre a carga genética de cada um deles e o ambiente em que estão inseridos (BRINK *et al*, 2010).

Em seguida, é possível destacar o princípio da adaptação e sua relação com a melhora do indivíduo ao longo da temporada, na manutenção da homeostase do organismo do atleta, assim como nas respostas efetivas frente ao estresse gerado pelo treinamento. Nesse sentido, o efeito estímulo-resposta da carga sobre o organismo pode ajudar a promover adaptações positivas, de acordo com o ambiente estressor apresentado. A adaptação pode ocorrer caso o treinamento promova estímulos estressores capazes de modificar o estado homeostático do organismo e exista um período de recuperação compatível a magnitude do estímulo, a fim de restabelecer a homeostase e promover as adaptações (BORRESEN, 2009; KELLMANN, 2010).

O equilíbrio homeostático é um mecanismo sensível no qual o organismo busca a sua manutenção constantemente. Os estímulos promovidos por cargas consideradas fortes possuem a capacidade de romper o estado homeostático e, conseqüentemente, estimular o surgimento de adaptações ao treinamento. Entretanto, o processo de adaptação aos estímulos estressores faz com que as cargas que anteriormente eram considerados fortes, devido ao processo de adaptação, não tenham a mesma capacidade de romper a homeostase. Portanto, o princípio da sobrecarga é aplicado pelo treinador através de uma nova carga, capaz de romper a homeostase do organismo do atleta e gerar as adaptações desejadas. A efetividade das adaptações conquistadas é mensurada ao longo da temporada em momentos específicos da preparação, através de testes e competições secundárias, geralmente, capazes de averiguar a melhora dos aspectos físicos e técnicos do atleta,

além da manutenção das melhorias já conquistadas em períodos anteriores (KELLMANN, 2010; MEEUSEN *et al.*, 2013).

O princípio da sobrecarga prevê a aplicação de cargas geradoras de estímulos fortes, pois estas são as responsáveis por promover a desestabilização do equilíbrio do organismo. Caso a homeostase seja rompida pelo agente estressor a Síndrome da Adaptação Geral (SAG) é desencadeada a fim de restabelecer a homeostase. Nesse sentido, a SAG prevê o surgimento de adaptações positivas no organismo desde que seja garantido um ambiente favorável de recuperação, alimentação e descanso. Portanto, o treinador, considerando a SAG, é o responsável por equilibrar essa dinâmica de cargas e promover treinamentos capazes de melhorar as capacidades relacionados ao desporto (BORRESEN *et al.*, 2009).

Ao longo do processo de elaboração da periodização, o treinador considera a carga de treinamento do atleta com o objetivo de determinar a magnitude do estímulo que será promovido em cada período do macrociclo. O controle da carga é feito através da determinação do volume e intensidade as quais são consideradas variáveis de treinamento fundamentais para garantir adaptações e evitar períodos de excesso de treinamento. De acordo com as demandas e especificidades necessárias para alcançar as metas propostas, tanto o volume quanto a intensidade do treino variam em importância ao longo de cada período da periodização. Nesse sentido, o princípio da interdependência volume-intensidade é considerado pelos treinados como um mecanismo regulador das cargas de treinamento ao longo da periodização. Caso o princípio da interdependência entre volume e intensidade seja respeitado, a literatura aponta a existência da evolução das cargas de treinamento do atleta conforme as semanas de treinamento avançam. Juntamente a evolução das cargas, ocorre uma série de adaptações positivas no organismo do atleta decorrentes do processo de supercompensação, desde que exista uma relação congruente entre estímulo e o descanso. Entretanto, para que haja os resultados favoráveis ao desporto a relação entre estímulo-resposta deve ser baseada no respeito ao princípio da especificidade (LAMBERT, 2010).

O princípio da especificidade parte do pressuposto de que os treinos executados devem estar de acordo com as demandas presentes em cada esporte. Portanto, cada treinamento considera requisitos essenciais para o desenvolvimento total da prática esportiva em questão, como: os segmentos corporais envolvidos, o sistema energético predominante e as coordenações psicomotoras utilizadas. Logo, durante os diferentes mesociclos e microciclos da periodização o treinamento apresenta variações em relação ao grau de especificidade do treinamento. Entretanto, para garantir o melhor desempenho do atleta, quanto mais próximo da competição mais específico

serão os estímulos. A existência dessa relação é baseada em uma associação sensível e forte entre aspectos fisiológicos: metabólicos e neuromusculares (BRINK *et al.*, 2010; MUJIK, 2017).

Por fim, para a construção de resultados sólidos ao longo da carreira de um atleta tanto o princípio da continuidade quanto o da reversibilidade merecessem destaque, pois são determinantes para a construção de uma carreira desportiva longa. Em relação a sistematização do programa do treinamento, há necessidade da elaboração do planejamento sem que haja quebra da continuidade dos estímulos, pois a partir deste princípio as adaptações ao treinamento e a manutenção das mesmas serão possíveis. Entretanto, caso ocorra uma pausa não planejada do treinamento pode haver um processo de perda, parcial ou total, das adaptações que foram conquistadas através do treino. Dessa forma, ocorre um processo de reversibilidade das adaptações conquistadas anteriormente e, conseqüentemente, diminuição dos benefícios que seriam gerados em um treinamento à longo prazo sem interrupções não programadas (MUJIK, 2000).

O conhecimento por parte dos diferentes princípios de treinamento, processos adaptativos, SAG, supercompensação foram conceitos fundamentais a fim de evitar momentos em que a carga, externa e interna, imposta ao organismo fosse maior do que o seu processo de recuperação. Dentre os princípios do treinamento, houve um aumento gradual da relevância da distribuição das cargas ao longo da temporada no meio esportivo, entre treinadores e atletas, a fim de otimizar resultados e evitar sobrecargas prejudiciais. Desta maneira, o princípio da interdependência entre volume e intensidade é destacado em vários periódicos como elemento fundamental na periodização quando o intuito do treinamento é garantir que os atletas alcancem os resultados e adaptações necessários, além de permitir o controle dos resultados (BORRESEN *et al.*, 2009; DANTAS, 2014).

Nesse sentido, destaca-se outros dois modelos de periodização denominados como: Periodização Linear (PL) e a Periodização Ondulatória (PO). Em ambos a interdependência entre volume e intensidade é trabalhada. Entretanto, o modo como ela é abordado tanto na PL quanto na PO são distintos (BUFORD *et al.*, 2007).

A PL tem um planejamento cujo início da temporada é marcado por um aumento progressivo do volume e uma intensidade mais baixa. Porém, conforme o treinamento avança o volume é progressivamente diminuído ocorrendo o aumento da intensidade. A relação entre volume e intensidade varia de acordo com cada fase do treinamento e os objetivos específicos dela, os quais estão relacionados, normalmente, as adaptações fisiológicas necessárias para garantir a melhor forma desportiva possível na competição mais importante da temporada (KRAEMER *et al.*, 2002; HOFFMAN *et al.*, 2003).

Em contrapartida, a PO é uma forma de periodização com uma variação mais frequente entre intensidade e volume. Nesse modelo, a modulação dessas variáveis pode ocorrer considerando as sessões de treino ou o microciclo. Além disso, o aumento ou diminuição do volume no caso da PO não necessariamente seguirá o padrão de aumento da intensidade e diminuição do volume visto na PL (BUFORD *et al.*, 2007; HOFFMAN *et al.*, 2003; MIRANDA *et al.*, 2011).

A escolha em relação ao modelo de periodização utilizado pelos treinadores é um ponto crucial na construção de um treinamento. Caso o planejamento seja elaborado de maneira coerente, respeitando as individualidades do organismo do atleta e este seguir todas as etapas propostas pelo treinador é possível destacar uma série de adaptações fisiológicas geradas no organismo do desportista como: musculares, cardiovasculares, hormonais e metabólicas (HARTMANN *et al.*, 2009; MEEUSEN *et al.*, 2013).

No caso das adaptações hormonais, a literatura demonstra que o exercício físico aeróbio promove estímulos capazes de gerar a liberação de determinados hormônios, conforme a origem da atividade, os quais afetam de maneira positiva ou negativa o desempenho esportivo dos atletas. Dentre as adaptações, há periódicos que apontam a hipertrofia das glândulas hormonais como uma importante adaptação, por conta de uma maior secreção de hormônio, responsável por melhorar a utilização das reservas de energia aumentando o desempenho dos corredores (WEINECK, 2003).

Já em relação as adaptações musculoesqueléticas, os artigos apontam similaridades entre a forma como as modificações ocorrem tanto no treinamento de corrida quanto no de força. Inicialmente, os estímulos gerados pelo treinamento contínuo aprimoram o recrutamento das fibras musculares, os mecanismos de coordenação intra e intermuscular, dos músculos treinados, e são responsáveis pelo aumento do desempenho tanto do âmbito físico quanto do âmbito técnico dos corredores. A melhora do desempenho pode ser observada através de diferentes parâmetros como: aumento da economia de corrida, menor gasto de energia, aumento da velocidade, maior limiar de fadiga; maior capacidade de armazenamento de glicogênio (melhora desempenho de corridas anaeróbias de alta intensidade); aumento na utilização do metabolismo de gorduras (devido ao aumento do número e tamanho de mitocôndrias no músculo); aumento da capacidade de eliminar lactato (diminui concentração de lactato no músculo permitindo uma maior duração de uma atividade de alta intensidade) (GARRANDES, 2007; LEPERS *et al.*, 2000; WEINECK, 2003).

Um dos sistemas mais sensíveis as adaptações por conta do treinamento, de corrida, é o cardiovascular. A literatura aponta diversas adaptações e uma grande influência deste no desempenho físico, principalmente, do corredor. Dentre as adaptações cardiovasculares, é

interessante destacar que no coração acontece a hipertrofia das paredes cardíacas a fim de suprir as demandas do treinamento, o aumento do volume sanguíneo capaz de garantir um maior fornecimento de oxigênio para os tecidos musculares, diminuição da frequência cardíaca, aumento do limiar anaeróbio e do VO₂ máximo. Juntamente ao sistema cardíaco, no pulmão também ocorrem diversas respostas positivas frente ao treinamento. Dentre as adaptações positivas é possível destacar tanto o aumento da caixa torácica quanto do volume pulmonar responsáveis por resultar na diminuição da frequência respiratória em repouso e durante o exercício. Por fim, a partir do treinamento aeróbio, são geradas melhorias nos vasos sanguíneos dos atletas ocorrendo o aumento no número de capilares capazes de gerar uma maior irrigação e oxigenação do tecido muscular utilizado, além de melhorar a remoção de metabólicos, como o ácido láctico (GARRANDES, 2007; WEINECK, 2003).

Overtraining e Overreaching

As altas exigências por resultado ao longo de uma preparação desportiva, principalmente para os atletas de alto nível, fazem com que treinadores e atletas trabalhem em ambientes próximos aos limites fisiológicos máximos a fim de alcançar as adaptações citadas previamente. Contudo, há uma linha tênue entre o treinamento capaz de possibilitar estímulos favoráveis as adaptações positivas e aquele no qual pode resultar em adaptações negativas ao organismo. Atualmente, a literatura descreve uma maior probabilidade de um processo de exaustão, curto ou longo, em atletas submetidos a cargas de treinamento consideradas fortes ou muito fortes e que não consigam passar por uma recuperação compatível ao estresse gerado pelo treino. Assim, a busca pela máxima capacidade fisiológica do organismo, de maneira recorrente, pode induzir o atleta a estados transitórios de exaustão e, conseqüentemente, a redução do rendimento esportivo relacionado a síndrome do *overreaching* (OR). Entretanto, a manutenção de um estado estressante com ausência da recuperação adequada pode induzir o corpo a continuidade do declínio no rendimento e manutenção da exaustão compatíveis com os sintomas apresentados na síndrome do *overtraining* (OT) (HYNYNEN *et al.*, 2006; NEDERHOF *et al.*, 2007; SMITH, 2003).

A literatura considera o OR como um estado transitório de baixo desempenho. Segundo os estudos, o OR é ocasionado por um estresse advindo de um acúmulo de treinamentos ou eventos alheios ao treinamento (desequilíbrios psicológicos, nutricional, social, físico, técnico, tático) responsáveis pelo decréscimo da *performance* do atleta, tanto em treinos quanto nas competições. Caso o estado causado pelo OR seja percebido, a recuperação e restabelecimento das capacidades

podem demorar alguns dias até algumas semanas. Os resultados no organismo de um atleta são diversos, entretanto há fortes evidências de mudanças fisiológicas, bioquímicas e psicológicas (MEEUSEN *et al.*, 2013; RIETJENS *et al.*, 2005).

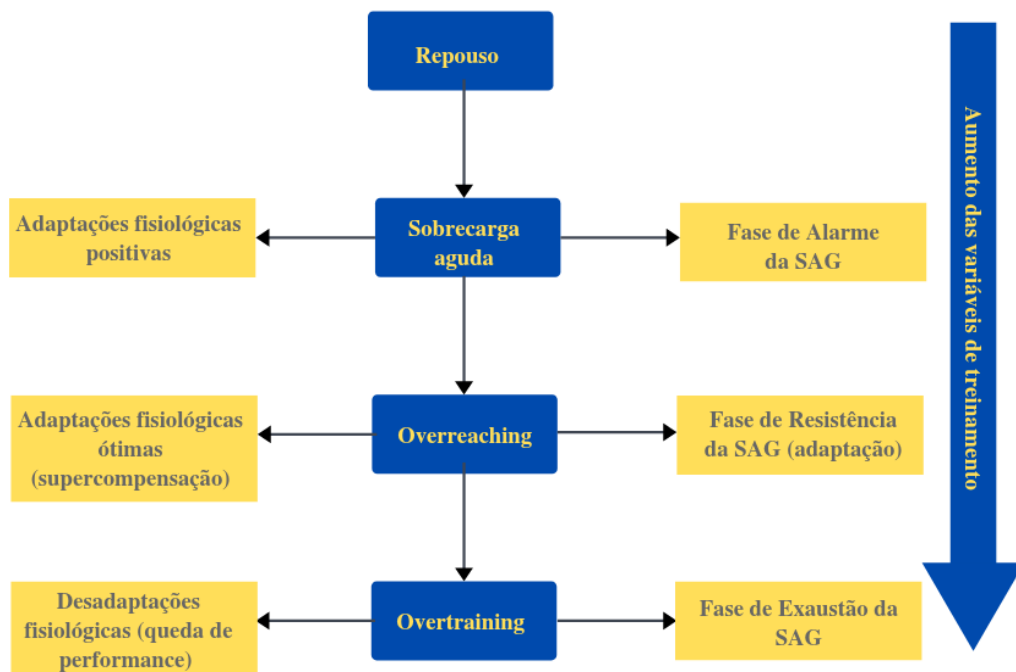
O estado transitório de fadiga (OR), embora diminua a *performance* aguda do atleta, é capaz de promover o surgimento de adaptações fisiológicas consideradas ótimas, desde que o organismo possua um período adequado para a recuperação do estado de sobrecarga. Nesse sentido, o descanso ao longo da temporada tem como objetivo garantir a recuperação adequada do organismo e, assim, permitir a promoção de novos estímulos estressores. A presença da sobrecarga excessiva nos treinamentos, sem o descanso necessário, é capaz de transformar um estado agudo e temporário de baixo desempenho, capaz de gerar adaptações positivas, em um estado crônico de baixo desempenho, encontrado em muitos atletas de alto nível e responsável por desadaptações fisiológicas e exaustão (MEEUSEN *et al.*, 2013).

Em um estudo produzido por Coutts e colaboradores (2007), após submeter um dos dois grupos de homens triatletas a um treinamento intenso de 6 semanas afim de gerar o OR, os autores observaram uma queda de rendimento significativo ao longo do período do protocolo. Entretanto, nas últimas duas semanas do protocolo foi utilizado o método *Taper* no qual houve uma recuperação significativa (+7,0%) do grupo de treino intenso (IT) em comparação com o grupo de intensidade normal (IN) (+3,9%) no teste de 3-km. Os resultados, encontrados no trabalho, podem sinalizar uma possível utilização desse método para recuperação de estados transitórios de fadiga e estresses produzidos pelo OR. Embora a melhora tenha ocorrido durante as duas semanas de *Taper* no grupo IT, os autores concluíram que não houve diferença significativa no desempenho dos atletas, de ambos os grupos, após o período de recuperação. A conclusão do estudo sinalizou que ou o descanso de 2 semanas (*TAPER*) não teria sido suficiente ou a imposição de um OR proposital não é capaz de gerar aumento de *performance*. Por fim, o estudo corrobora com o consenso de que a redução de *performance* é o critério primário para o correto diagnóstico do OR.

Conforme a Figura 1, é possível perceber que a rápida identificação é fundamental para garantir um curto prazo de recuperação. Entretanto, a sintomatologia difusa e os aspectos multifatoriais ligados as síndromes podem levar a manutenção do estado de sobrecarga (adaptações fisiológicas positivas e fase de alarme da SAG) e, conseqüentemente, presença de sintomas relacionados ao OR (adaptações fisiológicas ótimas e fase de resistência da SAG). Caso a sobrecarga não seja atenuada e não haja descanso adequado, é possível que as constantes sobrecargas façam o quadro de OR evoluir, perder o caráter transitório e, conseqüentemente, pode resultar na síndrome do OT (desadaptações fisiológicas e fase de exaustão da SAG). Além disso,

existe a possibilidade de que o atleta tenha dificuldades de alcançar novamente sua melhor *performance* dependendo dos impactos ocasionados pelo OT. Portanto, é necessário a busca por ferramentas cada vez mais eficientes no diagnóstico da OR e OT, a fim de reduzir a predominância dessas síndromes entre praticantes de diferentes desportos (MEEUSEN *et al.*, 2013).

Figura 1 – Esquema de como ocorre o OR e OT.



O OT, assim como o OR, é considerado uma síndrome com caráter multifatorial e resultante da manutenção do desequilíbrio entre estresse e a ausência da recuperação adequada ao treinamento. A falta de recuperação adequada é apontada pelo Colégio Americano de Medicina Esportiva (ACSM) como o fator mais discriminante entre a fadiga aguda, capaz de gerar o OR, e a fadiga crônica, que caracteriza a OT. O caráter multifatorial da OT é responsável por desequilíbrios que abrangem tanto o ambiente do treinamento quanto os aspectos não relacionados, necessariamente, ao treinamento como: viagens, fatores sociais, nutricionais, educacionais, financeiros. Atualmente, ao considerar o cenário competitivo, há estudos que apontam que 15 a 50% dos atletas de *endurance*, que possuem nível competitivo, apresentam a síndrome do OT (MEEUSEN *et al.*, 2013; RIETJENS *et al.*, 2005).

No que diz respeito aos desequilíbrios relacionados ao desempenho esportivo de atletas com OT, os artigos demonstram redução no desempenho desportivo e das adaptações positivas aos treinos. As reduções na *performance* ocorrem mesmo que o atleta seja submetido a novos estímulos estressores. Dentre as consequências ocasionadas pela OT (Figura 2) ocorrem alterações em componentes fisiológicos (redução na *performance*, força, peso e massa muscular, alterações

neuroendócrinas, alterações no Sistema Nervoso Central (SNC)), bioquímicos (redução do glicogênio, redução da glicemia, diminuição da produção de testosterona e estrógeno, aumento de catecolaminas, aumento da produção de cortisol e lactato), psicológicos (presença de apatia, irritabilidade, depressão, alterações no padrão do sono, alterações no humor, aumento da percepção subjetiva de esforço(PSE), distúrbios nutricionais) e imunológicos (imunossupressão, aumento de infecções, aumento de citocinas, presença de febre, diminuição de IgA e diminuição da glutamina disponível) (GLEESON, 2002; HALSON, 2004; SMITH, 2003).

Figura 2 – Possíveis alterações decorrentes do *Overtraining*



Ao longo das últimas décadas, a incidência da síndrome do OT em indivíduos não atletas e atletas de alto nível, principalmente de modalidades esportivas aeróbias, vêm aumentando de forma significativa. Isso acaba resultando em estudos científicos focados em elucidar as causas desse fenômeno (WINSLEY, 2011).

Os estudos sobre OT possibilitaram o surgimento de diversas respostas frente as problemáticas dessa temática. Segundo Cunha e colaboradores (2006), há uma linha tênue entre estímulo estressor capaz de gerar adaptações fisiológicas ótimas e um estímulo estressor que leve a fadiga (redução crônica do desempenho esportivo dos atletas, destreinamento e perda das adaptações previamente adquiridas). Há existência dessa linha tênue pressupõe a necessidade do controle adequado do treinador em relação as variáveis de treinamento (volume, intensidade, frequência de treinamento) e regulação da recuperação (GLESSON, 2002).

O caráter multifatorial da OT, caracterizado por alterações nos diferentes sistemas fisiológicos do atleta, fez com que ao longo dos anos surgissem diversas teses com objetivos de

delimitar acertadamente a maneira como a síndrome é estabelecida e, assim, permitir o melhor delineamento das estratégias para prevenção e tratamento da OT. Dentre as teorias propostas duas delas ganharam forte relevância e se tornaram alvo de estudos de maneira mais frequente: *Overtraining* Simpático e o *Overtraining* Parassimpático (HALSON, 2004).

A síndrome denominada como OT simpática (Figura 3) é caracterizada pelo aumento da atividade simpática, durante o repouso, no qual assemelhasse a um estado hiperadrenérgico ou de hiperfunção da tireoide. Na maioria dos casos, esse tipo de OT pode ser observada em atletas de esportes coletivos ou individuais com maior enfoque na velocidade, força e potência como nas modalidades do judô e musculação. Entretanto, há casos de atletas de longa distâncias que também apresentaram esta síndrome. De modo geral, este subtipo de OT pode ser caracterizado por: uma recuperação pós exercício retardada e insuficiente, cansaço e um estado de excitação (HALSON, 2004; SMITH, 2000).

Em contrapartida, o OT parassimpático (Figura 3) apresenta uma sintomatologia similar à de um processo de adaptações positivas ao treino e melhora do condicionamento físico do atleta, o que torna mais difícil o diagnóstico precoce e tratamento. Alguns achados na literatura apontam uma maior incidência dessa síndrome em atletas de modalidades como maratona e ciclismo. A caracterização do OT parassimpático está relacionada aos seguintes aspectos: batimentos cardíacos baixo em repouso, hipoglicemia durante exercício, rápida recuperação da frequência cardíaca pós exercício, diminuição do lactato máximo plasmático durante o exercício e diminuição dos níveis de catecolaminas, diminuição da atividade do sistema simpático, presença de insuficiência adrenal e o aumento e predomínio do sistema parassimpático, tanto no repouso quanto durante o exercício físico (HALSON, 2004; KREHER, 2012).

Figura 3 – Diferenciação dos sinais e sintomas do OT simpático e parassimpático.

SIMPÁTICO	PARASIMPÁTICO
<p>↑ Atividade Simpática (estado hiperadrenérgico)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recuperação pós exercício insuficiente <p>↑ Cansaço</p> <p>↑ Estado de excitação</p>	<p>↑ Atividade Parassimpática (durante e após)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hipoglicemia durante o exercício <p>↓ Recuperação da FC pós exercício</p> <p>↓ Lactato durante o exercício</p> <p>↓ Catecolaminas</p> <p>↓ Sistema Simpático</p> <p>↓ Insuficiência Adrenal</p> <ul style="list-style-type: none"> • FC em repouso

As descobertas em relação aos diferentes tipos de OT, juntamente com o aumento da presença dessa síndrome nos esportistas, fez com que um dos objetivos dos estudos, ao longo das décadas, fosse estabelecer os sintomas e causas capazes de indicar o decréscimo do desempenho do atleta precocemente. Dentre os diversos indicadores fisiológicos utilizados nos periódicos sobre OT, foram encontrados dados que demonstraram um bom potencial deles como mecanismo capaz de regular as cargas de treinamento. Todavia, não existem dados consistentes mostrando que tantos os testes fisiológicos quanto bioquímicos são eficientes para detectar os sinais e sintomas relacionados ao OT (GLESSON, 2002; SMITH, 2003; URHAUSEN, 2002).

Apesar desses achados sinalizarem lacunas importantes no estudo da relação das variáveis fisiológicas e o diagnóstico da síndrome do OT, nas últimas décadas houve um aumento de trabalhos que demonstram maior efetividade e consistência na utilização de indicadores e testes psicológicos para averiguar a presença de OT ou OR, como: a Percepção Subjetiva de Esforço (PSE), Perfil dos Estados de Humor (POMS), Escala de Brunel (BRUMS). Os instrumentos de avaliação psicológica foram e são utilizados no meio esportivo como mecanismo capaz de acompanhar o processo de recuperação do atleta, pois são meios mais baratos e menos invasivos e que podem ser aplicados com mais frequência do que exames bioquímicos. O uso deles, de modo recorrente e crescente, levou ao desenvolvimento de um questionário próprio para atletas e capaz de avaliar, de maneira simultânea, tanto o estresse quanto a recuperação. O instrumento em questão foi nomeado como Questionário de Estresse e Recuperação para Atletas (RESTQ-Sport) (HADDAD *et al.*, 2017; ROHLFS *et al.*, 2008).

Dentre as ferramentas de avaliação psicológica, a literatura apresenta resultados favoráveis para a detecção precoce da OT ao utilizar o Perfil dos Estados de Humor (POMS). O questionário proposto pelo POMS possui 65 itens relacionados ao estado de humor do praticante capazes de avaliar os seguintes itens: raiva, vigor, fadiga, confusão mental e estado de humor. Os atletas considerados saudáveis normalmente apresentam uma curva dentro do gráfico, construído a partir da pontuação do questionário, denominado como “perfil *iceberg*”. Contudo, a literatura aponta um gráfico com perfil oposto em atletas que possam estar com sintomatologia favorável ao OT. Nesse caso, o gráfico sugeriria um “perfil *iceberg* invertido” com presença de alta pontuação para tensão, fadiga e confusão mental. As diferenças entre os grupos, embora não possam ser utilizadas como fator diagnóstico para OT, sinalizam para os treinadores a possível presença de sobrecarga excessiva no organismo do atleta avaliado. Dessa forma, o POMS pode ser utilizado como instrumento aliado ao longo da preparação dos atletas (NEDERHOF *et al.*, 2008).

A partir das ferramentas de avaliações psicológicas foi possível metrificar a recuperação do atleta e promover o monitoramento do processo recuperação-fadiga. Contudo, é necessário destacar que qualquer parâmetro fisiológico ou psicológico não deve ser observado de maneira isolada, já que cada parâmetro apenas destaca um aspecto isolado do organismo observado. Portanto, embora os questionários e escalas citados são capazes de avaliar o estado de humor do indivíduo e apresentar correlação positiva com o diagnóstico de OT, é necessária uma abordagem que considere a história dos sintomas dos atletas, o estado nutricional, sono, lesões e a estrutura social (família, casa e trabalho) para obtenção de uma avaliação fidedigna da recuperação e fadiga pós exercício (NEWSHOLME, 2006).

A importância das ferramentas de avaliação psicológica ganha ainda mais relevância ao considerar as alterações neuroendócrinas e psicobiológicas, ocasionadas pela síndrome do OT. A partir do treinamento físico intenso há alteração na funcionalidade do eixo hipotálamo-hipófise ocasionando alterações na dinâmica do organismo. O eixo hipotálamo-hipófise possui importante função relacionado ao *feedback* negativo do cortisol que é responsável por regular processos metabólicos e do sistema nervoso autônomo. A busca por adaptações a curto prazo, com a utilização de cargas com alta intensidade, causa a diminuição da sensibilidade da hipófise ao *feedback* negativo do cortisol devido a maior concentração plasmática de cortisol. Assim, caso o hipotálamo não consiga reagir adequadamente ao estresse imposto ao organismo pode ocorrer uma disfunção neuro-endócrina no eixo hipotálamo-hipófise que é capaz de gerar mudanças nos aspectos psicobiológicos do atleta: aumento da irritabilidade, aumento da inquietação, e aumento de estados depressivos (PERREIRA, 2002).

A literatura aponta que a perturbação da homeostase dos aspectos psicobiológicos do organismo podem estar relacionadas as mudanças nas funções dos neurotransmissores e alterações no SNC. Dentre as alterações, alguns autores destacam a fadiga central encontrada em atletas com OT e a atribuem a mudança na regulação dos neurotransmissores devido à semelhança com a fadiga ocasionada na depressão. Embora existam diversos tipos de neurotransmissores, é fundamental destacar a serotonina cerebral, cujo o precursor é o triptofano, como um importante regulador do estado de humor do atleta, da memória, na qualidade do sono e na supressão do apetite . Ao longo do treinamento intenso, o triptofano pode sofrer alterações na sua capacidade de entrada na barreira hematoencefálica e, possivelmente, aumentar o seu nível sérico, causar variação na captação central (devido a aminoácidos de cadeia ramificada) gerando alterações na sensibilidade central ao precursor (CORDEIRO *et al.*, 2014; PROSCHINGER, 2019).

No sistema nervoso central há competição para entrada na barreira hematoencefálica pelos receptores entre o triptofano e os aminoácidos de cadeia ramificada (ACR). Durante uma atividade intensa, o uso do ACR pela musculatura esquelética, afim de produzir energia levaria a uma redução da competição e aumento do influxo de triptofano no cérebro. O excesso da entrada de triptofano transportado através da albumina até a barreira hematoencefálica e, conseqüentemente, sua entrada no cérebro pode resultar no aumento da serotonina cerebral e de sintomas (fadiga, mudanças de humor) relacionados a um quadro de fadiga central, comumente presente em indivíduos com OT. Dessa forma, a comunicação entre atleta e treinador representa um importante componente no controle dos aspectos psicobiológicos dos atletas, no qual é fundamental o controle e a atenção nos relatos de esforço dado pelos atletas, principalmente, caso haja presença de aumento do esforço com conseqüente diminuição do desempenho e relatos de perda de vigor por parte do atleta (KREHER, 2012).

Inflamação, LPS e Overtraining

A fim de compreender a relação entre o excesso da carga de treinamento e as alterações no sistema nervoso central, Smith (2000) introduziu a hipótese da citocina com o objetivo de integrar os sinais e sintomas relacionados ao decréscimo de *performance* e o excesso de treinamento. Inicialmente, o treinamento intenso realizado por atletas pode gerar microtraumas teciduais nos músculos, ossos e articulações capazes de modificar tanto a regulação dos fluidos intra e extracelulares quanto a das células sanguíneas e leucocitárias. Os microtraumas resultam em um processo inflamatório local visando recuperação e, conseqüentemente, adaptação dos tecidos lesionados. A alteração da homeostase nos tecidos induz um processo de movimentação das células sanguíneas e leucocitárias para o tecido lesionado, a fim de reparar o dano causado. Em seguida, as células (monócitos, neutrófilos e macrófagos) chegam até os microtraumas no qual produzem e liberam citocinas pró-inflamatórias (IL-1, IL-6 e TNF-alfa) fundamentais para a regulação, coordenação, amplificação, duração e efeitos do processo inflamatório (DINARELLO, 2000; PEAKE *et al.*, 2015; SMITH, 2000).

A resposta ao processo inflamatório local decorrente dos microtraumas teciduais é, normalmente, acompanhada por uma resposta sistêmica, denominada como resposta de fase aguda. O objetivo da resposta de fase aguda é restabelecer a homeostase no organismo para ocorrer o reparo das células lesionadas. Dessa forma, dependendo da intensidade e duração do estresse promovido pelo exercício, o organismo pode apresentar alterações fisiológicas e comportamentais

até algumas horas após o início do processo de inflamação local. A regulação e comunicação das alterações intercelular, interórgãos (cérebro, fígado, rins, intestino e células do sistema imune) e intersistemas é realizado pelas citocinas, no qual possibilita que o organismo do atleta esteja ciente das alterações nos tecidos em que há microtraumas e, a partir disto, ocorram ações integradas e equilibradas entre citocinas com ação pró-inflamatória e anti-inflamatórias, a fim de reparar completamente os tecidos e reestabelecer a equilíbrio homeostático (BASSEL *et al.*, 2006; GRUYS *et al.*, 2005; MOLDOVEANU, 2001; PETERSEN, 2005; SMITH, 2000)

A comunicação entre os diferentes sistemas, embora seja fundamental para a regulação da inflamação local e sistêmica, pode gerar alterações indesejadas que ultrapassem o ambiente tecidual e alcancem outros sistemas e órgãos do organismo. Há evidências em estudos nas quais sugerem que o aumento de citocinas pró-inflamatórias, em resposta aos microtraumas teciduais, pode promover um ambiente inflamatório no SNC do atleta e, conseqüentemente, aumentar as citocinas pró-inflamatória (IL-1, IL-6 e TNF-alfa) na região do hipotálamo. A maior presença das citocinas citadas na região do hipotálamo estaria relacionada com o estabelecimento de um ambiente pró-inflamatório e ativação de diversos núcleos hipotalâmicos no cérebro, os quais podem estar relacionados com algumas das alterações comportamentais relacionadas a fadiga central (redução do apetite, da sede, queda da libido, alterações do humor e depressão), comumente presentes em atletas com OT (CLARK, 2016; DINARELLO, 2000; PEAKE *et al.*, 2015; SMITH, 2000).

Atualmente, novos estudos, objetivados a encontrar possíveis respostas do aumento de citocinas inflamatórias, promovidas pelo exercício, no funcionamento dos órgãos e sistemas do organismo do atleta, encontraram evidências nas quais sugerem que o trato gastrointestinal (TGI) e a sua microbiota representem uma peça-chave no controle do processo inflamatório, estresse oxidativo promovido por exercícios intensos e na modulação de importantes neurotransmissores excitatórios e inibitórios, como a serotonina, em resposta ao estresse físico e emocional. Além disso, alguns achados confirmam a existência de uma relação bidirecional entre cérebro e o TGI, formando um eixo cérebro-intestino. A comunicação entre ambos pode ocorrer a partir do nervo vago, hormônios intestinais (Serotonina, GABA, neuropeptídeo Y e dopamina) e outras moléculas da microbiota intestinal (CLARKE *et al.*, 2014; FEHRENBACH, 2006; MOLONEY *et al.*, 2014; VARGAS, 2014)

O intestino humano abriga uma vasta gama de microrganismos que formam a sua microbiota e são capazes de impactar, significativamente, a regulação do metabolismo de energia, hidratação, respostas inflamatórias ao exercício, estresse oxidativo, o modo como o organismo interage com os alimentos ingeridos, assim como as funções e a maturação das células do sistema imune. Através

do TGI ocorre a digestão dos alimentos, absorção dos macronutrientes e micronutrientes. Nesse cenário, a microbiota do indivíduo atua na regulação do microambiente presente no intestino auxiliando na digestão e na absorção. Embora existam diversas espécies de bactérias, a função dos microrganismos parece ser semelhante mesmo nos organismos de diferentes atletas (LAMBERT, 2009; PETERSEN, 2005; SNIPE *et al.*, 2018).

Atualmente, a literatura mostra que há possíveis correlações entre o treinamento realizado por atletas de *endurance* e alterações no funcionamento da microbiota intestinal. Inicialmente, o exercício induziria um aumento da permeabilidade intestinal, aumento da temperatura central do organismo e composição da microbiota intestinal do atleta. Dessa forma, durante e após o exercício físico extenuante é possível que haja o comprometimento de algumas das funções intrínsecas a microbiota do intestino (proteção contra patógenos, estimulação e maturação de células do epitélio do intestino) (SNIPE *et al.*, 2018; YEH, 2013).

O comprometimento agudo da função barreira do epitélio gastrointestinal é encontrado em atletas de diferentes modalidades, idades e intensidades. Entretanto, alguns estudos demonstram que há uma correlação positiva entre aumento da intensidade do exercício e aumento dos sintomas relacionados a desequilíbrios das funções do TGI. Caso haja um período de recuperação adequado pós estresse para os atletas, os desequilíbrios na microbiota são resolvidos e a homeostase e integralidade das funções são restabelecidas. Entretanto, em um atleta com quadro de OT, no qual há uma recuperação insuficiente, é possível que a reparação da microbiota e o restabelecimento das suas funções, previamente comprometidas, não ocorram e, conseqüentemente, haja uma manutenção do desequilíbrio da função barreira do TGI. Dessa forma, caso os estímulos estressores continuem, a desregulação da microbiota pode representar um problema frequente para o atleta ou até mesmo crônico podendo resultar no aumento da taxa de translocação de bactérias intestinais, possível ruptura da mucosa, estresse oxidativo e problemas relacionados a hidratação do organismo (LAMPRECHT *et al.*, 2012; ZUHL *et al.*, 2014).

A possível desregulação aguda da função barreira presente no epitélio gastrointestinal também pode resultar em mudanças estruturais e funcionais em importantes bactérias que integram a microbiota intestinal e que possuem os lipopolissacarídeos (LPS) na superfície de sua membrana. Nesse sentido, quando o organismo é exposto a um exercício físico intenso há aumento da presença de citocinas (IL-1, IL-4, IL-13 e TNF) capazes de ocasionar aumento da permeabilidade intestinal e, conseqüentemente, favorecer a translocação de LPS para circulação, aumentando sua concentração plasmática no sangue. Caso haja liberação para a corrente sanguínea o LPS é identificado pelo complexo CD14 e Toll-like Receptors (TLR), principalmente pelo TLR4 (envolvido no

reconhecimento de antígenos e promoção de ambiente pró-inflamatório). A detecção do LPS através do TLR4 pode desencadear uma resposta inflamatória nas células que expressam o TLR aumentando a liberação de citocinas (IL-1, IL-6, TNF), inflamação sistêmica do organismo e, conseqüentemente, gerar um quadro associado a endotoxemia (processo inflamatório e resistência à insulina) e danos a outros órgãos do organismo (BROWN *et al.*, 2015; ZUHL *et al.*, 2014).

O quadro de endotoxemia é mostrado em alguns estudos como uma ocorrência comum entre atletas, pois ao haver aumento da temperatura corporal dos atletas o sangue localizado no TGI tende a alterar seu fluxo para regiões musculares alvo e outros órgãos (coração e pulmão). A redistribuição do aporte sanguíneo e as temperaturas podem gerar alguns danos a epitélio intestinal, aumentar a permeabilidade e, eventualmente, proporcionar uma maior saída de LPS e bactérias do TGI aumentando o processo de endotexemia (LAMBERT, 2009; VAN WIJCK *et al.*, 2012).

Atualmente, alguns estudos evidenciaram a presença de possíveis relações entre as alterações na homeostase do TGI e sua microbiota em possíveis mudanças no comportamento dos atletas. Como mencionado anteriormente, o TGI e a microbiota intestinal possuem uma função endócrina responsável pela produção e regulação de importantes hormônios e neurotransmissores relacionados ao controle da motivação, sensação de fadiga e humor dos atletas. Além disso, há evidências de que a ausência da microbiota em animais pode aumentar os níveis de serotonina e triptofano no organismo e alterar os centros de regulação do comportamento. Dessa forma, existe a possibilidade de que as possíveis modificações encontradas na microbiota intestinal e alterações no comportamento e humor de atletas com a síndrome do OT, por conta do estresse promovido pela atividade física, possam estar relacionadas ao eixo entre cérebro-intestino e sua relação com a microbiota intestinal (CLARK, 2016; CLARKE *et al.*, 2013; CLARKE *et al.*, 2014; COLLINS, 2012).

Portanto, a atual influência da TGI e sua microbiota no comportamento de atletas com presença da síndrome do OT está ganhando cada vez mais relevância. Embora, existam fatores que ainda necessitam de maior esclarecimento, as alterações no equilíbrio do TGI possuem o potencial de impactar o humor, motivação e fadiga dos atletas. Dessa forma, é fundamental que surjam novos estudos para esclarecer as lacunas sobre a temática e possibilitar um maior entendimento sobre o assunto e a otimização da performance dos atletas (CLARKE *et al.*, 2013; COLLINS, 2012).

CONCLUSÃO

A partir deste estudo, conclui-se que a organização do treinamento e controle das cargas feito pelos treinadores através da periodização, juntamente com um momento de descanso adequado, são fatores fundamentais para o controle de estímulos do treino, metas almejadas e manutenção da saúde do organismo. Caso contrário, a literatura demonstra que os estímulos estressores sem a presença do descanso adequado podem levar ao estabelecimento das síndromes de OR e OT. Existem várias hipóteses para esse quadro, no estudo abordamos a inflamação e possíveis papéis que as citocinas e o LPS possuem na instalação do quadro do OT e na consolidação dos sinais e sintomas. Ao longo deste trabalho, foi possível observar a existência da relação entre o processo inflamatório ocasionada pelo exercício e possíveis alterações no humor, motivação e fadiga dos atletas com OT, corroborando com a hipótese inicial do estudo.

REFERÊNCIAS

- ARMSTRONG, L. E.; VANHEEST, J. L. The unknown mechanism of the overtraining syndrome. **Sports medicine**, v. 32, n. 3, p. 185-209, 2002.
- BASSEL-DUBY, R.; OLSON, E. N. Signaling pathways in skeletal muscle remodeling. **Annual Review Biochemmistry**, v. 75, s/n, p. 19-37, 2006.
- BARBANTI, V. J. **Treinamento Físico** - bases científicas. 3. ed. São Paulo: CLR Balieiro, 2001.
- BISHOP, D. An applied research model for the sport sciences. **Sports Medicine**, v.38, n.3, p.253-63, 2008
- BOMPA, T. O.; HAFF, G. **Periodização: teoria e metodologia do treinamento**. São Paulo: Phorte, 2012.
- BORRESEN, J.; LAMBERT, M.I. The quantification of training load, the training response and the effect on performance. **Sports Medicine**, v.39, n.9, p.779-95, 2009.
- BRINK, M. S. *et al.* Monitoring stress and recovery: new insights for the prevention of injuries and illnesses in elite youth soccer players. **British journal of sports medicine**, v. 44, n. 11, p. 809-815, 2010
- BROWN, W. M. *et al.* A systematic review of the acute effects of exercise on immune and inflammatory indices in untrained adults. **Sports medicine-open**, v. 1, n. 1, p. 35, 2015.
- BUFORD, T. W. *et al.* A comparison of periodization models during nine weeks with equated volume and intensity for strength. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 4, p. 1245-1250, 2007
- CLARK, A.; MACH, N. Exercise-induced stress behavior, gut-microbiota-brain axis and diet: a systematic review for athletes. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 13, n. 1, p. 1-21, 2016.
- CLARKE, G. *et al.* The microbiome-gut-brain axis during early life regulates the hippocampal serotonergic system in a sex-dependent manner. **Molecular psychiatry**. v. 18, n. 6, p. 666-673, 2013.
- CLARKE, G. *et al.* Minireview: gut microbiota: the neglected endocrine organ. **Molecular endocrinology**, v. 28, n. 8, p. 1221-1238, 2014.
- COLLINS, S. M.; SURETTE, M.; BERCIK, P. The interplay between the intestinal microbiota and the brain. **Nature Reviews Microbiology**, v. 10, n. 11, p. 735-742, 2012.
- CORDEIRO, L. M. S. *et al.* Inhibition of tryptophan hydroxylase abolishes fatigue induced by central tryptophan in exercising rats. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 24, n. 1, p. 80-88, 2014.
- COUTTS, A. J.; WALLACE, L. K.; SLATTERY, K. M. Monitoring changes in performance, physiology, biochemistry, and psychology during overreaching and recovery in triathletes. **International journal of sports medicine**, v. 28, n. 02, p. 125-134, 2007.

- CUNHA, G. S.; RIBEIRO, J. L.; OLIVEIRA, A. R. Sobretreinamento: teorias, diagnóstico e marcadores. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 12, n. 5, p. 297-302, 2006.
- DANTAS, E. H. M. *et al.* Adequabilidade dos principais modelos de periodização do treinamento esportivo. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 33, n. 2, p. 483-494, 2011.
- DANTAS, E. H. M. **A prática da preparação física**. 6 ed. Rio de Janeiro: Shape, 2014
- DINARELLO, C. A. Proinflammatory cytokines. **Chest**, v. 118, n. 2, p. 503-508, 2000.
- FEHRENBACH, E.; SCHNEIDER, M. E. Trauma-induced systemic inflammatory response versus exercise-induced immunomodulatory effects. **Sports medicine**, v. 36, n. 5, p. 373-384, 2006.
- FORTEZA, A. **Treinamento desportivo: carga, estrutura e planejamento**. 2. ed. São Paulo: Phorte, 2006.
- GARRANDES, F. *et al.* Neuromuscular fatigue profile in endurance-trained and power-trained athletes. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 39, n. 1, p. 149-158, 2007.
- GLEESON, M. Biochemical and immunological markers of over-training. **Journal of sports science & medicine**, v. 1, n. 2, p. 31, 2002.
- GOMES, A. C.; **Treinamento Desportivo: Estruturação e periodização**. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- GRAHAM, J. Periodization research and an example application. **Strength & Conditioning Journal**, v. 24, n. 6, p. 62-70, 2002.
- GRUYS, E. *et al.* Acute phase reaction and acute phase proteins. **Journal of Zhejiang University. Science. B**, v. 6, n. 11, p. 1045, 2005.
- HADDAD, Monoem *et al.* Session-RPE method for training load monitoring: validity, ecological usefulness, and influencing factors. **Frontiers in neuroscience**, v. 11, s/n, p. 612, 2017.
- HALSON, S. L.; JEUKENDRUP, A. E. Does overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research. **Sports medicine**, v. 34, n. 14, p. 967-981, 2004.
- HARTMANN, H. *et al.* Effects of different periodization models on rate of force development and power ability of the upper extremity. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 23, n. 7, p. 1921-1932, 2009.
- HOFFMAN, J. R. *et al.* Comparison between linear and nonlinear in-season training programs in freshman football players. **Journal of strength and conditioning research**, v. 17, n. 3, p. 561-565, 2003.
- HYNYNEN, E. S. A. *et al.* Heart rate variability during night sleep and after awakening in overtrained athletes. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 38, n. 2, p. 313, 2006.
- ISSURIN, V.B. New horizons for the methodology and physiology of training periodization. **Sports Medicine**, v.40, n.3, p.189-206, 2010.

- KELLMANN, M. Preventing overtraining in athletes in high-intensity sports and stress/recovery monitoring. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 20, s/n, p. 95-102, 2010.
- KRAEMER, W. J. *et al.*, Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v.34, n. 2, p.364-380, 2002
- KREHER, J. B.; SCHWARTZ, J. B. Overtraining syndrome: a practical guide. **Sports health**, v. 4, n. 2, p. 128-138, 2012.
- LAMBERT, G. P. Stress-induced gastrointestinal barrier dysfunction and its inflammatory effects. **Journal of animal science**, v. 87, n. 14, p. 101 - 108, 2009.
- LAMBERT, M.I.; BORRESEN, J. Measuring training load in sports. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v.5, n.3, p.406-11, 2010.
- LAMPRECHT, M. *et al.* Probiotic supplementation affects markers of intestinal barrier, oxidation, and inflammation in trained men; a randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 9, n. 1, p. 1-13, 2012.
- LEPERS, R. *et al.* The effects of a prolonged running exercise on strength characteristics. **International journal of sports medicine**, v. 21, n. 4, p. 275-280, 2000.
- MATVEEV, L. **Teoria general del entrenamiento deportivo**. Barcelona: Editorial Paidotribo, 2001
- MEEUSEN, R. *et al.* Prevention, diagnosis and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the European College of Sport Science (ECSS) and the American College of Sports Medicine (ACSM). **European Journal of Sport Science**, v. 13, n. 1, p. 1-24, 2013.
- MIRANDA, F. *et al.* Effects of linear vs. daily undulatory periodized resistance training on maximal and submaximal strength gains. **The Journal of strength & conditioning research**, v. 25, n. 7, p. 1824-1830, 2011.
- MOLLET, Rauol. **Treinamento ao ar livre: (Cross-promenade)**. São Paulo: Lince Editora, 1979.
- MOLDOVEANU, A. I.; SHEPHARD, R. J.; SHEK, P. N. The cytokine response to physical activity and training. **Sports medicine**, v. 31, n. 2, p. 115-144, 2001.
- MOLONEY, R. D. *et al.* The microbiome: stress, health and disease. **Mammalian Genome**, v. 25, n. 1-2, p. 49-74, 2014.
- MUJKA, I.; PADILLA, S. Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part I. **Sports Medicine**, v. 30, n. 2, p. 79-87, 2000.
- MUJKA, I. Quantification of training and competition loads in endurance sports: methods and applications. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 12, n. 2, p. 9 -17, 2017.
- NEDERHOF, E. *et al.* The effect of high load training on psychomotor speed. **International journal of sports medicine**, v. 28, n. 7, p. 595-601, 2007.
- NEDERHOF, E. *et al.* Different diagnostic tools in nonfunctional overreaching. **International journal of sports medicine**, v. 29, n. 7, p. 590-597, 2008.
- NEWSHOLME, E.; LEECH, T.; DUESTER, G. **Corrida: ciência do treinamento e desempenho**. São Paulo: Phorte Editora, 2006.

- PEAKE, J. *et al.* Cytokine expression and secretion by skeletal muscle cells: regulatory mechanisms and exercise effects. **Exercise immunology review**, v. 21, s/n, p. 8-25, 2015.
- PEREIRA, B.; DE SOUZA JUNIOR, T. P. **Dimensões biológicas do treinamento físico**. Phorte Editora, 2001.
- PETERSEN, A. M. W.; PEDERSEN, B. K. The anti-inflammatory effect of exercise. **Journal of applied physiology**, v. 98, n. 4, p. 1154-1162, 2005.
- PROSCHINGER, S.; FREESE, J. Neuroimmunological and neuroenergetic aspects in exercise-induced fatigue. **Exercise immunology review**, v. 25, s/n, p. 8-19, 2019.
- RIETJENS, G. J. *et al.* Physiological, biochemical and psychological markers of strenuous training-induced fatigue. **International Journal of Sports Medicine**, v. 26, n.1, p. 16 – 26, 2005.
- ROATTA, S.; FARINA, D. Sympathetic actions on the skeletal muscle. **Exercise and sport sciences reviews**, v. 38, n. 1, p. 31-35, 2010.
- ROHLFS, I. C. P. M. *et al.* A Escala de Humor de Brunel (Brums): instrumento para detecção precoce da síndrome do excesso de treinamento. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 14, n. 3, p. 176-181, 2008.
- ROTHER, E. T. Revisão sistemática X revisão narrativa. **Acta paulista enfermagem.**, v. 20, n. 2, p. v-vi, 2007.
- ROSCHER, H.; TRICOLI, V.; UGRINOWITSCH, C. Treinamento físico: considerações práticas e científicas. **Revista brasileira educação física esporte**, v. 25, s/n, p. 53-65, 2011.
- SMITH, L. L. Cytokine hypothesis of overtraining: a physiological adaptation to excessive stress? **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 32, n. 2, p. 317, 2000.
- SMITH, D. J. A framework for understanding the training process leading to elite performance. **Sports medicine**, v. 33, n. 15, p. 1103-1126, 2003.
- SNIFE, R. M. J. *et al.* The impact of exertional-heat stress on gastrointestinal integrity, gastrointestinal symptoms, systemic endotoxin and cytokine profile. **European journal of applied physiology**, v. 118, n. 2, p. 389-400, 2018.
- TUBINO, M. J. G. **Metodologia científica do treinamento desportivo**. Rio de Janeiro, RJ: Shape, 2003
- URHAUSEN, A.; KINDERMANN, W. Diagnosis of overtraining. **Sports medicine**, v. 32, n. 2, p. 95-102, 2002.
- VARGAS, N. T.; MARINO, F. A neuroinflammatory model for acute fatigue during exercise. **Sports Medicine**, v. 44, n. 11, p. 1479-1487, 2014.
- VAN WIJCK, K. *et al.* Physiology and pathophysiology of splanchnic hypoperfusion and intestinal injury during exercise: strategies for evaluation and prevention. **American journal of physiology-gastrointestinal and liver physiology**, v. 303, n. 2, p. 68-155, 2012.
- YEH, Y. J.; LAW, L. Y. L.; LIM, C. L. Gastrointestinal response and endotoxemia during intense exercise in hot and cool environments. **European journal of applied physiology**, v. 113, n. 6, p. 1575-1583, 2013.
- WEINECK, J. **Treinamento Ideal**. 9. ed. São Paulo: Manole, 2003.

WINSLEY, Richard; MATOS, Nuno. Overtraining and elite young athletes. **The elite young athlete**, v. 56, s/n, p. 97-105, 2011.

ZUHL, M. *et al.* Exercise regulation of intestinal tight junction proteins. **British journal of sports medicine**, v. 48, n. 12, p. 980-986, 2014.