

IMPLICAÇÕES DA MICROBIOTA INTESTINAL NA SAÚDE HUMANA E NO EXERCÍCIO FÍSICO: UMA REVISÃO DA LITERATURA

IMPLICATIONS OF THE INTESTINAL MICROBIOTA ON HUMAN HEALTH AND PHYSICAL EXERCISE: A LITERATURE REVIEW

Daniele Pires Barbosa¹
 Eloá de Oliveira Ramos²
 Tatiana Calavorty Lanna Pascoal³

RESUMO

Introdução: Evidências tem demonstrado que o exercício altera independentemente da dieta a composição e a capacidade funcional da microbiota intestinal. Uma maior diversidade na microbiota intestinal promove maior síntese de ácidos graxos de cadeia curta, fundamentais para vias metabólicas, e também de aminoácidos de cadeia ramificada, que são importantes para a recuperação muscular. **Objetivo:** Descrever sobre a influência da microbiota intestinal na saúde humana, no desempenho e recuperação do atleta. **Metodologia:** Busca bibliográfica nos bancos de dados Pubmed, BVS, Scielo, Lilacs e Google acadêmico, de artigos de 2005 a 2020, tendo como descritores: microbiota intestinal, exercício físico, nutrição, fatores de risco e prevenção. **Resultados:** Muitos estudos associam a microbiota intestinal com a melhora do desempenho físico, através de mecanismos relacionados à disfunção da barreira intestinal, concorrendo para os distúrbios metabólicos subsequentes. As variações na microbiota, barreira intestinal e endotoxemia metabólica são causas ou consequências do exercício, há evidências consistentes de que o excesso de treinamento parece estar relacionado a uma microbiota mais nociva, que levaria a um aumento da permeabilidade intestinal, inflamação, estresse oxidativo e susceptibilidade a infecções. Com isso, destaca-se a importância dos probióticos, prebióticos e simbióticos como agente ativo na modulação da microbiota e prevenção da disbiose intestinal. **Conclusão:** Além de outros fatores internos e externos bem conhecidos, o exercício parece ser um fator ambiental que pode determinar mudanças na composição microbiana intestinal qualitativa e quantitativa com possíveis benefícios para a saúde humana. Algumas cepas de probióticos podem melhorar a função da barreira intestinal, absorção de nutrientes, recuperação e desempenho nos atletas.

Palavras-chave: Microbiota intestinal. Nutrição. Exercício Físico. Saúde.

ABSTRACT

Introduction: Evidence has shown that exercise alters the composition and functional capacity of the intestinal microbiota, regardless of diet. Greater diversity in the intestinal microbiota promotes greater synthesis of short-chain fatty acids, essential for metabolic pathways, and also of branched-chain amino acids, which are important for muscle recovery. **Objective:** To describe the influence of the intestinal microbiota on human health, performance and recovery of the athlete. **Methodology:** Bibliographic search in the databases Pubmed, BVS, Scielo,

¹ Nutricionista, e-mail: damelgv@hotmail.com

² Nutricionista, e-mail: nutrieloagv@gmail.com

³ Mestrado em Ciências da Saúde pelo Instituto de Ensino e Pesquisa do Grupo Santa Casa de Belo Horizonte, professora da Universidade Vale do Rio Doce (UNIVALE) e nutricionista, e-mail: tatiana.pascoal@univale.br.

Lilacs and Google academic, of articles from 2005 to 2020, having as descriptors: intestinal microbiota, physical exercise, nutrition, risk factors and prevention. **Results:** Many studies associate the intestinal microbiota with the improvement of physical performance, through mechanisms related to the dysfunction of the intestinal barrier, contributing to subsequent metabolic disorders. Variations in the microbiota, intestinal barrier and metabolic endotoxemia are causes or consequences of exercise, there is consistent evidence that overtraining seems to be related to a more harmful microbiota, which would lead to increased intestinal permeability, inflammation, oxidative stress and susceptibility to infections. With this, the importance of probiotics, prebiotics and symbiotics as an active agent in the modulation of the microbiota and prevention of intestinal dysbiosis is highlighted. **Conclusion:** In addition to other well-known internal and external factors, exercise seems to be an environmental factor that can determine changes in qualitative and quantitative intestinal microbial composition with possible benefits for human health. Some strains of probiotics may improve intestinal barrier function, nutrient absorption, recovery, and performance in athletes.

Keywords: Gut microbiota. Nutrition. Physical exercise. Health.

INTRODUÇÃO

Os seres humanos abrigam aglomerados de bactérias em diferentes partes do corpo, como a superfície ou as camadas profundas da pele, a boca, os pulmões, o intestino, a vagina e todas as superfícies expostas ao mundo exterior. A maioria dos microrganismos residem no intestino e exercem uma forte influência na fisiologia e nutrição humana, sendo portanto vital para a vida (PANE *et al.*, 2018).

O trato gastrointestinal humano contém trilhões de microrganismos (coletivamente conhecidos como microbiota intestinal) em média 10¹⁴ microrganismos/ml de conteúdo luminal e características mais de 5000 espécies bacterianas que desempenham papéis essenciais na fisiologia e na saúde do hospedeiro. Há evidências crescentes mostrando que a microbiota intestinal desempenha papéis importantes na maturação do sistema imunológico e na proteção contra alguns agentes infecciosos (GOMES *et al.*, 2014).

Vários fatores contribuem e podem alterar significativamente a composição da microbiota intestinal, ou reduzir sua importante biodiversidade, incluindo a genética, o modo de parto da gestação, o método de alimentação, o uso de medicamentos, adoçantes artificiais e a dieta (SUEZ *et al.*, 2014). Estudos recentes sugerem que a composição da microbiota intestinal está associada a condições como alergias, doenças inflamatórias intestinais, câncer, diabetes, doenças cardiovasculares e dislipidemia (MARTINS, BAPTISTA; CARRILHO 2018).

Além disso, existem vários efeitos bem conhecidos do exercício na fisiologia intestinal. Evidências tem demonstrado que o volume e a intensidade do exercício exercem influência sobre o estado de saúde gastrointestinal e que o exercício altera independentemente da dieta a composição e a capacidade funcional da microbiota intestinal, com isso as alterações induzidas pelo exercício na microbiota intestinal provavelmente terão vários benefícios para a saúde humana (MAILING *et al.*, 2019).

A literatura tem mostrado que atletas e praticantes de exercício físico apresentam uma maior diversidade na microbiota intestinal em comparação com indivíduos sedentários. Observa-se através das pesquisas que a microbiota modificada promove maior síntese de ácidos graxos de cadeia curta, fundamentais para vias metabólicas, e também de aminoácidos de cadeia ramificada, que são importantes para a recuperação muscular. Esses dados parecem indicar que a modulação da microbiota pode melhorar o desempenho de atletas. (WOSINSKA *et al.*, 2019).

Embora se saiba que a dieta modula a composição da microbiota intestinal, estudos recentes sugerem que o exercício também pode alterar as comunidades microbianas intestinais. Observa-se também que o excesso de treinamento parece estar relacionado a uma microbiota mais nociva, que levaria a um aumento da permeabilidade intestinal, inflamação, estresse oxidativo e susceptibilidade a infecções. Uma alternativa para reduzir esses efeitos deletérios seria a modulação da microbiota intestinal através do uso de probióticos. Os estudos disponíveis neste sentido utilizaram cepas variadas de *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, demonstrando alguns efeitos benéficos como redução de inflamação, redução de infecções e melhora de performance. (WOSINSKA *et al.*, 2019).

Entre as espécies bacterianas presentes no trato gastrointestinal, aproximadamente 90% deles pertencem aos filos de *Bacteroidetes*, compostos principalmente por bactérias gram-negativas e o filo *Firmicutes*, composto principalmente por bactérias gram-positivas. Sugere-se que a microbiota intestinal alterada leva ao aumento da permeabilidade da mucosa intestinal e resposta imune, contribuindo para o desenvolvimento de doenças. O aumento da permeabilidade intestinal é resultado de expressão reduzida de proteínas de junção apertada, eventualmente favorecendo a Translocação de *Lipopolissacarídeo* Bacteriano (LPS), que pode resultar em *endotoxemia* metabólica (GOMES *et al.*, 2014).

Portanto, vem se percebendo cada vez mais a necessidade de estudos que correlacionem os fatores dietéticos na modulação da microbiota intestinal e desempenho físico. Aqui, revisamos o que se sabe sobre a microbiota intestinal, como é estudada e como é

influenciada pelo treinamento físico e discutimos os possíveis mecanismos e implicações para a saúde e a doença humana.

MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de um artigo de revisão bibliográfica, realizado com a elaboração da questão norteadora, estabelecimento dos critérios para a seleção dos artigos, elaboração do instrumento para a coleta de dados, apresentação dos resultados e interpretação das informações coletadas.

A questão norteadora do estudo foi: A microbiota intestinal pode influenciar na saúde humana, no desempenho e recuperação do atleta?

Para busca e seleção de artigos, foram consultadas as bases de dados Pubmed, BVS, Scielo, Medline e Lilacs, utilizando como Descritores em Ciências da Saúde (DeCs): “microbiota intestinal”, “nutrição”, “fatores de risco”, “prevenção”, “exercício físico”, “saúde e seus respectivos correspondentes na língua inglesa.

Foram incluídos no estudo artigos originais, disponíveis online na íntegra, publicados entre os anos 2010 e 2018, que abordaram a importância da microbiota humana na saúde humana e do atleta. Foram selecionados apenas estudos realizados em adultos, divulgados na língua inglesa, portuguesa e espanhola. Foram excluídos os artigos cujo conteúdo não abordava os temas em estudo, teses, dissertações, revisões de literatura e estudos de caso.

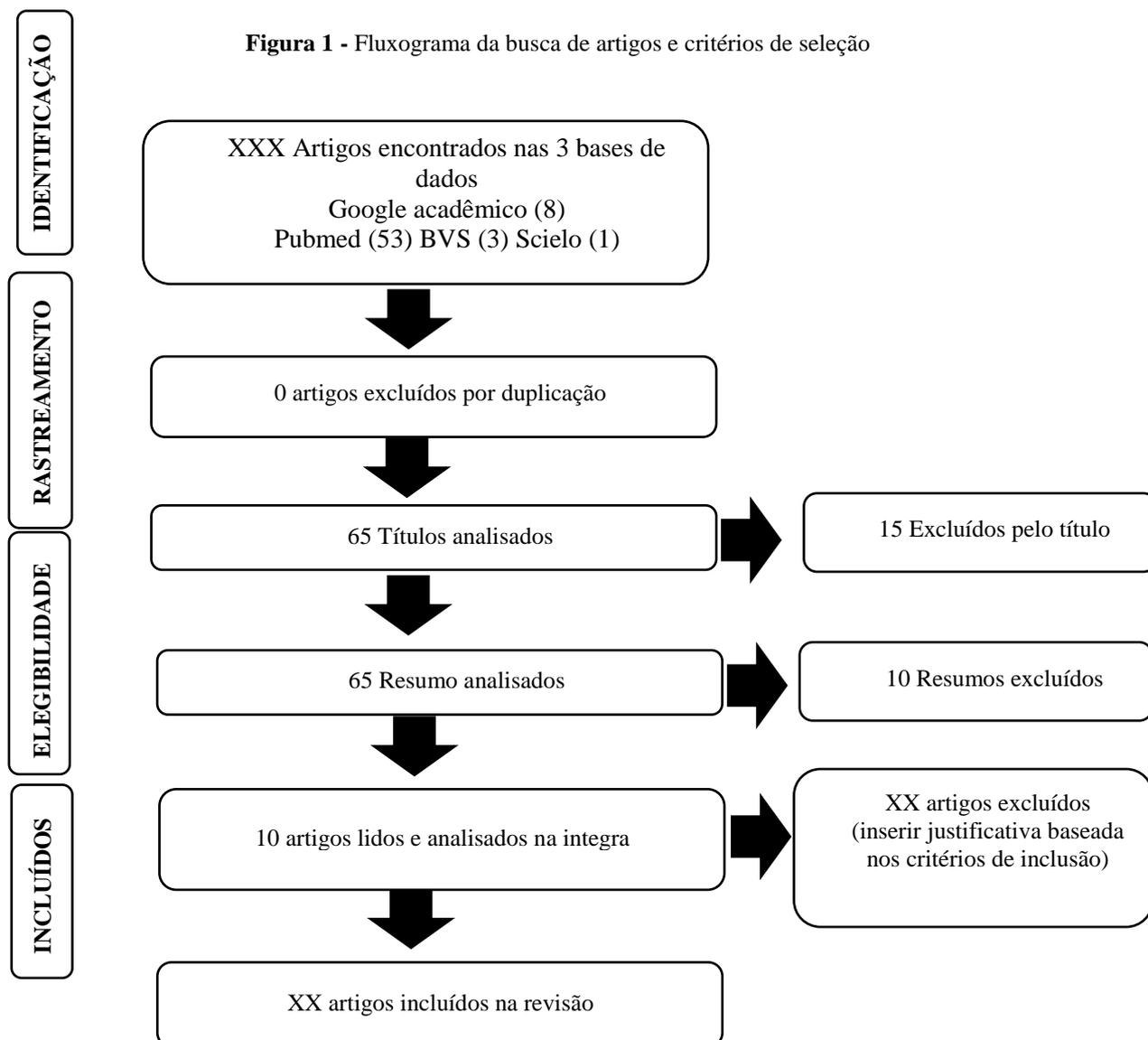
Os estudos foram catalogados em instrumento específico, contendo itens como: referência (nome do autor e ano de publicação), objetivos, amostra, tempo decorrido após a operação e principais resultados encontrados. Para a tabulação dos estudos de probióticos, além dos itens anteriormente citados, foram acrescentados: tipo do estudo e período de coleta de dados, com descrição das cepas utilizadas na coluna referente à caracterização da amostra.

Partir-se-á das funções da microbiota intestinal humana para melhor compreensão da sua importância para saúde humana, em seguida será abordada a influência da modulação da microbiota intestinal e o uso de probiótico no sistema imunológico do atleta, concluindo com a função do microbioma intestinal saudável na melhora do treinamento e desempenho físico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a associação dos termos e exclusão dos artigos repetidos em cada busca nas bases de dados, no Google acadêmico foram encontrados 8 artigos, no Pubmed 53, no BVS 3, no

scielo 1 e não foram encontrados artigos na busca pela base de dados da Lilacs. Os 8 artigos no Google acadêmico também estavam indexados na base de dados da Pubmed restando, portanto, 53 artigos. Destes, 22 haviam sido realizados em humanos adultos, porém com abordagens que não contemplavam os objetivos do estudo e, desse modo, não preencheram os critérios de inclusão. Ao final da busca, foram selecionados 8 artigos que foram analisados e discutidos (Figura 1).



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

O intestino exerce importantes funções no organismo e é um órgão funcionalmente ativo. Ao conjunto de bactérias que habitam esse ambiente atribui-se a denominação de microbiota intestinal, que é considerada um ecossistema essencialmente bacteriano que reside

normalmente nos intestinos do homem, exerce o papel de proteção, impedindo o estabelecimento de bactérias patogênicas que geralmente são ocasionadas pelo desequilíbrio da microbiota (MAIA *et al.*, 2018).

Após estudar os artigos selecionados pode-se identificar que a microbiota oferece muitos benefícios ao hospedeiro, através de uma série de funções fisiológicas, como fortalecer a integridade intestinal ou moldar o epitélio intestinal, captar energia, proteger contra patógenos e regular a imunidade do hospedeiro. No entanto, existe a possibilidade de esses mecanismos serem interrompidos como resultado de uma composição microbiana alterada, conhecida como disbiose. Com métodos cada vez mais sofisticados de perfil e caracterização de ecossistemas complexos em desenvolvimento, um papel da microbiota em um grande número de doenças intestinais e extra-intestinais tornou-se constantemente aparente (THURSBY; JUGE, 2018).

Do estômago para o cólon, a concentração de microrganismos aumenta, formando uma microbiota de aproximadamente 100 trilhões de bactérias; destas, cerca de 500 espécies diferentes, se localizam no intestino grosso. De acordo com estudo realizado por Allen *et al.* (2018), o exercício pode alterar a composição e a forma como os trilhões de micróbios do intestino agem. Estímulos ambientais e práticas comportamentais podem modular a composição e a funcionalidade da microbiota intestinal.

Os autores exploraram o impacto de 6 semanas de exercícios de resistência na composição, capacidade funcional e produção metabólica da microbiota intestinal em adultos magros e obesos com controles alimentares de vários dias antes da coleta da variável resultado. Os resultados revelaram que as alterações da microbiota intestinal induzidas pelo exercício dependiam do status da obesidade. O exercício aumentou as concentrações fecais de ácidos graxos de cadeia curta em participantes magros, mas não obesos (ALLEN *et al.*, 2018).

É possível notar de acordo com a literatura vários benefícios trazidos pelo exercício físico de resistência na microbiota intestinal, mostrando que o mesmo pode ser um modulador da microbiota, sendo responsável pelo aumento na diversidade de bactérias benéficas ao organismo, além disso, tem se mostrado eficaz na melhora do perfil microbiano, produção de Ácidos Graxos de Cadeia Curta e aumento da velocidade do trânsito intestinal (DENOUE *et al.*, 2016).

Um estudo realizado em atletas irlandeses de um time de rúgbi identificou que a microbiota dos atletas que treinavam intensamente era muito mais diversificada do que a dos indivíduos controles dessa pesquisa. Sabe-se que quanto mais diversificada a microbiota

intestinal, mais saudável ela é. A diversidade microbiana é um indicativo de saúde. Para o atleta, um metabolismo funcionando bem, as funções cerebrais bem reguladas, o sistema imunológico bem modulado e funções digestivas otimizadas são fatores fundamentais para a performance (CLARKE *et al.*, 2013).

A microbiota apresenta diversas funções na manutenção normal do organismo, tais como, antibacterianas, imunomoduladoras e metabólico-nutricionais. Além disso a microbiota intestinal saudável forma uma barreira contra os microrganismos invasores, potencializando os mecanismos de defesa do hospedeiro contra os patógenos, melhorando a imunidade intestinal pela aderência a mucosas e estimulando as respostas imune locais. Auxiliam também na digestão, pois as bactérias realizam fermentação de resíduos alimentares não digeríveis e vários nutrientes são formados pela síntese bacteriana e ficam disponíveis para a absorção, entre eles, a vitamina K, vitamina B12, vitamina B1 e vitaminaB2 (SANTOS; RICCI, 2016).

Qualquer desordem na microbiota intestinal pode acarretar a disbiose que é o predomínio de bactérias patogênicas, sobre as benéficas, o domínio das bactérias nocivas poderá causar desequilíbrio no organismo levando a degradação de vitaminas, inativação de enzimas, produção de toxinas cancerígenas, destruição da mucosa intestinal, levando a uma redução da absorção de nutrientes, aumentando a espessura da mucosa intestinal (BOAS, 2017).

Apesar da grande variação interindividual na composição microbiana, sua redução ou alteração está associada a efeitos negativos à saúde. Por outro lado, um aumento na diversidade da população intestinal melhora as funções metabólicas e imunológicas. Segundo Bevins e Salzman (2011), um conjunto crescente de evidências sugere que a microbiota intestinal pode ser modulada por diferentes fatores, tais como infecção, doença, dieta, antibióticos e exercício e, por sua vez, estas modulações podem afetar algumas doenças. Curiosamente, o exercício pode determinar mudanças na composição microbiana intestinal, desempenhando um papel positivo na homeostase e regulação energética.

O exercício de baixa intensidade pode influenciar o trato gastrointestinal subdesenvolvido reduzindo o tempo de fezes transitórias e, portanto, o tempo de contato entre os patógenos e a camada de muco gastrointestinal. Para Bevins e Salzman (2011) como consequência, parece que o exercício tem efeitos protetores, reduzindo o risco de câncer de cólon, diverticulose e doença inflamatória intestinal.

Além disso, mesmo na presença de uma dieta rica em gordura, o exercício pode reduzir o infiltrado inflamatório e proteger a morfologia e a integridade do intestino. De acordo com

Cook *et al.* (2013) o exercício ajuda a prevenir estas alterações morfológicas reduzindo a expressão da ciclo-oxigenase 2 (Cox-2) tanto no intestino proximal quanto no distal. O exercício de resistência determina uma variação no trato gastrointestinal subdesenvolvido devido à redução do fluxo sanguíneo esplâncnico, até 80% dos níveis basais, resultando em efeitos de toxicidade. Campbell *et al.* (2016, p. 31) comenta sobre essa redução:

Esta redução depende do aumento da resistência arterial no leito vascular esplâncnico, secundária ao aumento da entrada do sistema nervoso simpático. O exercício prolongado também determina um aumento da permeabilidade intestinal, comprometendo a função de barreira intestinal e resultando na translocação bacteriana a partir do cólon .

As primeiras evidências sobre os efeitos do exercício voluntário sobre a microbiota intestinal derivam das observações de Kursá (2014). Os autores relataram que, em ratos, o exercício de execução voluntária determinou uma variação na composição da microbiota, um aumento na concentração de n-butilato e um aumento no diâmetro do ceco. Além disso, Evans *et al.* (2014) demonstraram que, em camundongos induzidos pela obesidade através da alimentação com alto teor de gordura, o exercício pode prevenir a obesidade e induzir mudanças na porcentagem de phyla bacteriana principal.

Kursá (2014) afirma que nesses estudos quando o exercício físico se deu no período juvenil, ele modificou vários filos com um aumento de Bacteroidetes e uma diminuição de Firmicutes. O exercício juvenil, comparado com o exercício adulto, modificou mais gêneros e levou a um aumento da massa corporal magra.

Embora a microbiota alterada pelo exercício possa ser uma abordagem para o tratamento de doenças associadas a alterações da microflora intestinal, muito poucos estudos têm investigado os efeitos benéficos do exercício sobre a composição da microflora em relação a doenças. Entre esses estudos, Campbell *et al.* (2016) destacaram os efeitos do exercício físico habitual sobre a saúde intestinal e as doenças. Eles enfatizaram que o exercício desempenhou uma ação anti-inflamatória no intestino, embora em ratos, diferentes formas de exercício induziram efeitos distintos sobre a microbiota intestinal durante um insulto inflamatório.

Especificamente, o exercício forçado e voluntário alterou diferentemente o microbioma tanto no ceco quanto nas fezes dos ratos, resultando em uma taxonomia microbiana diferente. Estas mudanças microbianas podem estar relacionadas à função imunológica intestinal e às interações microbiota-imune e também podem estar envolvidas na patogênese,

absorção de nutrientes, função imunológica e fisiologia do hospedeiro (HAYWOOD *et al.*, 2008).

O exercício tende a levar a uma melhora na composição e diversidade das bactérias intestinais. Campbell *et al.* (2016) sugeriram que o exercício pode ser uma abordagem terapêutica para a obesidade e/ou hipertensão através da modulação da microbiota intestinal. Outros estudos demonstraram que uma dieta rica em gordura determina a obesidade que, por sua vez, diminuiu a plasticidade e levou a ansiedade e problemas cognitivos afirma Bevins *et al.* (2011). Por outro lado, o exercício físico pode melhorar o declínio cognitivo.

Bevins e Salzman (2011) analisaram a microbiota fecal de indivíduos com diferentes níveis de aptidão física e dietas comparáveis. Como indicador de aptidão física, eles utilizaram o pico de absorção de oxigênio, o padrão ouro da aptidão cardiorrespiratória. Os resultados demonstraram que, independentemente da dieta, a aptidão cardiorrespiratória estava correlacionada com o aumento da diversidade microbiana intestinal.

West *et al.* (2011) propuseram que o exercício poderia ser usado como suporte terapêutico no tratamento de doenças associadas à disbiose. O aumento da diversidade está associado ao aumento da saúde também nos idosos, enquanto, a redução da biodiversidade está ligada a diferentes condições, tais como características inflamatórias associadas à obesidade e doenças gastrointestinais.

De acordo com Evans *et al.* (2014) em indivíduos com distúrbios do sono relacionados à obesidade, alguns pesquisadores investigaram os efeitos do exercício e da dieta e observaram que estes fatores determinaram uma melhora na qualidade do sono e mudanças na composição da microbiota intestinal. Alterações no microbioma também estavam presentes em indivíduos com encefalomielite miálgica/síndrome de fadiga crônica, uma doença caracterizada pela fadiga intensa e debilitante não devida à atividade física e associada a processos neuroinflamatórios e oxidativos.

A interação entre a microbiota e o desenvolvimento e função do sistema imunológico inclui interações múltiplas na homeostase e na doença. Para Campbell *et al.* (2016) o microbioma desempenha papéis críticos no treinamento e desenvolvimento dos principais componentes do sistema imunológico inato e adaptativo do hospedeiro, enquanto o sistema imunológico orchestra a manutenção das principais características da simbiose hospedeiro-microbiana. Em um hospedeiro geneticamente suscetível, acredita-se que os desequilíbrios nas

interações microbiota-imunidade sob contextos ambientais definidos contribuem para a patogênese de uma multiplicidade de desordens imunomediadas.

Para Hill *et al.* (2014) a principal função do intestino é digerir os alimentos e absorver os nutrientes. Em populações atléticas, certas cepas de probióticos podem aumentar a absorção de nutrientes-chave, como aminoácidos de proteínas, e afetar a farmacologia e as propriedades fisiológicas de múltiplos componentes dos alimentos. O exercício intenso e prolongado, especialmente no calor, tem mostrado aumentar a permeabilidade intestinal, o que pode resultar potencialmente em toxemia sistêmica. Cepas probióticas específicas podem melhorar a integridade da função de barreira intestinal em atletas.

De acordo com Leclercq, Forsythe e Bienenstock (2016) a administração de cepas probióticas antiinflamatórias selecionadas tem sido vinculada a uma melhor recuperação de exercícios que causam danos aos músculos. Pesquisas pré-clínicas e humanas precoces mostraram potenciais benefícios probióticos relevantes para uma população atlética que incluem melhor composição corporal e massa corporal magra, normalização da diminuição dos níveis de testosterona relacionada à idade, reduções nos níveis de cortisol indicando melhor resposta a um estresse físico ou mental, redução do lactato induzido pelo exercício e aumento da síntese de neurotransmissores, cognição e humor. Entretanto, estes benefícios potenciais requerem validação em estudos humanos mais rigorosos e em uma população atlética.

Alguns estudos avaliaram como o uso de probióticos poderia modificar a composição da microbiota. Os probióticos são suplementos alimentares contendo microorganismos vivos, geralmente bactérias ácido-láticas, que dão efeitos benéficos para o hospedeiro. Os autores examinaram os efeitos de seis semanas de suplementação com probióticos, *Lactobacillus plantarum* TWK10 (LP10), no desempenho do exercício, fadiga física e perfil microbiano intestinal em camundongos. Seus resultados mostram que a suplementação com LP10 aumentou a massa muscular e a força de prensão de forma dependente da dose e melhorou a coleta de energia e o desempenho no exercício. Foi possível que *Lactobacillus* spp. influenciasse o desempenho do exercício ao produzir ácido lático, o qual, por sua vez, poderia ser utilizado por bactérias lactato para produzir butirato (O'SULLIVAN *et al.*, 2015, p. 87).

De acordo com O'Sullivan *et al.* (2015) o Comitê Olímpico Internacional declarou que, "Probióticos são microorganismos vivos que quando administrados oralmente por várias semanas podem aumentar o número de bactérias benéficas no intestino". Estes têm sido associados a uma gama de benefícios potenciais à saúde intestinal, bem como à modulação da função imunológica".

A administração de probióticos tem sido ligada a uma multiplicidade de benefícios à saúde, sendo o intestino e a saúde imunológica as aplicações mais pesquisadas. Apesar da existência de mecanismos centrais compartilhados para a função probiótica, os benefícios dos probióticos para a saúde são dependentes da tensão e da dosagem. Os atletas têm composições variadas de microbiota intestinal que parecem refletir o nível de atividade do hospedeiro em comparação com as pessoas sedentárias, com as diferenças ligadas principalmente ao volume de exercício e à quantidade de consumo de proteína. Se as diferenças na composição da microbiota intestinal afetam a eficácia probiótica é desconhecida (BERMON *et al.*, 2015, p. 46).

Segundo Hill *et al.* (2014), a suplementação probiótica pode desempenhar papéis importantes na produção de energia durante o exercício devido a formação de adenosina trifosfato. Além disso, estudos mostram que a suplementação de LP10 teve efeitos anti-fadiga pela diminuição dos níveis de lactato sérico, amônia e creatina quinase (indicadores bioquímicos da fadiga muscular induzida pelo exercício) e melhor desempenho no exercício em camundongos.

Para Leclercq, Forsythe e Bienenstock (2016) isto pode estar relacionado à redução da inflamação induzida pela LP10 que determinou uma melhora dos marcadores de atrofia do músculo esquelético. Estas descobertas apóiam a visão de que a microbiota intestinal teve efeitos de promoção da saúde, melhoria do desempenho e anti-fadiga no hospedeiro durante o exercício em termos de equilíbrio energético e composição corporal.

O princípio probiótico remonta a mais de 100 anos atrás. Segundo Hill *et al.* (2014) em 1908, Elie Metchnikoff sugeriu que seria possível modificar a microbiota em nossos corpos e substituir os micróbios nocivos por micróbios úteis. Os benefícios dos probióticos à saúde relatados incluem a modulação da resposta imune, manutenção da barreira intestinal, antagonismo da adesão do patógeno ao tecido hospedeiro e produção de diferentes metabólitos, tais como vitaminas, ácidos graxos de cadeia curta e moléculas que atuam como neurotransmissores envolvidos na comunicação do eixo intestinal-cérebro.

Para Bermon *et al.* (2015) os efeitos dos probióticos em atletas têm sido menos descritos em comparação com estudos em animais e condições clínicas humanas na população em geral. Entretanto, o corpo de pesquisa de probióticos em atletas recreativos e competitivos está se expandindo, incluindo investigações em saúde gastrointestinal, desempenho de exercícios, recuperação, fadiga física, imunidade e composição corporal.

Os micróbios intestinais estão sendo cada vez mais reconhecidos como um "órgão" esquecido que desempenha um papel crucial no desenvolvimento de doenças. Restam dúvidas sobre como os micróbios podem ser manipulados a fim de manter a boa saúde. A ingestão de

alimentos parece ser o primeiro tratamento de escolha na modulação dos microrganismos intestinais. Steves *et al.* (2016) mostraram que uma dieta ocidental pode resultar em níveis aumentados de Firmicutes e níveis reduzidos de Prevotella, que estão ambos associados à obesidade.

Segundo O'Sullivan *et al.* (2015) estudos sobre as correlações entre micróbios intestinais e 126 fatores hospedeiros exógenos e intrínsecos, como estados patológicos e fatores dietéticos, identificaram uma correlação positiva entre uma dieta rica em carboidratos e altos níveis de Bifidobactérias, mas uma correlação negativa entre uma dieta rica em carboidratos e as espécies *Lactobacillus*, *Streptococcus*, e *Roseburia*. Além disso, o consumo de vinho tinto está associado ao aumento dos níveis de *Faecalibacterium prausnitzii*, que é conhecido por ter um efeito anti-inflamatório.

O uso de probióticos em produtos alimentícios é baseado em seus registros de segurança para uso humano, e a maioria das espécies utilizadas tem geralmente o status Considerado Seguro ou Presunção Qualificada de Segurança. Os prebióticos são definidos como componentes alimentares não viáveis que conferem um benefício à saúde do hospedeiro que está associado à modulação da microbiota. Os oligossacarídeos não digeríveis como o fructo- e galactooligosacarídeos e a inulina (um fructopolissacarídeo) estão entre os pré-bióticos mais estudados.

CONCLUSÃO

As evidências científicas demonstram que além de outros fatores internos e externos bem conhecidos, o exercício parece ser um fator ambiental que pode determinar mudanças na composição microbiana intestinal qualitativa e quantitativa com possíveis benefícios para a saúde humana. De fato, a diversidade estável e enriquecida da microbiota é indispensável para a homeostase e fisiologia intestinal normal, contribuindo também para uma sinalização adequada ao longo do eixo cérebro intestinal e para o status saudável do indivíduo.

O exercício é capaz de enriquecer a diversidade da microbiota; de melhorar a relação Bacteroidetes-Firmicutes que poderia potencialmente contribuir para reduzir o peso, patologias associadas à obesidade e distúrbios gastrointestinais; de estimular a proliferação de bactérias que podem modular a imunidade da mucosa e melhorar as funções de barreira, resultando na redução da incidência de obesidade e doenças metabólicas; e de estimular bactérias capazes de produzir substâncias que protegem contra distúrbios gastrointestinais e câncer de cólon.

Portanto, o exercício pode ser usado como tratamento para manter o equilíbrio da microbiota ou para reequilibrar uma eventual disbiose, obtendo assim uma melhoria do estado de saúde. No entanto, são necessários mais estudos para compreender completamente os mecanismos que determinam as mudanças na composição e funções da microbiota causadas pelo exercício e todos os seus efeitos relacionados. Além disso, a microbiota alterada pelo exercício poderia ser usada para buscar novas abordagens no tratamento de doenças metabólicas e inflamatórias nas quais é bem conhecido que a microbiota desempenha um papel importante.

O consumo regular de cepas probióticas específicas pode ajudar na função imunológica e pode reduzir o número de dias de doença que um atleta experimenta ao treinar ou durante a competição. Os benefícios dos probióticos são específicos das cepas e dependentes da dose, e incluem melhor função da barreira intestinal, absorção de nutrientes, recuperação e desempenho nos atletas.

A microbiota dos atletas que treinam intensamente é muita mais diversificada, sabe-se que quanto mais diversificada a microbiota intestinal, mais saudável ela é. A diversidade microbiana é um indicativo de saúde. Para o atleta, um metabolismo funcionando bem, as funções cerebrais bem reguladas, o sistema imunológico bem modulado e funções digestivas otimizadas são fatores fundamentais para a performance.

REFERÊNCIAS

ALLEN, J. M. *et al.* Exercise alters gut microbiota composition and function in lean and obese humans. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v. 50, n. 4, p. 747–757, 2018.

AMALARADJOU, M. A.; BHUNIA, A.K. Bioengineered probiotics, a strategic approach to control enteric infections. **Bioengineered**, v. 4, n. 6, p. 379–387, 2013.

BANSAL, T.; ALANIZ, R. C; WOOD, T. K.; JAYARAMAN, A. The bacterial signal indole increases epithelial-cell tight-junction resistance and attenuates indicators of inflammation. **Proc. Natl. Acad. Sci.**, v. 107, n. 1, p. 228-233, 2010.

BERMON, S. *et al.* The microbiota: an exercise immunology perspective. **Exerc Immunol Rev.** v. 21, p.70-79, 2015.

BEVINS, C. L; SALZMAN, N. H. Paneth cells, antimicrobial peptides and maintenance of intestinal homeostasis. **Nat. Rev. Microbiol.**, v. 9, p. 356-368, 2011. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nrmicro2546>. Acesso em: 14 ago. 2023.

CAMPBELL S.C. *et al.* The effect of diet and exercise on intestinal integrity and microbial diversity in mice. **PLoS One**, p. 01-17, 2016. Disponível em:

<https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0150502&type=printable>. Acesso em: 14 ago. 2023.

CHUA, K. J.; KWOK, W. C.; AGGARWAL, N.; SUN, T.; CHANG, M. W. Designer probiotics for the prevention and treatment of human diseases. **Curr. Opin. Chem. Biol.** V. 40, p. 08-16, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1367593117300509?via%3Dihub>. Acesso em: 14 ago. 2023.

CLARKE S. F. *et al.* Exercise and associated dietary extremes impact on gut microbial diversity. **Gut microbiota**, v. 63, p.1913-1920, 2014. Disponível em: <https://gut.bmj.com/content/63/12/1913.long>. Acesso em: 14 ago. 2023.

COOK, M. D. *et al.* Forced treadmill exercise training exacerbates inflammation and causes mortality while voluntary wheel training is protective in a mouse model of colitis. **Brain Behav Immun.**, v. 33, p. 46-56, 2013. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23707215/>. Acesso em: 14 ago. 2023.

DAINESE, R. *et al.* Effects of physical activity on intestinal gas transit and evacuation in healthy subjects. **Am. J. Med.**, v. 116, n. 8, p. 536-539, 2004. Disponível em: [https://www.amjmed.com/article/S0002-9343\(03\)00821-0/fulltext](https://www.amjmed.com/article/S0002-9343(03)00821-0/fulltext). Acesso em: 14 ago. 2023.

DROUAULT-HOLOWACZ, S. *et al.* A double blind randomized controlled trial of a probiotic combination in 100 patients with irritable bowel syndrome. *Gastroentérologie Clinique et Biologique. Paris.* Vol. 32. Num. 2.2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0399832008000456?via%3Dihub>. Acesso em: 14 ago. 2023.

EVANS, C.C. *et al.* Exercise prevents weight gain and alters the gut microbiota in a mouse model of high fat diet-induced obesity. **PLoS One**, v. 9, n. 3, p.01-14, 2014. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0092193&type=printable>. Acesso em: 14 ago. 2023.

FREEMAN, J. V *et al.* Autonomic nervous system interaction with the cardiovascular system during exercise. **Prog. Cardiovasc. Dis.** V. 48, n.5, p. 342-362, 2006. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16627049/>. Acesso em: 14 ago. 2023.

GOMES, A. C. *et al.* Gut microbiota, probiotics and diabetes. **Nutrition Journal**, v. 13, n. 60, p. 01-13, 2014. Disponível em: <https://nutritionj.biomedcentral.com/articles/10.1186/1475-2891-13-60>. Acesso em: 14 ago. 2023.

HAYWOOD, B. A *et al.* Probiotic supplementation reduces the duration and incidence of infections but not severity in elite rugby union players. **J Sci Med Sport**, v. 17, n. 4, p. 356-360, 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24045086/>. Acesso em: 14 ago. 2023.

HILL, C. *et al.* Expert consensus document. The international scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. **Nat Rev Gastroenterol Hepatol**, v. 11, n. 8, p. 506-14, 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24912386/>. Acesso em: 14 ago. 2023.

JÄGER, R. *et al.* Probiotic *Streptococcus thermophilus* FP4 and *Bifidobacterium breve* BR03 Supplementation Attenuates Performance and Range-of-Motion Decrements Following Muscle Damaging Exercise. **Nutrients**, v. 8, n. 10, p.01-11, 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27754427/>. Acesso em: 14 ago. 2023.

JOYNER, M. J.; COYLE, E. F. Endurance exercise performance: the physiology of champions. **J Physiol**, v. 586, n. 1, p. 35-44, 2008. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2375555/>. Acesso em: 14 ago. 2023.

KURSA, M. B. Robustness of Random Forest-based gene selection methods. **BMC Bioinformatics**, v. 15, n. 18, p. 01-08, 2014. Disponível em: <https://bmcbioinformatics.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2105-15-8>. Acesso em: 14 ago. 2023.

LACERDA-FILHO, A. *et al.* O papel da avaliação clínica e dos testes de fisiologia colo-retal no diagnóstico etiológico da constipação intestinal crônica. **Arquivos de gastroenterologia**, v. 45, n. 1, p. 50-57, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0004-28032008000100010>. Acesso em: 14 ago. 2023.

LECLERCQ, S.; FORSYTHE, P.; BIENENSTOCK, J. Posttraumatic stress disorder: Does the gut microbiome hold the key? **La Revue Canadienne de Psychiatrie**, v. 61, n. 4, p. 204-2013, 2016. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4794957/pdf/10.1177_0706743716635535.pdf. Acesso em: 14 ago. 2023.

LIRA, C. A. B. *et al.* Efeitos do exercício físico sobre o trato gastrointestinal. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. v.14, n. 1, p. 64-67, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1517-86922008000100012>. Acesso em: 14 ago. 2023.

LOUIS, P. *et al.* Organization of butyrate synthetic genes in human colonic bacteria: phylogenetic conservation and horizontal gene transfer. **FEMS Microbiol Lett**, v. 269, n. 2, p. 240-247, 2007. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17241242/>. Acesso em: 14 ago. 2023.

MAILING, L. J. *et al.* Exercise and the gut microbiome: a review of the evidence, potential mechanisms, and implications for human health. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 47, n. 2, p 75-85, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30883471/>. Acesso em: 14 ago. 2023.

MARTINS, D. C.; BAPTISTA, C.; E CARRILHO, C. Microbiota intestinal e diabetes mellitus: associações intrínsecas. **Rev Port Endocrinol Diabetes Metab**. v. 13, n. 2, p. 01-06, 2018. Disponível em: https://www.spedmjournal.com/files/section/e24_s364_microbiota_intestinal_e_diabetes_mellitus_associa_es_intr_nsecas_file.pdf. Acesso em: 14 ago. 2023.

MEISSNER, M. *et al.* Voluntary wheel running increases bile acid as well as cholesterol excretion and decreases atherosclerosis in hypercholesterolemic mice. **Atherosclerosis**, n. 218, p. 323-329, 2011. Disponível em: [https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0021-9150\(11\)00562-4](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0021-9150(11)00562-4). Acesso em: 14 ago. 2023.

- MIKA, A.; FLESHNER, M. Early-life exercise may promote lasting brain and metabolic health through gut bacterial metabolites. **Immunology and Cell Biology**, v. 94, n. 2, p. 151-157, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/icb.2015.113>. Acesso em: 14 ago. 2023.
- MUÑOZ, A. Dehydration, electrolyte imbalances and renin-angiotensin-aldosterone-vasopressin axis in successful and unsuccessful endurance horses. **Equine Veterinary Journal**, v. 38, p. 83-90, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2010.00211.x>. Acesso em: 14 ago. 2023.
- OHLSSON, C.; SJÖGREN, K. Effects of the gut microbiota on bone mass. **Trends Endocrinol Metab**, v. 26, n. 2, p. 69-74, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tem.2014.11.004>. Acesso em: 14 ago. 2023.
- O'SULLIVAN, O. *et al.* Exercise and the microbiota. **Gut Microbes**, v. 6, n. 2, p. 131-136, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/19490976.2015.1011875>. Acesso em: 14 ago. 2023.
- PANE, M. *et al.* Gut Microbiota, Probiotics, And Sport From Clinical Evidence To Agonistic Performance. **Journal Of Clinical Gastroenterology**, v. 52, p. 46-49, 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29782463/>. Acesso em: 14 ago. 2023.
- PANEL, E. F. Guidance on the characterisation of microorganisms used as feed additives or as production organisms. **EFSA Journal**, v. 16, n. 3, p. 01-24, 2018. Disponível em: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/5206>. Acesso em: 14 ago. 2023.
- STEVES, C. J. *et al.* **The microbiome and musculoskeletal conditions of aging**: a review of evidence for impact and potential therapeutics. **American Society for Bone and Mineral Research**, v. 31, n. 2 p. 261-269, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jbmr.2765>. Acesso em: 14 ago. 2023.
- SUEZ, J. *et al.* Artificial Sweeteners Induce Glucose Intolerance By Altering The Gut Microbiota. **Nature**, v. 514, p. 181-186, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nature13793>. Acesso em: 14 ago. 2023.
- THURSBY, E.; JUGE N. Introduction to the human gut microbiota. **Biochemical Journal**, v. 474, n. 11, p.1823-1836, 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5433529/>. Acesso em: 14 ago. 2023.
- WEST, N. P. *et al.* Lactobacillus fermentum (PCC®) supplementation and gastrointestinal and respiratory-tract illness symptoms: a randomised control trial in athletes. **Nutrition Journal**, v. 10, n. 30, p. 01-11, 2011. Disponível em: <https://nutritionj.biomedcentral.com/articles/10.1186/1475-2891-10-30>. Acesso em: 14 ago. 2023.
- WOSINSKA, L. *et al.* The Potential Impact of Probiotics on the Gut Microbiome of Athletes. **Nutrients**, v. 11, n. 10, p. 01-23, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nu11102270>. Acesso em: 14 ago. 2023.

YATSUNENKO, T. *et al.* Human gut microbiome viewed across age and geography. **Nature**, v. 486, p. 222-227, 2012. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature11053>. Acesso em: 14 ago. 2023.

YOSHIMOTO, S. *et al.* Obesity-induced gut microbial metabolite promotes liver cancer through senescence secretome. **Nature**, v. 499, p. 97-101, 2013. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature12347>. Acesso em: 14 ago. 2023.

YURKOVETSKIY, L. *et al.* Gender bias in autoimmunity is influenced by microbiota. **Immunity**, v. 39, n. 2, p. 01-24, 2013. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3822899/>. Acesso em: 14 ago. 2023.

ZENEWICZ, L. A; FLAVELL, R. A. Recent advances in IL-22 biology. **International immunology**, v. 23, n. 3, p. 159-163, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/intimm/dxr001>. Acesso em: 14 ago. 2023.

ZEPPA, S. D. *et al.* Mutual interactions among exercise, sport supplements and microbiota. **Nutrients**, v. 12, n. 1, p. 01-33, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nu12010017>. Acesso em: 14 ago. 2023.

ZOUMPOPOULOU, G. *et al.* Lactobacillus fermentum ACA-DC 179 displays probiotic potential in vitro and protects against trinitrobenzene sulfonic acid (TNBS)-induced colitis and Salmonella infection in murine models. **International journal of food microbiology**, v. 121, n. 1, p. 18-26, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.10.013>. Acesso em: 14 ago. 2023.