



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS

CARLOS ANDRÉ D. MAGNAGO  
MARCOS JULIAN DA SILVA ALVES

**INFLUÊNCIA DO TREINAMENTO FÍSICO SOBRE A RESPOSTA IMUNE DE  
ATLETAS DE ELITE: ESTUDO DE REVISÃO SISTEMÁTICA**

VITÓRIA  
2014



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS

CARLOS ANDRÉ D. MAGNAGO  
MARCOS JULIAN DA SILVA ALVES

**INFLUÊNCIA DO TREINAMENTO FÍSICO SOBRE A RESPOSTA IMUNE DE  
ATLETAS DE ELITE: ESTUDO DE REVISÃO SISTEMÁTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à  
Universidade Federal do Espírito Santo como  
parte dos requisitos necessários para a  
obtenção do Grau de Bacharel em Educação  
Física.

Orientador: Prof. Dr. André Soares Leopoldo.

VITÓRIA  
2014

CARLOS ANDRÉ DELECRODE MAGNAGO  
MARCOS JULIAN DA SILVA ALVES

**INFLUÊNCIA DO TREINAMENTO FÍSICO SOBRE A RESPOSTA IMUNE DE  
ATLETAS DE ELITE: ESTUDO DE REVISÃO SISTEMÁTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Educação Física do Centro de Educação Física e Desporto da Universidade Federal do Espírito Santo.

Trabalho Defendido e Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

COMISSÃO EXAMINADORA

---

Prof. Dr. André Soares Leopoldo  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Orientador

---

Prof. Dr. Edson Castardeli  
Universidade Federal do Espírito Santo

---

Prof. Dr. Wellington Lunz  
Universidade Federal do Espírito Santo

## **RESUMO**

O sistema imunológico é um importante regulador do equilíbrio metabólico, pois apresenta a função de defender o organismo contra agentes invasores e contribuir para a conservação saudável dos próprios elementos do organismo. O sistema imune apresenta estreita relação com o treinamento físico, uma vez que, este agente agressor promove um estresse no organismo, desequilibrando a homeostase corporal. Embora a literatura demonstre que o exercício físico promove alterações no sistema imunológico, existem poucos estudos na literatura brasileira que verificam o perfil imunológico de atletas de elite. O objetivo do presente estudo foi identificar o perfil imunológico de atletas de elite a partir de uma revisão sistemática. Considerou-se para efeito deste estudo, as publicações no período de janeiro de 2000 a dezembro de 2014. Os resultados demonstraram que a maioria dos artigos revisados verificou que o perfil imunológico dos atletas de elite apresenta redução da imunoglobulina A, leucopenia e infecções do trato respiratório superior após períodos de treinamento intenso. Em conclusão, a revisão sistemática observou nos estudos avaliados que a realização de exercícios físicos de alta intensidade provoca alterações no perfil imunológico do atleta. A presente revisão também encontrou redução da IgA, leucopenia e infecções do trato respiratório superior, no entanto, essas mudanças não são observadas após atividades físicas moderadas.

**Palavras-chave:** sistema imunológico, treinamento físico, atletas de elite.

## **SUMÁRIO**

INTRODUÇÃO .....	5
OBJETIVOS .....	10
METODOLOGIA.....	111
RESULTADOS.....	122
DISCUSSÃO .....	19
CONCLUSÃO.....	22
REFERÊNCIAS.....	23

## INTRODUÇÃO

O sistema imunológico é um importante regulador do equilíbrio metabólico, pois apresenta a função de defender o organismo contra agentes invasores que colocam em risco o estado de saúde e a conservação saudável dos próprios elementos do organismo. Tizard (1995) APUD Silva (2001) relata que o sistema que defende o animal contra o ataque constante de microorganismos é chamado de sistema imunológico. Neste sentido, os mecanismos utilizados para reconhecer e responder a essas substâncias estranhas são conhecidos como respostas imunológicas, as quais se dividem em inata e adquirida.

Os agentes patogênicos podem rapidamente evoluir e adaptar-se de modo a evitar a detecção e neutralização por parte do sistema imune. Até mesmo os simples organismos unicelulares possuem um sistema imune rudimentar, na forma de enzimas que os protegem de infecções por bacteriófagos. Outros mecanismos imunes básicos acompanharam a evolução dos eucariotas e estão hoje presentes nos seus descendentes contemporâneos, como as plantas e os insetos. Entre estes mecanismos estão a fagocitose, os peptídeos antimicrobianos designados defensivos e o sistema complemento caracterizando-se pela rápida resposta à agressão, independentemente de estímulo prévio. Esta primeira linha de defesa do organismo é denominada como resposta imune inata.

Segundo Beck e Habicht (1996) o ser humano desenvolve mecanismos de defesa ainda mais complexos, entre os quais a capacidade de ao longo do tempo se adaptar para reconhecer de forma eficiente agentes patogênicos. Esta capacidade é denominada de resposta imune adquirida. Nesse mecanismo de defesa, o organismo cria uma memória imune na sequência de uma resposta inicial a um agente específico, o que lhe permite responder de forma mais eficaz a novos ataques pelo mesmo agente. Os transtornos do sistema imune podem levar ao aparecimento de doenças autoimunes, inflamações e câncer (LISA et al., 2001).

O sistema imunológico é composto por células de defesa, sendo identificadas três categorias de células imunológicas. As três categorias são os granulócitos, monócitos/macrófagos e linfócitos. Os granulócitos fagocitam os antígenos que penetram no corpo. Os monócitos recebem o nome de macrófagos quando se encontram localizados nos tecidos, fora da circulação sanguínea. Além de ingerir

substâncias estranhas, alteram os antígenos, tornando mais fácil e eficaz a resposta imune dos linfócitos. Há dois tipos principais de linfócitos: os linfócitos B que são os responsáveis pela produção dos componentes do soro do sangue chamados imunoglobulinas (imunidade humoral); linfócitos T responsáveis pela imunidade celular, isto é, atacam e destroem diretamente os antígenos, ilustrado na Figura 1.



**Figura 1.** Mecanismo de defesa e seus principais mediadores (Sprent, 1994; Ahmed e Sprent, 1999).

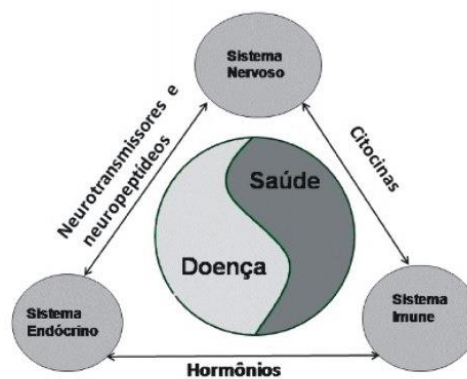
Os linfócitos são capazes de desenvolver memória imunológica, ou seja, reconhecer o mesmo estímulo antigênico, caso este entre novamente em contato com o organismo, evitando assim o reestabelecimento da doença (SPRENT, 1994; AHMED e SPRENT, 1999). Assim, a resposta imune adaptativa aperfeiçoa-se a cada encontro com um antígeno.

Os linfócitos que medeiam a resposta imune adaptativa são responsáveis por reconhecer e eliminar os agentes patogênicos, proporcionando a imunidade duradoura, a qual pode ocorrer após a exposição a uma doença ou vacinação. A maioria dos linfócitos encontra-se em estado inativo, alterando sua atividade quando houver algum tipo de interação com um estímulo antigênico, necessário para a ativação e proliferação linfocitária.

As células B e T expressam, em suas superfícies, receptores de antígeno altamente específicos para um dado determinante antigênico. Enquanto a resposta imune adaptativa resulta na imunidade contra a re-infecção ao mesmo agente infectante, a resposta imune inata permanece constante ao longo da vida de um indivíduo, independente da exposição ao antígeno (SCROFERNEKER e POHLMANN, 1998). Em conjunto, os sistemas imunes inato e adaptativos contribuem para uma defesa notavelmente eficaz, garantindo que, embora os seres humanos sejam cercados por diversos germes potencialmente patogênicos, os mesmos apresentam resistência às enfermidades.

Besendovisky (1977) avaliou as interações entre o sistema nervoso (SN) e o imunológico (SI); especificamente, verificando as influências do SI sobre o SN. Segundo o autor, o SN responde a sinais oriundos da ativação imune em resposta a estímulos imunogênicos, sugerindo esse fato, que o SI atuaria como “órgão sensorial”.

Atualmente, a literatura mostra a presença de citocinas e receptores para ambos os sistemas, imune e nervoso, fato que, provavelmente, justifica as alterações neuroquímicas e comportamentais que acompanham processos infecciosos. Esta interação sugere papel imuno-regulatório para as citocinas no cérebro e um papel do sistema imune nas aferências sensoriais, conforme demonstrado na Figura 2.



**Figura 2.** Esquema ilustrativo das interações entre os sistemas nervoso, endócrino e imune. RevNeurocienc 2010.

Segundo Peijie et al. (2003), diversos estímulos provenientes do SNC são capazes de modular a resposta imune durante o treinamento. O sistema endócrino, em especial, o eixo hipotálamo-pituitária-adrenal (HPA) por meio das vias neuroendócrinas libera hormônios neuropeptídios e transmissores que modulam o sistema imunológico, que são causados por efeitos regulatórios cumulativos de hormônios. Entre eles, tireotrofinas, prostaglandinas e hormônio do crescimento.

Segundo Costa Rosa e Vaisberg (2002) a relação entre o exercício físico e a resposta imune teve grande impulso a partir da década de 70, tendo principais áreas de interesse na descrição da interação entre os sistemas imune e neuroendócrino “[...] ambas as respostas afetam os diversos componentes do sistema imune, tanto a resposta inata em seu componente celular compreendendo neutrófilos, macrófagos



e células natural killer, resposta adquirida”.

O exercício físico induz alterações transitórias no sistema imunológico, as quais dependem da intensidade, da duração e do tipo de exercício. Dentro deste contexto, esses fatores são fundamentais e determinam as mudanças ocorridas sobre o sistema imune durante e após o exercício físico.

As alterações da resposta imune, causadas por uma única sessão de exercício são conhecidas como resposta aguda ao exercício. Neste tipo de resposta frente ao exercício físico, os sistemas imunológico e neuroendócrino interagem através de sinais moleculares na forma de hormônios, citocinas e neurotransmissores, demonstrando desta forma, a existência de um verdadeiro sistema de inter e intra-comunicação que participa como um todo na coordenação, integração e regulação dos eventos durante o exercício físico. Na resposta aguda, principalmente, no pós-exercício imediato, tem sido observado incremento de 50 a 100% do número total de leucócitos, aumento das células natural killer (NK) de 150 a 300%, bem como elevação de 50 a 100% na quantidade de linfócitos T (COSTA ROSA; VAISBERG, 2002). No entanto, tanto a resposta aguda (imediate) e a resposta crônica (curto e longo prazo) acarretam melhora no SI do atleta. Outro aspecto importante refere-se ao exercício físico praticado além do seu limite, o qual se associa ao aumento da incidência de doenças infecciosas, notadamente das vias aéreas superiores (NIEMAN, 1994).

O exercício físico está associado às variações do comportamento fisiológico, psicológico e do sistema neuroendócrino. A prática desportiva regular (não competitiva) produz diversos benefícios para a saúde; no entanto, os esportes de competição geram um grande nível de ansiedade, os quais são acompanhados por diversas alterações neuroendócrinas e cardiovasculares que contribuem para distúrbios do sistema imunológico.

O “estresse” produzido pelo exercício físico intenso e sustentado é acompanhado por aumento da descarga de catecolaminas (adrenalina e noradrenalina), que exercem influência sobre uma série de processos fisiológicos, os quais são fatores a mais na modulação da imunidade. As alterações da função imunológica podem ser acompanhadas por alterações gerais e tissulares locais que cursam com patologia inflamatória. Em consequência ao estado inflamatório gerado pelo exercício, as alterações da função imunológica são seguidas por modificações sistêmicas caracterizadas por hipertermia, astenia, predisposição a infecções, fadiga

e alterações tissulares, que conduzem à redução do desempenho desportivo (CORDOVA et al., 1999). Enquanto o exercício físico moderado regular é comumente associado com a diminuição da susceptibilidade a infecções, o exercício exaustivo de longa duração tem sido associado a sintomas de imunossupressão transitória, com aumento da susceptibilidade às infecções (FERREIRA et al., 2007; GLEESON, 2007).

Durante a imunossupressão transitória, instala-se o quadro denominado “**janela aberta**”, onde os microorganismos podem invadir o organismo pela diminuição da capacidade defensiva do mesmo (NIEMAN; PEDERSEN, 1999). Desta forma, pode-se considerar o exercício físico como um agente causador da imunossupressão transitória que aparece após um estresse físico (PEDERSEN; HOFFMAN-GOETZ, 2000). Segundo Nieman e Pedersen (1999), o período de janela aberta pode perdurar por até 72 horas dependendo do volume e da intensidade do exercício. Dentre os mecanismos envolvidos com alterações da função do sistema imunológico a partir do exercício físico estão: ações dos hormônios do estresse; interação neuroendócrina; apoptose celular e capacidade fagocitária diminuída (NIEMAN, 1994; MOOREN et al., 2002; GREEN; ROWBOTTOM, 2003).

Atletas envolvidos em longas competições, particularmente em provas de resistência, parecem ser mais susceptíveis à infecções nas vias aéreas superiores. De acordo com algumas pesquisas, dores na garganta e sintomas semelhantes aos da gripe são mais comuns em atletas do que na população em geral (PETERS, 1983; NIEMAN, 1990; HEATH, 1991). Há algumas evidências de que este aumento de susceptibilidade à infecção surge devido à supressão da função imunológica (GLEESON, 2005). Embora a literatura demonstre que o exercício físico promove alterações no sistema imunológico, poucos estudos verificaram o perfil imunológico em atletas de elite.

## **OBJETIVOS**

**Objetivo Geral:** Verificar a influência do treinamento físico sobre a resposta imunológica de atletas de elite submetidos a diferentes protocolos de treinamento físico, a partir de uma revisão sistemática.

**Objetivos Específicos:** Avaliar o efeito do treinamento físico de atletas de elite sobre os leucócitos e as imunoglobulinas, bem como quantificar o número de infecções do trato respiratório superior.

## METODOLOGIA

O desenvolvimento do estudo foi realizado a partir de duas fontes de informações: 1) buscas em base de dados eletrônicos; 2) busca em listas de referências dos artigos rastreados na área. A primeira constituiu-se em buscas nas bases de dados (LILACS, Scielo, Google Acadêmico, Bireme, Pubmed), utilizando-se os seguintes descritores (português/inglês): **“atletas de elite”**; **“elite athletes”**; **“sistema imunológico”**, **“immune system”**; **“exercício físico”**, **“physical exercise”**. Os operadores lógicos **“and”** e **“or”** foram usados para combinar os descritores e termos utilizados na busca dos artigos.

A segunda fonte de informação consistiu na busca de dados em listas de referências dos artigos rastreados. Considerou-se para efeito deste estudo, as publicações no período de janeiro de 2000 a dezembro de 2014.

A seleção dos artigos foi realizada a partir dos seguintes critérios de inclusão:

- I) Estudos que abordam os efeitos do exercício físico sobre o sistema imune de atletas de elite;
- II) Estudos envolvendo atletas de elite de todos os tipos de esporte;
- II) Estudos publicados em periódicos nacionais e internacionais, de janeiro de 2000 a dezembro de 2014.

Os artigos que foram selecionados e atenderam os critérios de inclusão procuraram responder as seguintes questões:

- a) Quais os efeitos agudos e crônicos que o exercício físico promove sobre o sistema imunológico de atletas de elite?
- b) O exercício físico de alta intensidade proporciona benefícios à saúde imunológica dos atletas?
- c) Quais as riscos de infecções durante o período da janela aberta em atletas de elite?

## RESULTADOS

Após revisão sistemática, incluindo 90 artigos, foram selecionados 19 estudos para análise. O número reduzido de artigos ocorreu em virtude dos critérios de seleção adotados e por serem apenas de livre acesso.

A Tabela 1 sintetiza os artigos sobre sistema imunológico de atletas de elite. Os artigos analisados foram realizados a partir de 2000, sendo dez artigos (52,65%) produzidos na Austrália, três artigos nos Estados Unidos (15,8%), dois artigos em Portugal (10,5%) e um artigo no Reino Unido, México, Polônia e Suíça (21,05 %).

**Tabela 1.** Síntese dos artigos originais sobre perfil imunológico de atletas de elite

<b>Autores</b>	<b>População</b>	<b>Modalidade</b>	<b>Programa de Treinamento ou Coleta dos Dados</b>	<b>Resultados/Conclusão</b>
<b>Prieto-Hinojosa et al. (2014)</b>	19 (gêneros não discriminados)  18-36 anos  Grupo controle presente	Triátlon	6 vezes por semana e duração de no mínimo 1,5 h por sessão; natação, corrida e ciclismo entre 280 e 400 km; 8 horas musculação.	Redução do número de células T, particularmente as células T CD4.
<b>Rama et al. (2012)</b>	19 atletas, sendo 13 homens e 6 mulheres com idade entre 15-20 anos	Natação	O treinamento durou 29 semanas e foi dividido em 4 fases de treino: 1ª fase: antes e depois da temporada com duração de 5-6 semanas; 2ª fase: após 7 semanas de aumento gradual da carga ; 3ª fase: após 6 semanas de treinamento intenso; 4ª fase: 48 h após competição.	Diminuição de células NK, elevação nos valores basais de cortisol plasmático.
<b>Morgado e Rama. (2012)</b>	18 atletas, sendo 12 homens e 6 mulheres com idade entre 15-20 anos que já treinavam por no mínimo 6 anos.  Grupo controle presente (não atletas – 7 homens e 4 mulheres).	Natação	Treinamento com duração de 29 semanas, a coleta das amostras foram realizadas em 4 momentos, 1ª foi antes do início da temporada para se ter valores basais, 2ª após 7 semanas de treinamento com grande predominância aeróbia e incremento substancial do volume de treinamento, 3ª ocorreu na 24ª semana, após intensa participação em competições preparatórias mantendo uma alta carga de treinamento e proporção de anaeróbios perto de 6%. 4ª foi feita após a participação na competição mais importante na semana 29.	Diminuição nos números absolutos de monócitos e aumento no número de células dendríticas
<b>Orysiak et al. (2012)</b>	608 atletas, sendo 427 homens e 181 mulheres com idade entre 17-26 anos.  A maioria dos indivíduos eram treinados ou de elite	Canoagem, judô, remo, natação e voleibol.	O intervalo entre a última sessão de treinamento e amostra de sangue coletada foi de 12 horas no mínimo	Redução de células brancas do sangue e seus subconjuntos (neutrófilos, linfócitos e monócitos).
<b>Kormanovski et al. (2010)</b>	7 atletas, sendo 4 homens e 3 mulheres com idade	Natação de ultra distância	Treino: 160 km / mês, dos quais 25% com intensidade alta e 75 % intensidade moderada.	IgA salivar diminuído drasticamente após duas horas de treinamento de natação de longa

	entre 28-37 anos, já treinavam a pelo menos 10 anos		Duração: 6 meses. Durante os seis meses houve 3 treinos de natação de longa distância (LDS) (18 - 21 ° C ,1800 m de altitude): um de 6 h e dois de 8 h.	distância. A IgG também diminuiu e a IgM não sofreu alterações.
	Grupo controle presente (8 atletas)			
<b>Kakanis et al. (2010)</b>	10 atletas do sexo masculino com idade entre 18-30 anos	Ciclismo	O protocolo do exercício foi distribuído em 3 momentos: sessão de familiarização, teste de VO <sub>2</sub> pico , e um experimento envolvendo 2 h em um cicloergômetro a 90% do segundo limiar ventilatório. As amostras de sangue foram coletadas antes, imediatamente após e 2h, 4h, 6h, 8 h e 24h pós-exercício.	Supressão da função fagocitária de neutrófilos, do número de células NK e dos linfócitos totais.
<b>Díaz et al. (2010)</b>	17 atletas sendo 10 homens e 7 mulheres com idade entre 19-29 anos	Triátlon	4 fases de coleta: início da temporada, período pré- competitivo, primeira metade do período competitivo e no final do período competitivo.	Flutuações e menores níveis de neutrófilos e monócitos em atletas de resistência
<b>Cox et al. (2008)</b>	70 atletas sendo 51 homens e 19 mulheres com idade entre 16-22 anos	Basquete, natação, futebol, voleibol, remo, Atletismo, netball, polo aquático, ginástica, tiro com arco, ciclismo e boxe	Duração de 14 meses Foram realizadas consultas médicas, exames laboratoriais e entrevista sobre o histórico médico.	A proporção de episódios de infecções do trato respiratório superior não foi associada com infecções por patologias.
	Atletas com infecções do trato respiratório			
<b>West et al. (2008)</b>	17 atletas sendo 8 homens e 9 mulheres com idade entre 21-30 anos	Remo	Fase inicial de resistência caracterizada pelo alto volume e baixa intensidade, fase de volume moderado e de alta intensidade, fase de cone até eventos.	Redução na concentração de lactoferrina e lisozima.
	Grupo controle presente (18 indivíduos sedentários)			
<b>Spence et al. (2006)</b>	32 atletas de elite de ambos os sexos, porém sem discriminação da quantidade de cada gênero, com idade entre 18-34 anos.	Triátlon e ciclismo	5 meses de duração. sessão, tipo de atividade , a distância ( km ), tempo (min) e a intensidade foram registrados em um relatório de treino diários	Trinta e sete episódios de infecções do trato respiratório superior foram registrados em 28 atletas.
	Grupo controle presente (20 sedentários)			
<b>Flicker et al. (2005)</b>	20 atletas sendo todos homens com idade entre 21-28 anos	Corredores de média e longa distância	Duração de 4 meses; Treinamento foi quantificado pela duração, intensidade e carga.	Diferenças em quilometragem de treinamento, intensidade e carga não foram associadas com a incidência de doenças respiratórias em corredores de média e longa distância.

<b>Reid et al. (2003)</b>	41 atletas, sendo 22 homens e 19 mulheres com idade entre 12-56 anos.  Quadro inicial: queixas de fadiga e infecções recorrentes	Natação, corrida, Ironman, Rugby, ciclismo, hóquei, Triátlon, basquetebol, Remo, Wakeboarding, esqui slalom.	Os atletas passaram por consulta médica, exames laboratoriais e entrevista sobre histórico médico.	Infecções virais não resolvidas e a supressão imunitária podem causar ou contribuir para a fadiga, infecções recorrentes e mau desempenho dos atletas.
<b>Gleeson et al. (2001)</b>	14 atletas, sendo todos homens com idade entre 18-27 anos.  Todos haviam treinado de forma competitiva pelo menos por 5 anos	Natação	30 dias de treinamento intenso com duração entre 197-232 km. Frequência: 3-4 horas por dia	IgA salivar reduzida.
<b>Rundell et al. (2001)</b>	158 atletas, sendo 83 homens e 75 mulheres com idade entre 17-27 anos.	Biathlon, canoa caiaque, esqui cross-country, hóquei no gelo, combinado nórdico e patinação de velocidade.	Foi realizada avaliação pulmonar em todos os atletas	Atletas de elite de ambiente frio tem uma maior prevalência de asma induzida pelo exercício (EIA).
<b>Nieman et al. (2000)</b>	20 atletas, sendo todas mulheres com idade entre 19-28 anos.  Grupo controle presente (19 não atletas)	Remo	Treinamento: 12 a 13 sessões por semana com 90-120 minutos de duração.	Granulócitos, monócitos e citocinas plasmáticas (interleucina-6, TNF- $\alpha$ e antagonista do receptor de interleucina-1) não diferiram entre os grupos. Houve diferença nas células NK e na lectina que estimula a proliferação de linfócitos (PHA)
<b>Pyne et al. (2000)</b>	41 atletas, sendo 21 homens e 20 mulheres com idade entre 15-27 anos.  Grupo controle ambiental (19 homens e 6 mulheres)	Natação	Treinamento: 4000m ou 1,5h de natação por dia Duração: 15 semanas	Não houve alteração na concentração de IgA.
<b>Gleeson et al. (2000)</b>	22 atletas, sendo 12 homens e 10 mulheres com idade entre 16-22 anos.	Natação	Duração: 12 semanas, sendo de 10 a 25 horas de treino na piscina e 5 horas de treino específico (resistência, flexibilidade e circuitos)	Supressão da IgA e IgM salivar e redução do número de células NK.
<b>Nehlsen-Cannarella et al. (2000)</b>	20 atletas do sexo feminino com idade entre 18-32 anos	Remo	Treinamento: 12 a 13 sessões de Duração: 90 a 120 min	Aumento na concentração absoluta de IgA, no entanto, não houve associação com sintomas de infecções das vias aéreas superiores.



---

	Grupo controle presente (19 não atletas)			
<b>Gleeson et al. (2000)</b>	1 atleta do sexo masculino com 25 anos de idade que competia a 10 anos a nível internacional	Caiaque	Amostras de IgA foram coletadas antes, durante e após 22 sessões de treinamento por um período de 14 dias.	IgA salivar reduzida

---

Em relação às características de seleção da amostra, doze estudos foram desenvolvidos com ambos os gêneros (63,2%), quatro utilizaram apenas indivíduos do gênero masculino (21,1%), dois artigos com indivíduos do gênero feminino (10,5%) e um artigo não definiu gênero (5,2%). A maioria dos estudos (94,7%), um total de 18 artigos, foi realizada com atletas que apresentavam entre 15 a 37 anos, no entanto, apenas um estudo incluiu atletas que estavam fora da faixa etária (5,3%). Na presente revisão também foi relatado que oito artigos (42,1%) apresentaram grupo controle.

Os estudos realizados utilizaram em seu método de treinamento atletas saudáveis (89,4%) e acometidos por enfermidades do trato respiratório superior (10,6%). As principais enfermidades encontradas nos estudos foram asma e as infecções virais.

Após análise dos artigos, foi observado que os atletas de elite eram distribuídos em diversas modalidades esportivas. A maior parte dos trabalhos analisou apenas um esporte de competição (73,6%), sendo a modalidade esportiva mais evidenciada a natação, utilizada em nove trabalhos (47,4%), seis estudos analisaram o remo (31,5%), o triatlão e o ciclismo foram analisados em quatro estudos (21,05%), a canoagem, basquetebol, voleibol, corrida e o hóquei foram constatados em dois estudos cada (10,5%). Além disso, outros esportes estavam envolvidos nos estudos, porém apareceram apenas uma vez. Os esportes eram judô, futebol, atletismo, netball, polo aquático, ginástica, tiro com arco, boxe, ironman, rugby, wakeboarding, esqui slalom, biatlão, esqui cross-country, combinado nórdico, patinação de velocidade e caiaque.

Em relação ao tipo de exercício adotado, todos os estudos utilizaram o exercício aeróbio e realizado de forma crônica. Não foram observados estudos realizados de forma aguda em atletas de elite. A duração dos programas de treinamento variou de 2 semanas a 14 meses, sendo que seis estudos (31,5%) não informaram a duração, oito ocorreram entre 12 a 29 semanas (42,1%), quatro foram desenvolvidos em menos de 12 semanas (21,1%) e apenas um estudo apresentou duração maior do que 1 ano (5,3%).

Os estudos selecionados utilizaram as imunoglobulinas como parâmetro para verificar as alterações no sistema imunitário dos atletas (31,5%). Em relação à imunoglobulina A (IgA) foram observados diminuição em quatro artigos (21,1%), um artigo verificou elevação (5,2%) e somente um artigo dos trabalhos analisados não mostrou alteração nos níveis de IgA (5,2%). Foram verificados apenas três artigos referentes à imunoglobulina M (IgM), sendo observados redução (5,2%), aumento (5,2%) e nenhuma alteração (5,2%).

Em relação aos leucócitos, o presente estudo demonstrou que oito trabalhos (42,1%) verificaram redução após o treinamento físico, porém não foram constatados artigos relatando se houve aumento ou nenhuma alteração em seu perfil imunológico. Outros estudos utilizaram as células NK (21,1%), neutrófilos e monócitos (15,7%) e linfócitos (10,5%). Sendo assim, oito estudos (42,1%) utilizaram leucócitos como parâmetro, os outros seis autores (31,5%) utilizaram de outros meios para analisar as alterações no sistema imune.

Em relação às doenças do trato respiratório superior, esta revisão demonstrou que apenas quatro artigos (21,05%) evidenciaram que os atletas adquiriram alguma doença do trato respiratório superior após e durante o treinamento esportivo. Além disso, três artigos (15,78%) não observaram alterações.

## DISCUSSÃO

O sistema imunológico é constituído por uma complexa rede de células e moléculas dispersas por todo o organismo e se caracteriza biologicamente pela capacidade de reconhecer especificamente determinadas estruturas moleculares ou antígenos e desenvolver uma resposta efetora diante destes estímulos, provocando a sua destruição ou inativação.

A literatura demonstra que o exercício físico apresenta estreita relação com o sistema imune, induzindo alterações transitórias no sistema imunológico. No entanto, a resposta imunológica depende da intensidade, da duração e o tipo de exercício, os quais determinam as alterações ocorridas durante e após o treino físico (LEANDRO et al., 2007). Diversos estudos demonstram que o efeito do exercício físico agudo (carga súbita de esforço físico) sobre as células do sistema imunológico já está bem estabelecido (Angeli A et al.,) Contudo, o exercício físico crônico parece melhorar os mecanismos de defesa do organismo, enquanto que o exercício intenso parece enfraquecê-los.

Os resultados do presente estudo mostram que a maioria dos artigos envolvendo atletas de elite verificou prejuízo da resposta imunológica a partir da redução de IgA, linfócitos, leucócitos, monócitos, células NK, neutrófilos e células T.

A revisão sistemática demonstra que foram encontrados valores reduzidos da imunoglobulina A salivar em atletas de elite de diferentes modalidades esportivas. A IgA é responsável pela defesa do organismo contra a invasão de vírus ou bactérias através das mucosas, sendo predominante em secreções, tais como: saliva, lágrima, leite, mucosas do trato gastrointestinal e trato respiratório. A IgA atua como primeira linha de defesa depois da colonização dos agentes infecciosos nas superfícies mucosas através da exclusão, neutralização, e eliminação dos agentes patogénicos virais (ROITT e DELVES apud ANDRADE , 2009). A deficiência de secreção da IgA está frequentemente associada à ocorrência de Infecções do trato respiratório superior, tanto na comunidade em geral como nos atletas de elite (REID, DRUMMOND e MACKINNON apud ANDRADE, 2009).

Segundo McKinnon et al (1993), a diminuição da IgA provavelmente ocorreu a

partir de uma combinação de respostas psicológicas e fisiológicas ao treinamento excessivo. Além disso, a inibição da ativação de células B pode ser causada por hormônios do estresse ou por prostaglandinas derivadas de monócitos (TVEDE et al., 1989; MCKINNON et al., 1993). Esses fatores são responsáveis, provavelmente, pelo aumento do catabolismo de IgA hepática (EVANS et al., 2002). Segundo os autores, a redução da IgA ocorreu porque o treinamento proposto aos atletas de elite foi de intensidade alta (GLEESON et al., 2000; GLEESON et al., 2001; KORMANOVSKI et al., 2010).

Os dados desta pesquisa sugerem que o sistema imune sofre queda na capacidade funcional e estresse após atividades físicas intensas e/ou prolongadas, no entanto, essas mudanças não são observadas após atividades físicas moderadas. O exercício físico intenso pode induzir inibição de muitos aspectos da defesa do organismo, incluindo a atividade das células NK, a resposta proliferativa dos linfócitos e a produção de anticorpos pelos plasmócitos. Estas alterações comprometem a defesa do organismo contra agentes infecciosos, assim como nos processos alérgicos e na auto-imunidade (LEANDRO et al., 2007).

Os estudos obtidos nesta revisão demonstraram vários quadros de monocitopenia, linfopenia, leucopenia, neutropenia, redução de células NK e células T (NIEMAN et al., 2000; GLEESON et al., 2001; DÍAZ et al., 2010; KAKANIS et al., 2010; ORYSIAK et al., 2012; MORGADO e RAMA, 2012; RAMA et al., 2012; PRIETO-HINOJOSA et al., 2014).

Os autores sugerem que a redução dos leucócitos ocorre devido a alta intensidade dos treinamentos. Morgado e Rama (2012) mostram evidências de que o treinamento intensivo de longo prazo pode afetar a capacidade de células do sistema imunológico. Segundo Beck (1990) a leucopenia está relacionada com o aumento do cortisol, o qual é provocado pela alta intensidade do exercício físico. Assim, Wilmore e Costill (2001) afirmam que supertreinamento parece estar associado à depressão da função imunológica do atleta. Entretanto, segundo Ávila (2006) o exercício físico agudo pode provocar a leucocitose, ou seja, aumento da quantidade de leucócitos. Embora diversos trabalhos tenham verificado alterações no sistema imunológico, estudos de Pyne et al. (2000), Reid et al. (2003), Flicker et

al. (2005), Cox et al. (2008), observaram em atletas de elite, a partir de protocolos de treinamento de moderado a intenso, que não houve alteração na função imunológica,

Diversos autores relatam que o exercício, quando praticado além de determinado limite, se associa ao aumento da incidência de doenças infecciosas, notadamente das infecções do trato respiratório superior. Esta associação é tema recorrente de estudos, devido à importância que assume no esporte profissional. (COSTA ROSA; VAISBERG, 2002). Segundo McArdle (2003), o exercício físico intenso pode levar a depressão da função fisiológica do sistema imune, sendo que, essa depressão pode perdurar por até 72 horas após o exercício. Este período é chamado de janela aberta. Esta situação explica o fato de indivíduos apresentarem maior suscetibilidade às infecções do trato respiratório após uma única sessão de exercício físico praticado de forma intensa.

Essa teoria mostra que o grau das mudanças que ocorrem após cada sessão de treinamento promove uma “*imunidade alterada*”, que é caracterizada como um período específico de alta susceptibilidade às infecções, principalmente as respiratórias, tais como: gripes, resfriados, etc. Esse período pode compreender de 3 a 72 horas e representa um estado de diminuição da capacidade de combate do sistema imune, onde vírus e bactérias têm um maior poder de reprodução e de ataque. Sendo assim, este período representa um risco aumentado de desenvolvimento de infecções, podendo ser maior se um indivíduo se expor a ciclos repetidos de treinamento de alta intensidade.

## **CONCLUSÃO**

A revisão sistemática observou nos estudos avaliados que a realização de exercícios físicos de alta intensidade provoca alterações no perfil imunológico do atleta. A presente revisão encontrou redução da IgA, leucopenia e infecções do trato respiratório.

A imunologia do exercício necessita prontamente de futuras investigações devido à redução funcional de células imunes, que podem ocorrer em atletas de elites que se submetem a sessões agudas ou crônicas no exercício físico. Finalmente os efeitos positivos e negativos, crônicos e agudos do exercício, em diferentes intensidades sobre o sistema imune precisam ser melhores elucidados.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. **Projeto de investigação sobre o comportamento da IgA salivar entre jovens atletas e não atletas** . Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física UNIVERSIDADE DE COIMBRA, 2009.

Angeli A, et al. The overtraining syndrome in athletes: a stress-related disorder. **J Endocrinol Invest.** v. 12, n. 27, p. 603, 2004.

AHAMED, et al. Lineage relationship and protective immunity of memory CD8 T cell. **Nat Immunol.**, v. 2, p. 225-234, 1999.

ÁVILA, W. R. M. **Efeitos agudos do treinamento resistido sobre os leucócitos, linfócitos, hematócritos e hemoglobina de idosos do DF.** 30p. Dissertação (Mestrado em Educação Física) - Programa de Pós-Graduação da Universidade Católica de Brasília – UCB, 2005.

BECK, G.; HABICHT, G. S. Immunity and the Invertebrates. **Scie Am.**, v. 275, n. 5, p. 60–66, 1996.

BESEDOVSKY, H.; SORKIN, E. Network of immune-neuroendocrine interactions. **Clin Exp Immunol.**, v. 27, n. 1, p.1-12, 1977.

CÓRDOVA, A.; ALVAREZ-MON, M. O sistema imunológico: Conceitos gerais, adaptação ao exercício físico e implicações clínicas. **Immunology and Cell Biology.**, v. 77, p. 345-350, 1999.

COSTA ROSA, L. F. B. P.; VAISBERG, M. W. Influencias do exercício físico na resposta imune. **Rev Bras Med Esporte.**, v. 8, n. 4, p. 167-172, 2002.



COX, A. J.; GLEESON, M.; PYNE, D. B.; CALLISTER, R.; HOPKINS, W. G.; FRICKER, P. A. Clinical and Laboratory Evaluation of Upper Respiratory Symptoms in Elite Athletes. **Clin J Sport Med.**, v.18, n. 5, p. 438-445, 2008.

CAVAGLIERI, C. R. Efeitos Agudos do Exercício de Curta Duração Sobre a Capacidade Fagocitária de Macrófagos Peritoneais em Ratos Sedentários. **Rev Bras Fisioter.**, v.11, n. 3, p. 191-197, 2007.

DÍAZ, V.; MONTALVO, Z.; BANFI, G. White blood cell counts in elite triathletes over four consecutive seasons. **Eur J Appl Physiol.**, v. 11, p. 893-894, 2010.

EVANS, et al. Effects of oat beta-glucan on innate immunity and infection after exercise stress. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 36, n. 8, p. 1321-1327, 2002.

FRICKER, P. A.; PYNE, D. B.; SAUNDERS, P. U.; COX, A. J.; GLEESON, M.; TELFORD, R. D. Influence of training loads on patterns of illness in elite distance runners. **Clin J Sport Med.**, v. 15, n. 4, p. 246-252, 2005.

GLEESON, M.; GINN, E.; FRANCIS, L. Salivary Immunoglobulin Monitoring in an Elite Kayaker. **Clin J Sport Med.**, v. 10, p. 206–208, 2000.

GLEESON, M. Assessing immune function changes in exercise and diet intervention studies. **Curr Opin Clin Nutr Metab Care.**, v. 8, n. 5, p. 511-515, 2005.

GLEESON, et al. Epstein-Barr virus reactivation and upper-respiratory illness in elite swimmers. **Med Sci Sports Exerc.** v. 34, n. 3, p. 411-417, 2001.

GLEESON, et al. Immune status and respiratory illness for elite swimmers during a 12-week training cycle. **Int J Sports Med.**, v. 21, n. 4, p. 302-307, 2000.

GREEN, K. J.; ROWBOTTOM, D. G. Exercise-induced changes to in vitro T-lymphocyte mitogen responses using CFSE. **J Appl Physiol.**, v. 95, n. 1, p. 57-63, 2003.

HEATH, G. W.; FORD, E. S.; CRAVEN, T. E.; MACERA, C. A.; JACKSON, K. L.; PATE, R. R. Exercise and the incidence of upper respiratory tract infections. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 23, n. 2, p. 152-157, 1991.

KAKANIS, et al. The open window of susceptibility to infection after acute exercise in healthy young male elite athletes. **Exerc Immunol Rev.**, v. 16, p. 119-137, 2010.

KORMANOVSKI, A.; IBARRA, F. C.; PADILLA, E. L.; RODRIGUEZ, R. C. Resistance to respiratory illness and antibody response in open water swimmers during training and long distance swims. **Int J Med Medical Sci.**, v. 2, n. 3, p. 80-87, 2010.

LEANDRO, et al. **Mecanismos adaptativos do sistema imunológico em resposta ao treinamento físico.** Departamento de Nutrição, CAV – Universidade Federal de Pernambuco, 2007.

LISA, et al. Influências do exercício na resposta imune. **Rev Bras Med Esporte.**, v. 8, n. 4, p. 167-72. 2002.

McARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

MACKINNON, L. T.; GINN, E.; SEYMOUR, G. J. Decreased salivary immunoglobulin A secretion rate after intense interval exercise in elite kayakers. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol.**, v. 67, n. 2, p. 180-184, 1993.

MOOREN, F. C.; BLÖMING, D.; LECHTERMANN, A.; LERCH, M. M.; VÖLKER, K. Lymphocyte apoptosis after exhaustive and moderate exercise. **J Appl Physiol.**, v. 93, n.1, p. 147-153, 2002.

MORGADO, et al. Cytokine production by monocytes, neutrophils, and dendritic cells is hampered by long-term intensive training in elite swimmers. **Eur J Appl Physiol.**, v. 112, n. 2, p. 471-482, 2012.

NEHLSSEN-CANNARELLA, et al. Saliva immunoglobulins in elite women rowers. **Eur J Appl Physiol.**, v. 81, n.3, p. 222-228, 2000.

NIEMAN, D. C.; PEDERSEN, B. K. Exercise and immune function: recent development. **Sports Med.**, v. 27, p. 73-80, 1999.

NIEMAN, D. C. Exercise, upper respiratory tract infection, and the immune system. **Med Sci Sports Exercise.**, v. 26, p. 128-139, 1994.

NIEMAN, D. C.; NEHLSSEN-CANNARELLA, S. L. The immune response to exercise. **Semin Hematol.**, v. 31, p. 166-179, 1994.

NIEMAN, et al. The effects of moderate exercise training on natural killer cells and acute URTIs. **Int. J. Sports Med.**, v. 11, p. 467-473, 1990.

NIEMAN, et al. Immune function in female elite rowers and non-athletes. **Br J Sports Med.**, v. 34, p.181-187, 2000.

ORYSIK, J.; WITEK, K.; ŻMIJEWSKI, P.; GAJEWSKI, J. white blood cells in polish athletes of various sports disciplines. **Biol Sport.**, v. 29, n. 2, p. 101-105, 2012.

PEDERSEN, B. K.; HOFFMAN-GOETZ, L. Exercise and the immune system: regulation, integration, and adaptation. **Physiol Rev.** v. 80, n. 3, p. 1055-1081, 2000.

PEIJIE, C.; HONGWU, L.; FENGPENG, X.; JIE, R.; JIE, Z. Heavy load exercise induced dysfunction of immunity and neuroendocrine responses in rats. **Life Sci.**, v. 72, n. 20, p. 2255-2262, 2003.

PETERS, E. M.; BATEMAN, E. D. Ultramarathon running and URTI: an epidemiological survey. **S Afr Med J.**, v. 64, p. 582–584, 1983.

PRIETO-HINOJOSA, A.; KNIGHT, A.; COMPTON, C.; GLEESON, M.; TRAVERS, P. J. Reduced thymic output in elite athlete. **Brain Behav Immun.**, v. 1, n. 3, 2014.

PYNE, D. B.; MCDONALD, W. A.; GLEESON, M.; FLANAGAN, A.; CLANCY, R. L.; FRICKER, P. A. Mucosal immunity, respiratory illness, and competitive performance in elite swimmers. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 33, n. 3, p. 348-353, 2000.

RAMA et al. Changes in natural killer cell subpopulations over a winter training season in elite swimmers. **Eur J Appl Physiol.**, v. 113, p. 859-868, 2013.

REID, V. L.; GLEESON, M.; WILLIAMS, N.; CLANCY, R. L. Clinical investigation of athletes with persistent fatigue and/or recurrent infections. **Br J Sports Med.**, v. 38, p. 42-45, 2003.

RUNDELL, K. W.; IM, J.; MAYERS, L. B.; WILBER, R. L.; SZMEDRA, L.; SCHMITZ, H. R. Self-reported symptoms and exercise-induced asthma in the elite athlete **Med Sci Sports Exerc.**, v. 33, n. 2, p. 208-213, 2001.

SCROFERNEKER, M. L.; POHLMANN, P. R. **Basic and Applied Immunology.** 1998.

SPENCE, et al. Incidence, etiology, and symptomatology of upper respiratory illness in elite athletes. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 39, n.4, p. 577-586, 2007.

SPRENT, J.; TOUGH, D. F. Lymphocyte life-span and memory. **Science.**, v. 265, n. 5177, p. 1395-1400, 1994.

SPRENT, J.; ZHANG, X.; SUN, S.; TOUGH, D. T-cell turnover in vivo and the role of cytokines. **Immunol Letters.**, v. 65, n. 1-2, p. 21-25, 1999.

TIZARD, I. R. **Immunology. An Introduction.** v 12, n 2, p 12-18 1995.

TVEDE, et al. Effect of physical exercise on blood mononuclear cell subpopulations and in vitro proliferative responses. **Scand J Immunol.**, v. 29, p. 383-389, 1989.

WEST, N. P.; PYNE, D. B.; KYD, J. M.; RENSHAW, G. M. C.; FRICKER, P. A.; CRIPPS, A. W. The effect of exercise on innate mucosal immunity. **Br. J. Sports Med.**, v. 44, n. 4, p. 227-231, 2008.

WILLMORE, C. B.; BESPALOV, A. Y.; BEARDSLEY, P. M. Competitive and noncompetitive NMDA antagonist effects in rats trained to discriminate lever-press counts. **Pharmacol Biochem Behav.**, v. 69, n. 3-4, p.493-502, 2001.