



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA – UnICEUB
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO E SAÚDE
CURSO DE NUTRIÇÃO

INTERFERÊNCIA DO EXERCÍCIO FÍSICO NA MICROBIOTA
INTESTINAL

Luca Baêta Leal dos Santos
Sônia Moura Molina Rodrigues
Prof^a. Maria Cláudia da Silva

Brasília, 2020

Data de apresentação: 16/12/2020

Local: Sala 2

Membros da banca: Michele Ferro de Amorim
Pollyanna Ayub Ferreira de Rezende

INTRODUÇÃO

No nosso corpo, os diversos sistemas atuam de forma interdependente e coordenada. Isso significa dizer que, apesar de funções específicas, o bom funcionamento de um deles pode depender do bom funcionamento de outro (TORTORA, 2016). Assomando-se a esta premissa, a última edição da revista *Health & Fitness Journal*, do *American College of Sports Medicine (ACSM)*, traz, dentre as tendências fitness (*fitness trends*) para o ano de 2020, o exercício como medicina (THOMPSON, 2019). Portanto, é possível indagar quais as alterações (positivas e negativas) que o exercício físico possa ter na manutenção da saúde, analisando sob a perspectiva da intercomunicação dos sistemas do corpo humano.

Porém, de forma quase que delimitada, os estudos conduzidos sob a ótica da fisiologia do exercício físico tendem a se concentrar nas respostas e adaptações dos sistemas respiratório, cardiovascular e muscular, visto que maioria dos benefícios decorrentes da prática regular de exercício vêm de respostas e adaptações nestes três sistemas. Por exemplo, vemos pesquisas envolvendo incidências frequentes de ITRS (Infecções do Trato Respiratório Superior) em atletas de alto nível, como demonstrado por Bermon et al. (2017), bem como correlações importantes entre força nos músculos periféricos e cardíacos na função respiratória como visto por Akinoğlu et al (2019), e suas já bem documentadas adaptações em hipertrofia, como a síntese protéica pós treinamento resistido (MORTON et al, 2018).

Em um outro lado da moeda, há cada vez mais trabalhos voltando seus olhares para a regulação da microbiota intestinal e seus impactos na saúde das pessoas, fato este, tendo iniciado com os primeiros estudos sobre o tema datando do início do século XX, quando era conhecida pelo nome “flora intestinal” (METCHNIKOFF, 1908).

Determinados a esclarecer cada vez mais os papéis que a microbiota intestinal exerce em nossa saúde em geral, vários grupos de pesquisadores lançaram luzes sobre sua participação em condições e doenças que acometem uma parcela significativa da população mundial, como por exemplo autismo,

investigado por Sivamaruthi et al (2020), a obesidade, relação encontrada por LeChatelier et al (2013) e Sonnenburg & Bäckhed (2016), câncer colorretal segundo estudos de Brennan e Garrett (2016), diabetes *mellitus* tipo 2, segundo Singh et al (2017), a hipertensão arterial também é afetada pela microbiota como mostram Yang et al (2015), assim como o Alzheimer segundo estudos de Vogt et al (2017) e até mesmo depressão (BASTIAANSSEN et al, 2019).

Tem sido demonstrado desde os estudos de Metchnikoff (1908) que as bactérias que colonizam o TGI (Trato Gastrointestinal) em humanos têm uma relação comumente simbiótica com seus hospedeiros, de modo que a diversidade e a quantidade das espécies bacterianas no TGI têm impacto direto na saúde e, em vários graus, na aptidão cardiorrespiratória em adultos ativos (DURK et al, 2019). Ao passo que Liu et al (2019) verificaram importantes contribuições da diversidade microbiana intestinal na melhora da sensibilidade à insulina promovida pelo exercício físico em indivíduos com pré-diabetes.

Segundo a pesquisa da Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico - VIGITEL (2019), 44,1% da população brasileira não alcançaram níveis suficientes de atividade física semanal, que foram determinados como 150 minutos de atividade semanal de intensidade moderada ou 75 minutos de atividade semanal de intensidade vigorosa segundo a OMS (2010), e cerca de 13,7% eram inativos fisicamente - considerando adultos de ambos sexos.

Por outro lado, de acordo com a pesquisa supracitada, o consumo recomendado de frutas e hortaliças entre os brasileiros foi de apenas 23,1%, sendo menor entre os homens (18,4%) do que entre as mulheres (27,2%). À luz desses dados, enxergamos a emergente ligação entre os hábitos alimentares e atividade física na promoção da saúde e prevenção de DCNT (Doenças Crônicas Não Transmissíveis). Em vista disso, faz-se importante trazer a conhecimento geral quais as relações existentes entre exercício físico e alimentação, no que concerne a modulação da microbiota intestinal (SONNENBURG & BÄCKHED, 2016).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi investigar a interferência do exercício físico na microbiota intestinal de adultos fisicamente ativos.

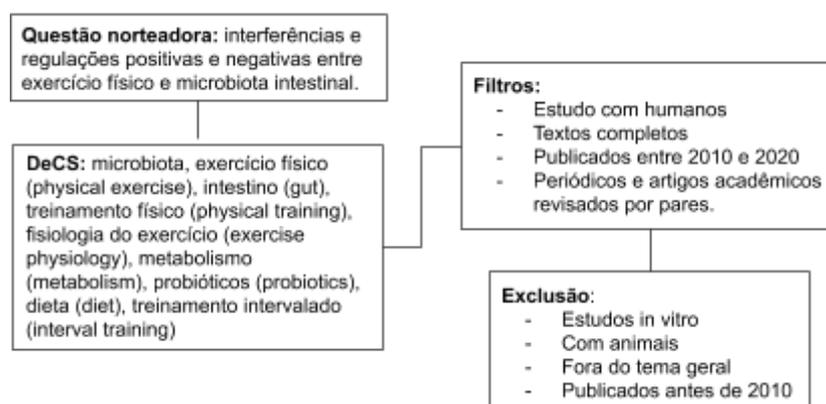
METODOLOGIA

O presente trabalho foi uma pesquisa de revisão bibliográfica norteada pela busca das dissertações e artigos indexados em bases de dados como Scielo, *EBSCO Host*, *Google Scholar* e PubMed. Foram selecionados os trabalhos na língua portuguesa e inglesa, sendo esta última escolhida por ser a língua universal na qual maioria dos artigos são publicados.

Os Descritores em Ciência da Saúde (DeCS) selecionados foram microbiota, exercício físico (physical exercise), intestino (gut), treinamento físico (physical training), fisiologia do exercício (exercise physiology), metabolismo (metabolism), probióticos (probiotics), dieta (diet), treinamento intervalado (interval training). Foram utilizados ainda, os filtros de pesquisa: estudo com humanos, textos completos, publicados entre 2010 a 2020, periódicos e artigos acadêmicos revisados por pares.

Os dados foram analisados partindo da relevância inicial do título dos artigos para o tema deste projeto, em seguida pelos resumos a fim de se ter um panorama geral da pesquisa, finalizando com a leitura na íntegra, para posterior inclusão ou exclusão no estudo. Foram excluídos aqueles que, em dissonância do título, tratavam de estudos *in vitro* ou em animais e ainda, os que não tinham objetivos consoantes com o tema. Também foram excluídos aqueles que não constam do período entre 2010 a 2020 (alguns poucos estudos, por sua validade histórica e conceitual, foram incluídos apesar de serem datados de antes de 2010), a fim de trabalhar com dados mais atualizados.

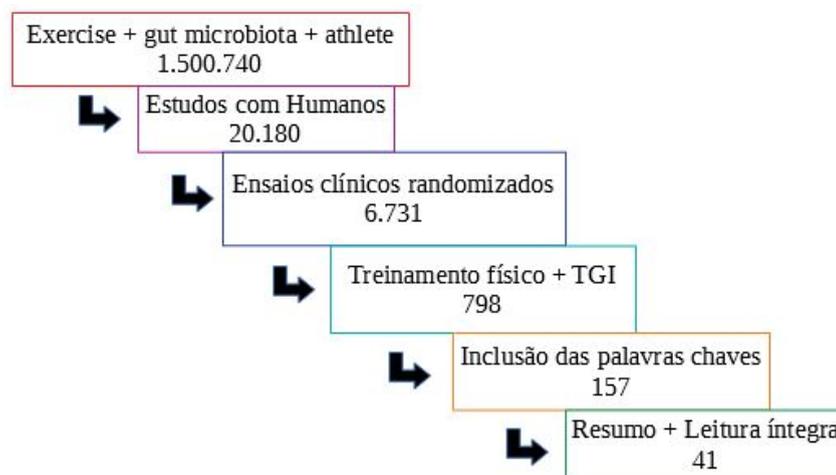
Figura 1 - Organograma de inclusão e exclusão



A pesquisa foi feita inicialmente com os termos “exercise + gut microbiota”, o que resultou em 1.500.740 artigos. Após excluídos os estudos com animais, este número reduziu para 20.180. Destes, foram filtrados os ensaios clínicos randomizados, o que resultou em um número final de 6.371 artigos. Com estes, foram excluídos todos os que não tratassem de treinamento físico e TGI, o que resultou em um número de 798 artigos.

Após isso, foram lidos os resumos e foram excluídos todos os estudos que não contivessem ao menos uma das palavras chaves: microbiota, exercício físico (physical exercise), intestino (gut), treinamento físico (physical training), fisiologia do exercício (exercise physiology), metabolismo (metabolism), probióticos (probiotics), dieta (diet), treinamento intervalado (interval training) Resultando em um número final de 157 artigos. Destes, foram lidos os resumos e posterior leitura na íntegra, sendo incluídos neste trabalho 41 artigos.

Figura 2 - Fluxograma da metodologia



REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A RELAÇÃO ENTRE A MICROBIOTA INTESTINAL E O FUNCIONAMENTO DO TRATO GASTROINTESTINAL

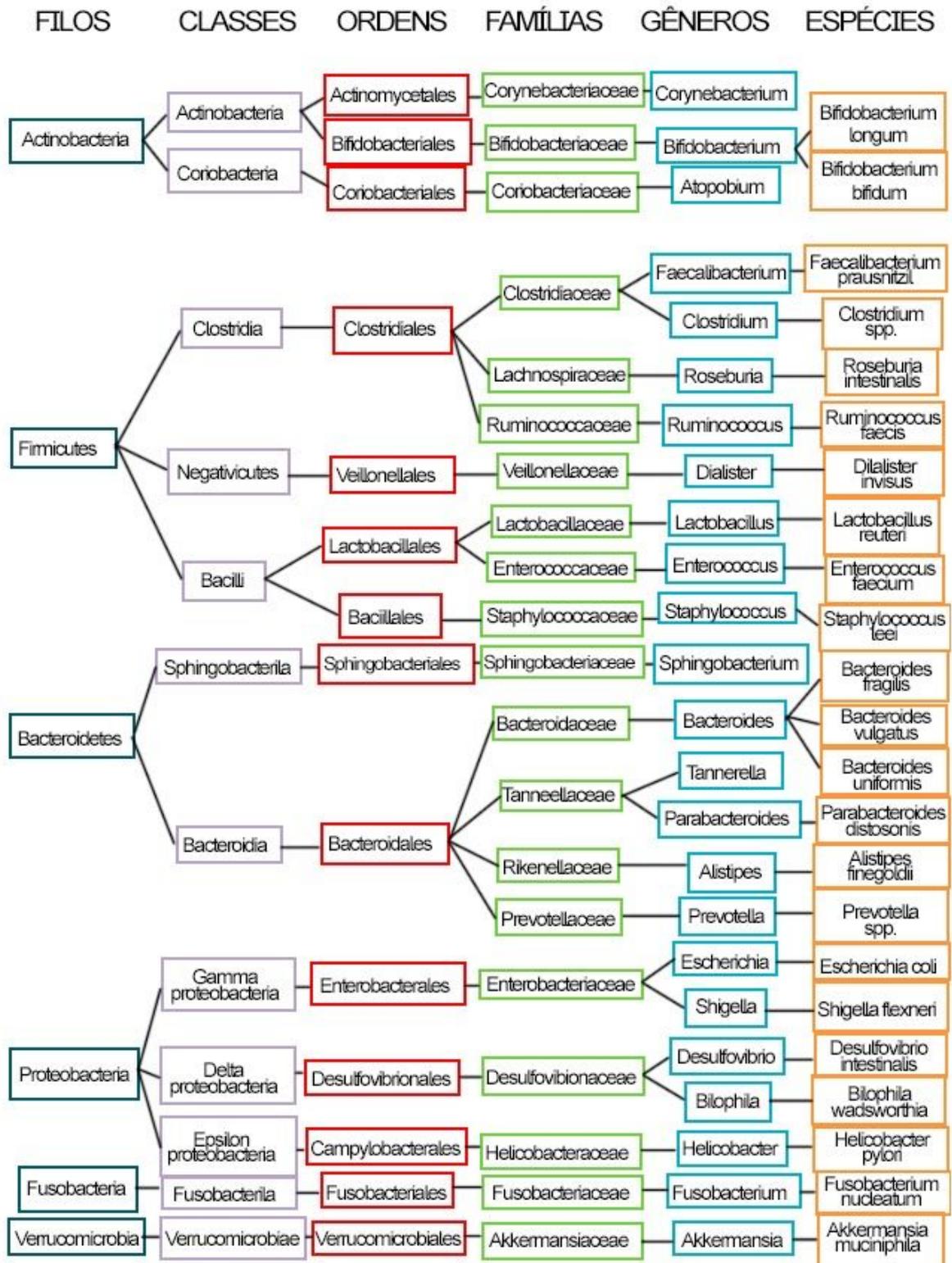
Os seres humanos, além de outros mamíferos, têm uma composição complexa da microbiota intestinal, que inclui todos os domínios da vida (*Archaea*, *Bacteria* e *Eukarya*). Essa simbiose única é formada ao longo de uma série de exposições do indivíduo a diversos fatores ambientais, e começa quando o ser humano nasce, ao ter contato com a microbiota vaginal da mãe (DOMINGUEZ-BELLO et al, 2010).

Dito isso, sabe-se que as populações presentes na microbiota intestinal, bem como as mudanças em sua composição geral, podem ser explicadas por: mudanças na dieta, alterações no sistema imune, exposição a compostos químicos e medicamentos, entre outros efeitos (JANDHYALA et al, 2015; DAVID et al, 2014).

Após o nascimento, tendo o contato inicial com a microbiota da vagina da mãe no parto, e iniciada a amamentação, a microbiota vai adquirindo mais diversidade, de modo que no transcorrer da amamentação, o leite materno exerce um papel crucial, onde podemos destacar a transmissão de sua microbiota para o recém-nascido (FERNANDEZ et al, 2013), a transferência de anticorpos maternos, que fornece proteção extra contra algumas espécies de microorganismos (ROGIER et al, 2014); e a seleção natural de certas espécies de microorganismos ocasionada pela disponibilidade de oligossacarídeos do leite, o qual é usado como fonte de energia por estas espécies (YU et al, 2013).

Tendo suas modificações explicadas por Jandhyala et al (2015) e David et al (2014), a microbiota intestinal do adulto tem sido analisada a fim de se identificar as espécies benéficas e as ditas patogênicas. Sabe-se que é composta de centenas de milhares de espécies (Figura 3), porém são prevalentes os filos *Bacteroidetes* e *Firmicutes* (HMPC, 2012) e, como tal, a razão relativa entre *Firmicutes* e *Bacteroidetes* (F/B) tem sido usada como uma medida da saúde da microbiota intestinal (DURK et al, 2019). Apesar dessa relação F/B não ser totalmente validada, à luz da produção científica atual nesta área tem sido considerada uma boa medida.

FIGURA 3 - Esquema ilustrativo da composição geral da microbiota



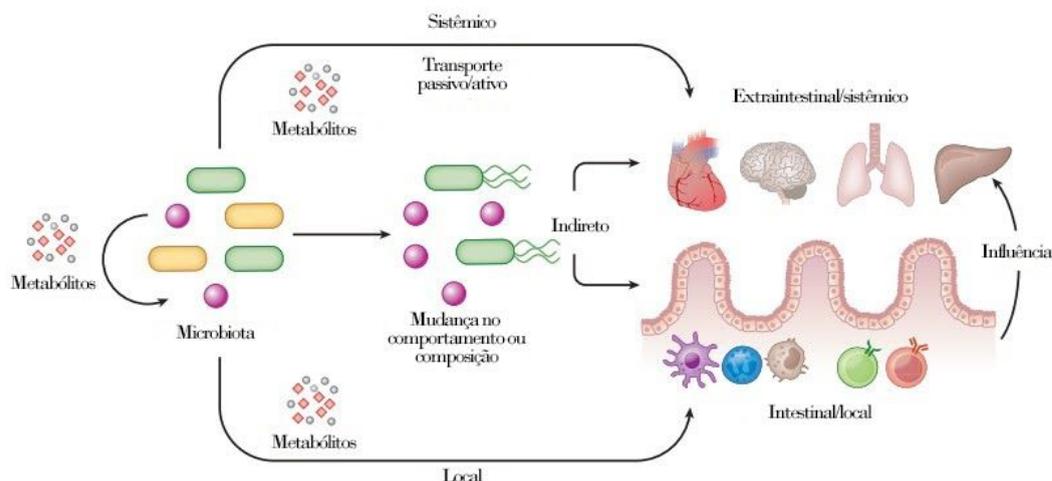
Fonte: HMPC, 2012 (Traduzida e adaptada)

Esse ecossistema é diferente de qualquer outro habitat microbiano já estudado (LEY et al, 2008), e inclui muitas espécies que não existem em nenhum outro lugar na natureza, indicando que a coexistência entre o hospedeiro e os simbiontes microbianos do intestino (incluindo comensalistas e mutualistas) geraram mecanismos seletivos poderosos.

Os metabólitos produzidos pelas bactérias da microbiota intestinal podem induzir alterações no organismo, a nível local e sistêmico (Figura 4). Localmente, esses metabólitos podem alterar o funcionamento da barreira intestinal, as populações de células do sistema imunológico (em sua composição e/ou número) ou ainda alterar o funcionamento da lâmina própria. Tais efeitos podem também influenciar processos metabólicos em outros órgãos do corpo, como coração, cérebro, pulmões, fígado (McCARVILLE et al, 2020).

Sistemicamente, os metabólitos podem atravessar o epitélio intestinal por meio de transporte ativo ou passivo e influenciar diretamente a função dos mesmos órgãos citados acima e/ou outros tecidos, podendo ainda induzir quadro de doença em tecidos distais (McCARVILLE et al, 2020; SINGH et al, 2017; YANG et al, 2015). Ainda, alguns grupos de microrganismos presentes na microbiota intestinal podem produzir metabólitos que influenciam outros membros da microbiota ou mesmo patógenos, alterando a composição global ou função/comportamento de alguns de seus membros. Essas mudanças podem ter consequências indiretas para o hospedeiro, tanto em nível local quanto sistêmico (McCARVILLE et al, 2020).

FIGURA 4 - Esquemática da interferência local e sistêmica da microbiota



Fonte: McCARVILLE et al, 2020 (Traduzida)

A microbiota intestinal é um sistema biológico central no papel de funções vitais como digestão dos alimentos, produção de nutrientes, preparação e modulação do sistema imune, bem como proteção contra patógenos e produção de AGCC (URSELL et al, 2014; PUTIGNANI et al, 2014)

Estudos recentes têm apontado a importância e a influência da microbiota em muitas DCNT, como por exemplo o diabetes tipo 2 (DM2). Dentre as centenas de bactérias que foram estudadas, uma em especial demonstrou bons resultados, a *Bifidobacterium*, bactéria considerada protetora da microbiota de indivíduos com DM2 (EJTAHED et al, 2012; ASEMI et al, 2013, KOBLYIAK et al, 2018), especialmente por seu papel na manutenção da resistência insulínica, nos músculos, tecido adiposo e fígado (GURUNG et al, 2020), quando associada à *Lactobacillus*.

Sabe-se também que as bactérias que colonizam o TGI (trato gastrointestinal) têm um papel central na deflagração, controle ou exacerbação de condições como câncer (SANTOS et al, 2017), risco cardiometabólico (VIVOLO; MORAES, 2017), obesidade e esteatose hepática não alcoólica (LeCHATELIER et al, 2013; GOUVEIA & CARVALHO, 2017; SONNENBURG & BÄCKHED, 2016), retocolite ulcerativa (MARTINS et al, 2017), autismo (SIVAMARUTHI et al, 2020),

hipertensão arterial (YANG et al, 2015), Alzheimer (VOGT et al, 2017) e até mesmo depressão (BASTIAANSEN et al, 2019).

EXERCÍCIO FÍSICO E MICROBIOTA

O impacto do exercício físico tem se tornado uma área de grande interesse de pesquisa nas últimas décadas. Parte dos estudos passaram a envolver não somente os efeitos do EF (exercício físico) nos sistemas cardiovascular, respiratório e muscular, mas também, nos sistemas que não se envolvem diretamente na execução de movimentos corporais, como o TGI (trato gastrointestinal). Neste sentido, Lira et al (2016) verificaram efeitos protetores do EF de baixa e moderada intensidades sobre o TGI, com prováveis mecanismos sendo a alteração da motilidade do cólon, a diminuição do fluxo sanguíneo intestinal, o estresse mecânico produzido sobre o intestino, o aumento da ingestão de fibras decorrente do aumento do gasto energético.

Paralelo a isto, alguns fatores já são conhecidos por provocarem e/ou piorarem sintomas de infecções ou problemas no trato respiratório superior, em indivíduos que fazem exercício físico regularmente com durações extensas (ex.: ciclismo, corridas de resistência): viagens, estresse, baixa disponibilidade energética e baixa qualidade de sono, más estratégias nutricionais antes e durante o treinamento, recuperação insuficiente, sessões de treinamento exaustivas com cronogramas de competições corrido são alguns dos fatores ligados a esta condição, contribuintes no aumento de hormônios contra-regulatórios, resultando em perturbações imunológicas (STRASSER et al, 2016).

Em um estudo recente, que analisou atletas em preparação para as Olimpíadas Rio 2016, foram detectados além dos supracitados, outros fatores de risco para tais sintomas, como diferenças no sexo, convivência em comunidade e práticas de higiene (DREW et al, 2017).

Embora já se saiba que diferenças existem entre os efeitos proporcionados pelos diferentes esportes e/ou regimes de treinamento de cada atleta em particular (prevalência/ausência de períodos de endurance, treinamento intervalado, alongamento/flexibilidade, etc), e também que entre os estudos atuais existem

diferenças metodológicas, há ainda fatores confundidores como o histórico dos atletas, o nível atual dos atletas estudados, o ambiente onde eles treinam/performam e a dieta praticada. Neste sentido, torna-se um grande desafio afirmar qualquer dado relativo ao assunto, podendo apenas hipotetizar, no aguardo de novas pesquisas mais robustas, controladas.

Para tentar trazer mais dados sobre as inter relações entre o EF e a microbiota, Durk et al. (2019) investigaram as comunicações existentes entre a composição da microbiota intestinal e o nível de VO_2 Máx (consumo máximo de oxigênio), analisando a razão F/B (*Firmicutes* e *Bacteroidetes*), dois filos de bactérias mais comuns no TGI, indicativos da saúde da microbiota intestinal. O VO_2 Máx. dos participantes e o aumento benéfico da relação F/B tiveram correlações positivas, mas apesar de animador, este resultado não pode ser extrapolado em sua totalidade para a comunidade geral, visto que o estudo teve duas limitações importantes como, por exemplo, o auto-relato da ingestão alimentar, necessitando de medidas objetivas para maior certeza. E o estudo não foi de controle randomizado, portanto não é possível dizer que os resultados positivos são de fato produtos do treinamento físico ou que as características microbianas surtirão efeito na melhora do VO_2 Máx.

Apesar da ainda crescente produção de pesquisas neste sentido, já há evidências fortes que suportam a teoria de que períodos prolongados de treinamentos de alta intensidade podem - porém não garantem por si só - aumentar a suscetibilidade à ITRS (Infecções do Trato Respiratório Superior), já que o epitélio presente nas vias aéreas (especialmente no nariz e na garganta) estão constantemente expostos a antígenos presentes no ar, independente da prática ou não de exercício físico (WALSH et al, 2011; GLEESON et al, 2016).

Existem evidências apontando a instauração de inflamações transitórias, não alérgicas, do trato respiratório sendo causadas por fatores particulares da modalidade do atleta, sem ligação direta com alterações gastrointestinais. Podemos citar a hiperventilação através da respiração oral em condições climáticas desfavoráveis (por exemplo em locais com ar gelado e/ou poluído), como um destes

fatores que podem causar ITRS em atletas que praticam esporte ao ar livre, como ciclistas, corredores, maratonistas (KIPPELEN et al, 2012).

Há fortes evidências também de que na chamada “janela de oportunidade” - pós exercício físico - há uma queda na eficácia da proteção imunológica do indivíduo, com redução na atividade e no número de células NK, baixa atividade neutrofílica, proliferação de linfócitos T prejudicada e ainda, diminuição nos níveis salivares de IgA, (WALSH et al, 2011) que, por sua vez, contribuem com um quadro favorável para que vírus e bactérias causem infecções e/ou doenças. Reduções nos níveis salivares de IgA estão associadas com ITRS em atletas, sendo estas, comumente precedidas por tal redução (GLEESON et al, 2016; WALSH et al, 2011).

Em um estudo conduzido por Allen et al (2018), 6 semanas de exercício aeróbio resultaram em mudanças positivas na composição da microbiota intestinal e na concentração de AGCC em indivíduos eutróficos e em obesos, independente da dieta seguida. Demonstraram ainda, que tais mudanças estavam correlacionadas com as mudanças na composição corporal em indivíduos eutróficos e no VO_2 máx em indivíduos obesos. Curiosamente, verificaram que a microbiota intestinal parece retornar ao que era anteriormente à intervenção com exercício físico, mostrando portanto, que a prática regular de exercício físico e o status de atividade física do indivíduo modulam a composição da microbiota intestinal, dependendo do IMC do indivíduo (ALLEN et al, 2018).

A MICROBIOTA DOS ATLETAS

A atividade física é capaz de modificar a composição da microbiota intestinal, tendo como consideração especial as atividades físicas em baixas doses e de modo regular, apontada como um dos fatores que aumentam populações benéficas na microbiota intestinal, a saber: *Bifidobacterium spp*, *R. hominis*, *A. muciniphila* e *F. prausnitzii* (BRESSA et al, 2017).

Atletas possuem maior diversidade de espécies bacterianas na microbiota intestinal do que pessoas sedentárias, e maior abundância de espécies benéficas (CLARKE et al, 2014; PETERSEN et al, 2017), e com maior presença de espécies

produtoras de AGCC (ácidos graxos de cadeia curta), que têm demonstrado poder anti-inflamatório (KACZMARCZYK et al, 2012), além de melhorar a sensibilidade insulínica (WATTERSON et al, 2014), e auxiliar a modular a morfologia do sistema nervoso central (De VADDER et al, 2014).

Para trazer mais informações sobre isso, Petersen et al (2017) investigaram 33 atletas, sendo 22 de nível profissional e 11 ciclistas amadores. Não foram encontradas diferenças significativas entre as espécies colonizadoras em ambos, porém o maior tempo de treinamento (tempo de trabalho durante o exercício) demonstrou maior correlação com o aumento Prevotella ($\square 2,5\%$), a qual está positivamente associada com vias metabólicas de aminoácidos e carboidratos.

Outro grupo de pesquisadores (JANG et al, 2019) compararam a microbiota fecal, dieta e composição corporal de 15 fisiculturistas, 15 corredores de longa distância e 15 indivíduos sedentários como controle. Em fisiculturistas, *Faecalibacterium*, *Sutterella*, *Clostridium*, *Haemophilus*, e *Eisenbergiella* foram os gêneros mais abundantes, enquanto *Bifidobacterium* e *Parasutterella* foram os menos abundantes, ao passo que bactérias comumente utilizadas como suplementos probióticos (*Bifidobacterium adolescentis*, *Bifidobacterium longum*, *Lactobacillus sakei*) e algumas produtoras de AGCC (*Blautia wexlerae*, *Eubacterium hallii*) tiveram menor presença nas coletas de fisiculturistas e maior presença no grupo controle.

Cabe ressaltar que, como a composição da microbiota intestinal por si só ainda não é capaz de diagnosticar doenças ou qualquer estado de saúde (à luz das atuais evidências), não há como definir a “microbiota saudável”, mas sim, uma microbiota “associada à saúde”. (BACKHED et al, 2012; ISHIGURO et al, 2018). Porém, dentro dessa linha de pensamento, há um viés no fator alimentação dos atletas, que costuma ser de um padrão diferente do da maioria da população não-atleta.

Para trazer uma luz sobre isso, Estaki et al (2016) demonstraram que independente da dieta, os atletas treinados, com maior capacidade cardiorrespiratória, têm a microbiota mais diversificada que sedentários. Achados

recentes sugerem ainda uma relação dinâmica entre microbiota e níveis de atividade física, com atletas profissionais e indivíduos altamente aptos exibindo composição mais diversa em comparação com seus colegas sedentários ou menos aptos. Observou-se que o exercício físico pode estimular uma abundância maior de espécies bacterianas saudáveis, ou seja, produtores de butirato, que podem ajudar a fortalecer o epitélio intestinal e impedir a translocação de espécies bacterianas nocivas para a circulação (DURK et al, 2019)

Durante o exercício físico também está presente a ação do sistema neuroendócrino que envolve a ativação do Sistema Nervoso Simpático (SNS). Isto é, o exercício físico além de permitir um débito cardíaco aumentado, reduz a capacidade funcional gastrointestinal geral devido a alterações da motilidade gastrointestinal, com potencial para retardar o esvaziamento gástrico (SILVA, 2018). Com um tempo maior de esvaziamento, os microrganismos presentes no bolo alimentar ficam em contato por mais tempo com a mucosa do cólon, podendo tanto gerar danos se for um patógeno, quanto melhorar absorção de algum nutriente ou melhorar funções mediadas por determinados microrganismos.

Existe também, durante o exercício físico, um ciclo de perfusão-isquemia no intestino, ou seja, uma hipóxia transitória devido ao fato de que o sangue é redirecionado para os músculos em atividade, e não tanto para o TGI (LIRA et al, 2016). Isso pode alterar também a colonização de espécies bacterianas, visto que nas porções do intestino os tipos e a densidade dessas bactérias diferem (DONALDSON et al, 2016). Por exemplo, no cólon ascendente, devido à maior presença de oxigênio, as bactérias aeróbias facultativas conseguem sobreviver, enquanto que no cólon descendente, com menor presença de oxigênio, a maioria sobrevivente é de anaeróbias estritas.

Com essa redução do fluxo sanguíneo provocada pelo exercício, há um comprometimento da mucosa intestinal, fazendo com que haja uma maior permeabilidade entre as *tight junctions* (junções comunicantes), o que por sua vez, aumenta a chance de algum patógeno e/ou algum composto tóxico atingir a corrente

sanguínea e causar por fim, um processo inflamatório exacerbado concomitante com algum sintoma gastrointestinal, e em alguns casos, endotoxemia (LIRA et al, 2016).

PROBLEMAS GASTROINTESTINAIS NO ESPORTE

Em um estudo realizado para analisar a incidência de lesões e doenças em atletas durante os jogos olímpicos de Londres em 2012, Engebretsen et al (2013) encontraram, em um universo de 10.568 atletas de variados esportes, uma incidência de doenças de 71,7 a cada 1000 atletas. Dentro dos 758 casos de doenças relatadas, 16% (123) foram de sintomas gastrointestinais, tendo sua incidência no decorrer do campeonato. Soligard et al (2015) por sua vez, verificaram incidência de 11% de problemas gastrointestinais de um total de 249 casos de doenças em um universo de 2780 atletas, nas Olimpíadas de Sochi em 2014.

Ruedl et al (2012) encontraram, em um campeonato dos Jogos Olímpicos da Juventude na Áustria, em 2012, após analisarem 1021 atletas, uma incidência de 9,3% de problemas gastrointestinais durante o campeonato. Derman et al (2013) fizeram análise diferente: durante os Jogos Paralímpicos de 2012 em Londres, e encontraram incidência de 14.5% de problemas gastrointestinais, em 3565 atletas acompanhados, porém os autores observam que para estes, tanto pode ser devido a lesões na medula espinhal quanto podem ser associados ao stress gerado pelo esporte em si.

Ao passo que, Dvorak et al (2011) identificaram em 12,1% dos jogadores acompanhados durante a Copa Mundial de 2010, uma incidência de 26,3% de problemas gastrointestinais, aos quais atribuem, destes, 60% causados por infecções, 23.2% por causas ambientais e os restantes, induzidos pelo exercício físico, falta de sono, e alguns não-especificados. Alonso et al (2010) encontraram ainda, incidência de 16.3% problemas gastrointestinais em atletas que participaram no Campeonato Mundial de Atletismo de 2009 (IAAF), tendo sido mais prevalente entre as atletas femininas, com 16.7 ± 8.5 a cada 1000 contra 6.5 ± 4.8 a cada 1000, dos atletas masculinos.

Enquanto que, para atletas de esportes aquáticos, problemas gastrointestinais figuraram entre os mais frequentes, para os atletas de modalidades de águas abertas no Campeonato Mundial FINA de 2013, sendo causados por infecções que resultaram em otites e reações alérgicas (MOUNTJOY et al, 2015).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, há um crescente corpo de evidências sugerindo que há diversas interferências do exercício físico na microbiota intestinal, assim como o contrário. Este é um campo das pesquisas que está em crescimento exponencial visto o interesse pela área estar aumentando a cada ano.

Falando do exercício físico em si, como mostrado na revisão, demonstra efeitos protetores sobre o TGI quando realizado de forma regular em baixa e moderada intensidades (com aumento da população benéfica de bactérias como *Bifidobacterium Sp*, *R. Hominis*, *A. Muciniphila* e *F. Prausnitzii*), enquanto que durações prolongadas e intensidades mais elevadas parecem desencadear na piora de sintomas de ITRS ou causá-los, quando em combinação com fatores como stress, viagens, convivência em comunidade, higiene, etc. Um dos resultados animadores encontrados foi quanto à relação entre a microbiota e o nível de VO2Máx, no estudo de Durk et al (2019), mostrando que há uma relação positiva entre o nível de VO2Máx e o aumento benéfico de espécies na microbiota, porém, como citado na revisão, o estudo teve algumas limitações que não permitem concluir efetivamente esses dados.

Diante do exposto, é possível afirmar que o EF traz benefícios na diversidade da população microbiana, assim como a microbiota em equilíbrio traz benefícios para o atleta, diminuindo o desconforto no TGI. Foi verificado que mudanças na dieta, alterações no sistema imune, exposição a compostos químicos e medicamentos, exercício físico, são capazes de repercutir em mudanças na diversidade e quantidade de bactérias colonizando o TGI.

Tais mudanças são dinâmicas, ou seja, se sustentam ou sofrem alterações conforme o status atual do indivíduo: fisicamente ativo, sedentário, atleta competindo

em campeonatos, fazendo dieta ou não, rotinas de viagens, exposição a ambientes diferentes, etc. Ainda falando das bactérias intestinais, enxerga-se uma regulação por parte delas a nível sistêmico e local, um dos fatos em que se baseia a constante busca pela dita “microbiota saudável”, tendo inclusive uma medida proposta para quantificar e qualificar uma boa composição de microbiota intestinal, como a relação F/B (medida esta, ainda não totalmente validada, cabe salientar).

Entre os dados referentes a problemas gastrointestinais entre atletas, percebe-se que os que foram encontrados nos variados esportes, intra-competições, não foram de alta incidência comparando-se ao total de doenças ou sintomas aferidos pelos autores, e mesmo dentre os sintomas gastrointestinais, as possíveis causas são múltiplas, sem ter sido feitas relações diretas de causa-efeito. Embora curiosamente, atletas de esportes aquáticos parecem ter tido maiores problemas gastrointestinais comparado aos demais, proveniente de infecções, o que abre um caminho para se investigar se há uma participação protagonista da microbiota nesses casos.

Também destaca-se a capacidade do exercício físico, independente de uma determinada dieta, modificar a microbiota intestinal a ponto de possibilitar melhorias na saúde do indivíduo. Existem ainda, evidências fortes sugerindo que a microbiota intestinal parece retornar ao estado anterior (em quantidade e qualidade de microorganismos) à intervenções com exercício físico, mostrando portanto, que a prática regular de exercício físico e o status de atividade física do indivíduo são grandes reguladores da composição da microbiota intestinal, dependendo do IMC do indivíduo.

REFERÊNCIAS

AKINOĞLU, Bihter, KOCAHAN, Tuğba, ÖZKAN, Taşkın. The relationship between peripheral muscle strength and respiratory function and respiratory muscle strength in athletes. **Journal of Exercise Rehabilitation**, v.15, n.1, p.44-49, fev. 2019.

ALONSO, Juan-Manuel; TSCHOLL, Philippe; ENGBRETSSEN, Lars; MOUNTJOY, Margo; DVORAK, Jiri; JUNGE, Astrid. Occurrence of injuries and illnesses during the 2009 IAAF World Athletics Championships **British Journal of Sports Medicine**, v.44, n.15, p.1100-1105, nov. 2010.

BÄCKHED, F.; FRASER, C.M.; RINGEL, Y.; SANDERS, M.E.; R.B.; SHERMAN, P.M.; VERSALOVIC, J.; YOUNG, V.; FINLAY, B.B. Defining a healthy human gut microbiome: current concepts, future directions, and clinical applications. **Cell Host Microbe**. v.12, n.5, p.611–622. nov. 2012.

BASTIAANSEN, Thomaz., COWAN, Caitlin, CLAESSION, Marcus, DINAN, Timothy, CRYAN, John. Making Sense of ... the Microbiome in Psychiatry. **International Journal of Neuropsychopharmacology**, v.22, n.1, p.37–52, jan. 2019.

BERMON, Stéphane; CASTELL, Lindy M.; CALDER, Philip C; BISHOP, Nicolette C; BLOMSTRAND, Eva; MOOREN, Frank C; KRÜGER, Karsten; KAVAZIS, Andreas N; QUINDRY John C; SENCHINA, David S; NIEMAN, David C; GLEESON, Michael; PYNE, David B; KITIC, Cecilia M; CLOSE, Graeme L; LERSON-MEYER, Enette; MARCOS, Ascension; MEYDANI, Simin N; WU, Dayong; WALSH, Neil P; NAGATOMI, Ryochi. Consensus Statement: Immunonutrition and Exercise. **Exercise Immunology Review**, v.23, p.8-50, jan. 2017.

BRASIL, VIGITEL BRASIL 2018: **vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico : estimativas sobre frequência e distribuição sociodemográfica de fatores de risco e proteção para doenças crônicas nas capitais dos 26 estados brasileiros e no Distrito Federal em 2018** / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Análise em Saúde e Vigilância de Doenças não Transmissíveis. – Brasília: Ministério da Saúde, 2019. 132.: il. Disponível em: <<http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2019/julho/25/vigitel-brasil2018.pdf>>. Acesso em: 15/Abril/2020

BRENNAN, C.A., GARRETT, W.S. Gut Microbiota, Inflammation, and Colorectal Cancer. **Annual Review of Microbiology**. v.8, n.70, p.395-411, set. 2016.

BRESSA, C; BAILÉN-ANDRINO, M.; PÉREZ-SANTIAGO, J.; GONZÁLEZ-SOLTERO, R.; PÉREZ, M; MONTALVO-LOMINCHAR, M.G.; MATÉ-MUÑOZ, J.L.; DOMÍNGUEZ, R.; MORENO, D.; LARROSA, M. Differences in gut microbiota profile between women with active lifestyle and sedentary women. **PLoS ONE** v.12, n.2: e0171352, fev. 2017

CLARKE, S.F.; MURPHY, E.F.; O'SULLIVAN, O.; LUCEY, A.J.; HUMPHREYS, M.; HOGAN, A.; HAYES, P.; O'REILLY, M.; JEFFERY, I.B.; WOOD-MARTIN, R.; KERINS, D.M.; QUIGLEY, E.; ROSS, R.P.; O'TOOLE, P.W.; MOLLOY, M.G.; FALVEY, E.; SHANAHAN, F.; COTTER, P.D. Exercise and associated dietary extremes impact on gut microbial diversity. **Gut**. v.63, n.12, p.1913-1920. dez. 2014.

de OLIVEIRA, Erick; BURINI, Roberto. Food-dependent, exercise-induced gastrointestinal distress. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**. v.8, n.13, p.1-7, set. 2011.

DERMAN, Wayne; SCHWELLNUS, Martin; JORDAAN, Esme; BLAUWET, Cheri A.; EMERY, Carolyn; PIT-GROSHEIDE, Pia; MARQUES, Norma-Angelica Patino; MARTINEZ-FERRER, Orio; STOMPHORST, Jaap; de VLIET, Peter Van; WEBBORN, Nick; WILLICK, Stuart E. Illness and injury in athletes during the competition period at the London 2012 Paralympic Games: development and implementation of a web-based surveillance system (WEB-ISS) for team medical staff **British Journal of Sports Medicine** v.47, n.7, p.420-425, mai. 2013.

de VADDER, F.; KOVATCHEVA-DATCHARY, P.; GONCALVES, D.; VINERA, J.; ZITOUN, C.; DUCHAMPT, A.; BÄCKHED, F.; MITHIEUX, G. Microbiota-generated metabolites promote metabolic benefits via gut-brain neural circuits. **Cell**. v.16(156), n.1-2, p.84-96. jan. 2014

DOMINGUEZ-BELLO, M.G.; COSTELLO, E.K.; CONTRERAS, M. et al. Delivery mode shapes the acquisition and structure of the initial microbiota across multiple body habitats in newborns. **Proc Natl Acad Sci USA**. v.10, n.26, p.11971-11975, 2010

DREW, M.; VLAHOVICH, N.; HUGHES, D.; APPANEAL, R.; BURKE, L.M.; LUNDY, B.; ROGERS, M.; TOOMEY, M.; WATTS, D.; LOVELL, G.; PRAET, S.; HALSON, S.L.; COLBEY, C.; MANZANERO, S.; WELVAERT, M.; WEST, N.P.; PYNE, D.B.; WADDINGTON, G. Prevalence of illness, poor mental health and sleep quality and low energy availability prior to the 2016 Summer Olympic Games. **British Journal of Sports Medicine**. v.52, n.1, p.47-53, jan. 2018.

DURK, Ryan; CASTILHO, Esperanza; MARQUEZ-MAGAÑA, Leticia. GROSICKI, Gregory; BOLTER, Nicole; LEE, Mathew; BAGLEY, James. Gut microbiota composition is related to cardiorespiratory fitness in healthy young adults. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**. v.29, n.3, p.249-253, mai. 2019.

DVORAK, Jiri; JUNGE, Astrid; DERMAN, Wayne; SCHWELLNUS, Martin. Injuries and illnesses of football players during the 2010 FIFA World Cup **British Journal of Sports Medicine**, v.45, n.8, p.626-630, mai. 2011.

ENGEBRETSEN, Lars; SOLIGARD, Torbjørn; STEFFEN, Kathrin; ALONSO, Juan Manuel; AUBRY, Mark; BUDGETT, Richard; DVORAK, Jiri; JEGATHESAN, Manikavasagam; MEEUWISSE, Willem H.; MOUNTJOY, Margo; PALMER-GREEN, Debbie; VANHEGAN, Ivor; RENSTRÖM, Per A. Sports injuries and illnesses during

the London Summer Olympic Games 2012 **British Journal of Sports Medicine** v.47, n.7, p.407-414, mai. 2013.

GLEESON, M.; BISHOP, N.C.; STRUSZCZAK, L. Effects of *Lactobacillus casei* Shirota ingestion on common cold infection and herpes virus antibodies in endurance athletes: a placebo-controlled, randomized trial. **European Journal of Applied Physiology**. v.116, n.8, p.1555-63. ago. 2016.

ISHIGURO E.; HASKEY N.; CAMPBELL K.; Gut microbiota: interactive effects of nutrition and health. **Elsevier**. 2018.

JANG, L.G.; CHOI, G.; KIM, S.W.; KIM, B.Y.; LEE, S.; PARK, H. The combination of sport and sport-specific diet is associated with characteristics of gut microbiota: an observational study. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**. v.3, n.1, p.21, mai. 2019.

KACZMARCZYK, M.M.; MILLER, M.J.; FREUND, G.G. The health benefits of dietary fiber: beyond the usual suspects of type 2 diabetes mellitus, cardiovascular disease and colon cancer. **Metabolism**. v.61, n.8, p.1058–1066, ago. 2012.

KIPPELEN, P.; FITCH, K.D.; ANDERSON, S.D.; BOUGAULT, V.; BOULET, L.P.; RUNDELL, K.W.; SUE-CHU, M.; MCKENZIE, D.C. Respiratory health of elite athletes - preventing airway injury: a critical review. **British Journal of Sports Medicine**. v.46, n.7, p.471-476, jun. 2012.

LeCHATELIER, E.; NIELSEN, T.; QIN, J. et al. Richness of human gut microbiome correlates with metabolic markers. **Nature**, v.500, p.541–546, ago. 2013.

LIRA, Claudio; VANCINI, Rodrigo; NOUAILHETAS, Viviane. Fisiologia Gastrointestinal e Exercício Físico. In: LIRA, Claudio; ANDRADE, Marília. **Fisiologia do Exercício**. 1ª edição. Barueri, SP. Ed. Manole, 2016. p.181-195.

LIU, Yan; WANG, Yao; NI, Yueqiong; CHEUNG, Cynthia; LAM, Karen; WANG, Yu; ZHENGYUAN, Xia; YE, Dewei; GUO, Jiao; TSE, Michael Andrew; PANAGIOTOU, Gianni; XU, Aimin. Gut microbiome fermentation determines the efficacy of exercise for diabetes prevention. **Cell Metabolism**. v.31, n.1, p.77-91, nov. 2019.

METCHNIKOFF, Elie. Études sur la flore intestinale. **Annales de L'Institut Pasteur de Paris**, v.22, n.12, p. 929-955, dez. 1908.

MORTON, Robert., MURPHY, Kevin, McKELLAR, Sean, SCHOENFELD, Brad, HENSELMANS, Menno, HELMS, Eric, ARAGON, Alan, DEVRIES, Michaela, BANFIELD, Laura, KRIEGER, James, & PHILLIPS, Stuart. A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. **British Journal of Sports Medicine**, v.52, n.6, p.376–384, mar. 2018.

MOUNTJOY, Margo; JUNGE, Astrid; BENJAMEN, Sarah; BOYD, Kevin; DIOP, Mohamed; GERRARD, David; HOOGENBAND, Cees-Rein; MARKS, Saul; MARTINEZ-RUIZ, Enrique; MILLER, Jim; NANOUSIS, Kyriakos; SHAHPAR, Farhad; VELOSO, Jose; MECHELEN, William; VERHAGEN, Evert. Competing with injuries: injuries prior to and during the 15th FINA World Championships 2013 (aquatics) **British Journal of Sports Medicine**, v. 49, n.1, p.37-43, 2015

OMS. Organização Mundial da Saúde. **Global recommendations on physical activity for health**. Geneva: World Health Organization, 2010. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK305057/>>. Acesso em: 13/abr/2020

PETERSEN, L.M.; BAUTISTA, E.J.; NGUYEN, H.; HANSON, B.M.; CHEN, L.; LEK, S.H.; SODERGREN, E.; WEINSTOCK, G.M. Community characteristics of the gut microbiomes of competitive cyclists. **Microbiome**. v.10(5), n.1, p.98. ago. 2017.

PUTIGNANI, Lorenza; DEL CHIERICO, Federica; PETRUCCA, Andrea; VERNOCCHI, Pamela; DALLAPICCOLA, Bruno. The human gut microbiota: a dynamic interplay with the host from birth to senescence settled during childhood. **Pediatric Research**, v.76, p.2-10, jul. 2014.

PYNE, David; WEST, Nicholas; COX, Amanda; CRIPPS, Allan. Probiotics supplementation for athletes - Clinical and physiological effects. **European Journal of Sport Science**. v.15, n.1, p.63-72, jan. 2015.

RUEDL, Gerhard; SCHOBERSBERGER, Wolfgang; POCECCO, Elena; BLANK, Cornelia; ENGBRETSEN, Lars; SOLIGARD, Torbjørn; STEFFEN, Kathrin; KOPP, Martin; BURTSCHER, Martin. Sport injuries and illnesses during the first Winter Youth Olympic Games 2012 in Innsbruck, Austria. **British Journal of Sports Medicine**. v.46, n.15, p.1030-1037, nov. 2012.

SHIDA, Kan. Probióticos imunomodulação e saúde: resultados atuais e perspectivas. *In* FAINTUCH, Joel, **Microbioma, disbiose, probióticos, bacterioterapia**. Barueri SP: Editora Manole Ltda, 2017, p.74-75.

SINGH, R.K., CHANG, H., YAN, D. et al. Influence of diet on the gut microbiome and implications for human health. **Journal of Translational Medicine**, v.15, n.73, p.1-17, abr. 2017.

SIVAMARUTHI, B.S.; SUGANTHY, N.; KESIKA, P.; CHAIYASUT, C. The Role of Microbiome, Dietary Supplements, and Probiotics in Autism Spectrum Disorder. **International Journal of Environmental Research on Public Health**, v.17, n.8, p.26-47, abr. 2020.

SOLIGARD, Torbjørn; STEFFEN, Kathrin; PALMER-GREEN, Debbie; AUBRY, Mark; GRANT, Marie-Elaine; MEEUWISSE, Willem; MOUNTJOY, Margo; BUDGETT, Richard; ENGBRETSEN, Lars. Sports injuries and illnesses in the Sochi 2014 Olympic Winter Games. **British Journal of Sports Medicine**. v.49, n.7, p.441-447, abr. 2015

SONNENBURG, J., BÄCKHED, F. Diet–microbiota interactions as moderators of human metabolism. **Nature**, v.535, p.56–64, jul. 2016.

STRASSER, B.; GEIGER, D.; SCHAUER, M.; GOSTNER, J.M.; GATTERER, H.; BURTSCHER, M.; FUCHS, D. Probiotic Supplements Beneficially Affect Tryptophan-Kynurenine Metabolism and Reduce the Incidence of Upper Respiratory Tract Infections in Trained Athletes: A Randomized, Double-Blinded, Placebo-Controlled Trial. **Nutrients**. v.23, n.11, p.752. nov. 2016.

THOMPSON, Walter R. Worldwide Survey of Fitness Trends for 2020. **ACSM's Health & Fitness Journal**, v.23, n.6, p.10-18, dez. 2019.

TORTORA, Gerard. J., DERRYCKSON, Bryan. **Princípios De Anatomia e Fisiologia**, 14^a Ed. Rio de Janeiro. Editora: Guanabara Koogan, 2016.

URSELL, Luke; HAISER, Henry; VAN TREUREN, Will; GARG, Neha; REDDIVARI, Lavanya; VANAMALA, Jairam; DORRESTEIN, Pieter; TURNBAUGH, Peter; KNIGHT, Rob. The intestinal metabolome: an intersection between microbiota and host. **Gastroenterology**. v.146, n.6, p.1470-1476, mai. 2014.

VOGT, Nicholas; KERBY, Robert; DILL-MCFARLAND, Kimberly; HARDING, Sandra ; MERLUZZI, Andrew; JOHNSON, Sterling; CARLSSON, Cynthia; ASTHANA, Sanjay; ZETTERBERG, Henrik, BLENNOW, Kaj; BENDLIN, Barbara; REY, Federico. Gut microbiome alterations in Alzheimer's disease. **Scientific Reports**; v.7, n.13537, p.1-11, out. 2017.

WALSH, N.P.; GLEESON, M.; SHEPHARD, R.J.; GLEESON, M.; WOODS, J.A.; BISHOP, N.C.; FLESHNER, M.; GREEN, C.; PEDERSEN, B.K.; HOFFMAN-GOETZ, L.; ROGERS, C.J.; NORTHOFF, H.; ABBASI, A.; SIMON, P. Position statement. Part one: Immune function and exercise. **Exercise Immunology Review**. v.17, n.6, p.63, 2011.

WATTERSON, K.R.; HUDSON, B.D.; ULVEN, T.; MILLIGAN, G. Treatment of type 2 diabetes by free fatty acid receptor agonists. **Frontiers in Endocrinology**. v.5, p.137, ago. 2014.

YANG, T.; SANTISTEBAN, M.M.; RODRIGUEZ, V.; LI, E.; AHMARI, N.; CARVAJAL, J.M.; ZADEH, M.; GONG, M.; QI, Y.; ZUBCEVIC, J.; SAHAY, B.; PEPINE, C.J.; RAIZADA, M.K.; MOHAMADZADEH, M. Gut dysbiosis is linked to hypertension. **Hypertension**. v. 65, n.6, p.1331-1340, jun. 2015.