UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE NUTRIÇÃO JOSUÉ DE CASTRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO
DOUTORADO EM CIÊNCIAS NUTRICIONAIS

TAILLAN MARTINS DE OLIVEIRA

AVALIAÇÃO METABÓLICO-NUTRICIONAL DE ATLETAS DE VOLEIBOL: UM CORTE TRANSVERSAL

Rio de Janeiro
2022

TAILLAN MARTINS DE OLIVEIRA

AVALIAÇÃO METABÓLICO-NUTRICIONAL DE ATLETAS DE VOLEIBOL: UM CORTE TRANSVERSAL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição, do Instituto de Nutrição Josué de Castro, no Centro de Ciências da Saúde, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial para o título de Doutor em Ciências Nutricionais.

Orientadora: Profa. Dra. Anna Paola Trindade Rocha Pierucci

Rio de Janeiro
2022

Taillan Martins de Oliveira

AVALIAÇÃO METABÓLICO-NUTRICIONAL DE ATLETAS DE VOLEIBOL: UM CORTE TRANSVERSAL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição, do Instituto de Nutrição Josué de Castro, no Centro de Ciências da Saúde, na Universidade Federal do Rio de Janeiro, para obtenção do título de Doutor em Ciências Nutricionais.

Aprovada em

_____

Profa. Dra. Anna Paola Trindade Rocha Pierucci, INJC/UFRJ.

_____

Profa. Dra. Tatiana El-Bacha Porto, INJC/UFRJ.

_____

Prof. Dr. Maurício Gattaz Bara Filho, FAFIED/UFJF.

_____

Profa. Dra. Ana Paula Canedo Valente, IBQ/UFRJ.

_____

Profa. Dra. Josely Correa Koury, INU/UERJ.

_____

Profa. Dra. Eliane Lopes Rosado, INJC/UFRJ.

Dedico esta tese a meus pais.

AGRADECIMENTOS

Uma tese que passou por uma pandemia modifica a forma como enxergamos a importância das pessoas em nossa vida. Mostra como cada vida importa. Como a empatia e a solidariedade são primordiais para a convivência humana e, acima de tudo, mostra como o sentimento de gratidão deve ser expresso sem economias ou miséria. E assim será com este agradecimento. Primeiramente, quero agradecer a Deus, “O Senhor assentou-se soberano sobre o Dilúvio; o Senhor reina soberano para sempre. O Senhor dá força ao seu povo; o Senhor dá a seu povo a bênção da paz”, você me carregou no colo até aqui, senhor, permitiu que eu alcançasse cada objetivo e cada desejo e a ti toda honra e glória sempre.

Aos meus pais, Jacy e Eloiza, mais do que pais, exemplos de amor e empatia com seus filhos. Vocês deixaram de viver os sonhos de vocês para viver os nossos sonhos. Vocês foram a fortaleza que fizeram esses sonhos se tornarem realidade. Vocês garantiram que essa conquista seja mais uma vitória para nossa família. Família essa também composta por minhas irmãs Thaynara e Ludmila, aquelas em que muitas vezes o amor pode se apresentar no formato de discordância, mas que nunca deixa de representar a união e a realização em cada passo que dei até aqui. Vocês estavam comigo e ao meu lado para que caso precisasse estivessem presentes.

Ao meu cunhado Wellington, o agregado, que se agregou por querer e por amor e sempre fará parte da nossa família, o meu muito obrigado por cada conversa, por cada risada e por cada churrasco que tornaram essa caminhada mais leve, mais feliz ou mais saborosa. E dessa família não tem como não falar das pessoas que me mostraram o amor que pode transcender a alma, que faz meu coração pulsar, que me transforma todos os dias em uma pessoa melhor, essas são Valentina e Sophia. A vocês mais do que minha gratidão por cada sorriso, cada beijo, cada pedido de benção que me fizeram olhar para a frente e ter por que seguir e por quem seguir.

Meus padrinhos Ivanir e Jorgelaine. Ele, pelo exemplo de comprometimento e por ter me ajudado na escrita do projeto que baseou esta tese. Ela, pelo carinho que sempre senti em suas palavras, por sempre se preocupar e procurar mandar mensagens. A senhora também é parte dessa conquista. Aos meus avós, in memoriam, principalmente minha avô Edith, que deus me permitiu ter a honra de conviver, pelo exemplo e por terem feito o alicerce dessa família que permitiu que esse momento chegasse.

Quanto aos amigos, o primeiro que leu o projeto foi meu eterno parceiro Christian. Cada conversa, cada momento e me sentir parte da sua família foram fundamentais para que eu pudesse estar aqui hoje, você será sempre meu parceiro. Paula Franca, te agradeço pelo exemplo de mãe e mulher batalhadora que você é, cada dia que conversávamos você me

incentivava a seguir, com a sua garra. Foram sete anos juntos, de conversas, trocas, discordância, comidas e de alguma, somente algumas cervejas.... Cada momento desses, minha amiga, me ajudou a chegar até aqui.

Ao Gabriel lawall, um irmão que a vida me deu, sempre à disposição para uma conversa e uma cerveja gelada, sempre me estendendo a mão e o ouvido para minhas necessidades. Cara, eu tenho orgulho de poder te chamar de irmão e você me ajudou em cada passo até aqui. Ao meu amigo Fernando, de cada conversa de carnaval que me tirava do estresse para pensar em descanso. Ele e sua família, que sempre me receberam com muito amor e carinho, tudo que necessitamos quando estamos aflitos e precisamos seguir em frente. Obrigado, por tudo! À minha comadre Camila Francisquini, você me ensinou muito nesses treze anos de amizade, você esteve ao meu lado em cada projeto, em cada sonho e na concretização desse objetivo final que foi esta tese de doutorado.

Aos meus compadres Amanda e Wanderson, vocês me colocaram dentro da família de vocês, foram responsáveis por muitas risadas, estiveram comigo em muitas alegrias, vocês moram dentro do meu coração por cada momento que tornaram leves nessa caminhada tão pesada que é um doutorado. Ao João Victor, meu parceiro, você me deu moral e força para escrever esta tese. Me ajudava com as risadas e a ouvir muito samba e tomar somente algumas cervejas para comemorar cada pequeno passo.

Mas esta tese nasce em cada escrita e em cada ensinamento que minha orientadora Anna Paola Trindade Rocha Pierucci teve a gentileza de trocar comigo. Ela teve a coragem de aceitar e bancar por sete anos os projetos e objetivos que maquinei tentando a cada dia ser um pesquisador melhor. Obrigado Anna, pela persistência e por estar aqui me ajudando.

Ao meu eterno LabDAFEE, como fui feliz, triste, esperançoso, mais acima de tudo o quanto aprendi nesse local. Cada dia nesse laboratório foi um dia que saí melhor ou aprendendo mais sobre alguma coisa. A todos os amigos que fiz por lá, o meu muito obrigado por me ajudarem a chegar até aqui. À amiga Paola Maia, que fiz no laboratório e levo para a vida, que me ensinou muito de ciência e muito de pós-graduação, assim como me fez poder construir o pesquisador que pode chegar até aqui. Ao parceiro de trabalho Luiz Lannes, que me ajudou muito com a análise de metabolômica. Obrigado Luiz, pela ajuda e conselhos.

Não consigo escrever indiferente ao mestre Victor Zaban; cara você me ensinou muito a como ser cada dia um pesquisador, professor e orientador melhor. A importância de explicar a cada aluno da melhor maneira possível. Meus amigos Victor Paulo, Jaqueline Curtes, dos quais peguei no pé e fiquei em cima e me ajudaram em muitos momentos desta tese. Cada ajuda de vocês foi primordial para que eu chegasse até aqui. A Christine Zago, o que falar

de você, desde congresso juntos, artigos juntos, saídas juntas e fazer parte da sua família linda que admiro, você me deu forças para chegar até aqui. A Thalita Rodrigues, que foi minha IC durante a maior parte do doutorado, caraca, você foi uma das melhores surpresas que tive, pois me ajudou muito e em tudo. Você é como sempre brinco: a braba mesmo, obrigado por toda ajuda.

Ao centro de metabolomica na figura da professora Ana Paula Valente, por mais do que abrir as portas e permitir as análises de metabolomica, por cada auxílio na figura primeiramente da Camila, que teve uma paciência fenomenal comigo, me ensinando cada passo e supervisionando cada momento e, posteriormente, com a professora Ana Paula e o Lucas, tirando minhas dúvidas e com muito didática me ensinando muito sobre esses dados e esse desafio que foi aprender a técnica. Obrigado por se disporem a ajudar, isso vale muito e sempre estará gravado no meu coração, pois me ajudou nessa conquista.

Agradecimento mais do que especial a Thatiane Jéssica, quando eu achei que não iria conseguir você foi a mão salvadora. Mão não, foi a mão, o ouvido e o canal por onde recebi conselhos que me deram o gás necessário para alcançar essa vitória. Cara, você é luz minha amiga e iluminou para que eu pudesse alcançar esse objetivo quando tudo parecia escuro e bagunçado. A você, sempre o meu muito obrigado

Se eu falo de gratidão preciso ser justo e agradecer a você que passou em minha vida e foi importante nessa caminhada, me deu apoio, me ajudou, me emprestou seu computador para minhas análises e foi uma companheira nessa caminhada, gratidão por tudo que fez por mim nesse tempo e permitiu que eu chegasse até aqui. Assim como, principalmente, a sua mãe, que foi uma pessoa marcante em minha vida, me ajudou, brigou por mim e em cada momento sempre foi um incentivo para que eu chegasse ao final desse objetivo.

À banca mais que especial que escolhi, agradeço primeiramente na pessoa do prof. Mauricio Bara, você conheceu um moleque que era estudante de nutrição e queria fazer um projeto, um mestrando que queria fazer o doutorado e um doutorando que queria ajuda na sua tese, e em todos esses momentos você estendeu a mão e me dirigiu uma palavra de incentivo. Você foi primordial para eu chegar até aqui. À prof.ª Eliane Rosado, minha banca da qualificação do mestrado, revisora do mestrado, banca do mestrado, banca da qualificação do doutorado e banca de doutorado, em cada momento desses você só fez crescer em mim o exemplo de profissional e de educadora que a senhora é, e eu quero ser com meus alunos. Me ensinou muito e sempre terá minha gratidão.

Não foi revisora porque no doutorado convidamos a prof.ª Tatiana El Bacha e a senhora foi luz, foi didática e foi empática, eu não tenho palavras para agradecer por ter me ajudado a

fazer tudo acontecer, vou pelo simples, mas como disse na última reunião, às vezes menos é mais: Muito Obrigado!!!!

Aos colegas professores que fiz nessa caminhada de Estácio, Ferlagos e agora UERJ, o meu muito obrigado pelo incentivo em cada conversa e por terem me ajudado na árdua caminhada de professor e doutorando para que eu chegasse até aqui.

“Não importa o quanto você bate, mas, sim, o quanto aguenta apanhar e continuar. O quanto pode suportar e seguir em frente. É assim que se ganha.” Rocky Balboa.

RESUMO

OLIVEIRA, Taillan Martins de. **Avaliação metabólico-nutricional de atletas de voleibol: um corte transversal**. Rio de Janeiro, 2021. Tese (Doutorado em Ciências Nutricionais) – Instituto de Nutrição Josué de Castro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

O voleibol é um esporte com características aeróbicas e anaeróbicas que exige intenso esforço intermitente do praticante. Modificações no comportamento metabólico, bioquímico e corporal ocorrem naturalmente pela prática do exercício, somando-se a isso uma sobrecarga psicológica. O estudo dessas alterações metabólico-nutricionais e o estado emocional dos atletas são necessários para uma melhor compreensão e diagnóstico da saúde do atleta e seu desempenho físico, visando a um ótimo planejamento nutricional e de treinamento. O objetivo deste estudo foi investigar a interação entre ingestão alimentar, grau de motivação e estado de humor, composição corporal, bioquímico e metabólico em atletas de voleibol de ambos os sexos. Trata-se de um estudo observacional ~~e~~ transversal com a avaliação da composição corporal, ingestão alimentar, estado de motivação e perfil de humor. Além da comparação de indicadores bioquímicos nos momentos imediatamente antes e após a prática de exercício. Foram avaliados quinze atletas do sexo feminino com média de idade de 28 anos (± 4,44), peso 74,74 kg (±7,09), altura 1,80 m (±0,05), IMC 24,15 kg/m² (±2,23), massa gorda 21,24 kg (±8,60), massa magra 49,99 kg (±4,80). As atletas de voleibol profissional não apresentaram alterações na ingestão alimentar e perfil bioquímico antes e após esforço físico. Na análise de variação dos metabolitos houve diminuição significativa de aminoácidos e compostos lipídicos no momento pós-exercício, assim como aumento de glutamato e LDL/VLDL. No estudo com treze atletas do sexo masculino, eles apresentaram como média de idade 21 anos (±3,54), altura 202 (±3,74 cm), peso 87,21 (±2,86 kg), massa gorda 18,41 (±3,26 kg). Não foi encontrada diferença significativa nas concentrações das variáveis bioquímicas analisadas ($p>0,05$). Quanto aos metabolitos, encontrou-se variação negativa de aminoácidos essenciais. Não houve associação entre os metabolitos e a ingestão alimentar. Para avaliação, a interação entre motivação e perfil de humor com a ingestão alimentar, os treze atletas do masculino foram alocados em grupos de motivação: menos motivados e mais motivados. E foi encontrado que os atletas menos motivados apresentaram maior sensação de fadiga do que os mais motivados ($p=0,04$). A ingestão energética e o balanço energético do grupo menos motivado foram maiores do que o grupo mais motivado.

Palavras-chave: voleibol, metabolômica, aminoácidos, perfil de humor, motivação, alimentação, exercício.

ABSTRACT

Oliveira, Taillan Martins de. **Avaliação metabólico-nutricional de atletas de voleibol: um corte transversal na pré-temporada**. Rio de Janeiro, 2021. Tese (Doutorado em Ciências Nutricionais) – Instituto de Nutrição Josué de Castro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

Volleyball is a sport with aerobic and anaerobic characteristics that require intense intermittent effort from the practitioner. Changes in metabolic, biochemical, and body behavior occur naturally through the practice of exercise, adding to this psychological overload. The study of these metabolic-nutritional alterations and the emotional state of athletes is necessary for a better understanding and diagnosis of the athlete's health and physical performance, aiming at optimal nutritional and training planning. This study aimed to investigate the interaction between food intake, degree of motivation and mood, body composition, and biochemical and metabolic in volleyball athletes of both sexes. This is an observational and cross-sectional study with the assessment of body composition, food intake, state of motivation, and mood profile. In addition to the comparison of biochemical indicators in the moments immediately before and after the practice of exercise. Fifteen female athletes with a mean age of 28 years (± 4.44), a weight of 74.74 kg (± 7.09), a height of 1.80 m (± 0.05), and a BMI of 24.15 kg were evaluated. /m² (±2.23), fat mass 21.24 kg (±8.60), lean mass 49.99 kg (±4.80). The professional volleyball athletes did not show changes in food intake and biochemical profile before and after physical exertion. In the analysis of metabolites variation, there was a significant decrease in amino acids and lipid compounds in the post-exercise moment, as well as an increase in glutamate and LDL/VLDL. In the study with thirteen male athletes, they had an average age of 21 years (±3.54), a height of 202 (±3.74 cm), a weight of 87.21 (±2.86 kg), a fat mass of 18, 41 (±3.26 kg). No significant difference was found in the concentrations of the analyzed biochemical variables ($p>0.05$). As for the metabolites, a negative variation of essential amino acids was found. There was no association between metabolites and dietary intake. To evaluate the interaction between motivation and mood profile with food intake, the thirteen male athletes were allocated into motivation groups: less motivated and more motivated. And it was found that the less motivated athletes had a greater sense of fatigue than the more motivated ones ($p=0.04$). The energy intake and energy balance of the less motivated group were higher than the more motivated group.

Key words: volleyball, metabolomics, amino acids, mood profile, motivation, nutrition, exercise.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Desenho experimental das análises realizadas 39

Figura 2 Modelo de PCA comparando os atletas nos momentos antes e depois do exercício 46

Figura 1 Desenho das análises realizadas 62

Figura 2 Modelo de PCA comparando os atletas nos momentos antes e depois do jogo de voleibol. 70

Figura 3 Análise de Empirical Bayes Analysis of a Microarray da variação dos metabólitos do estudo. False Discovery rate (FDR) 72

Figure 1 Comparison of data referring to the POMS according to the motivation groups of professional volleyball athletes (n=12). Total Mood Disturbance (TMD). 86

Figure 2 Energy intake and energy balance of athletes according to the motivation groups of professional volleyball athletes (n=12) *p valor<0,05 Mann Withiney test 87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Dados antropométricos e de composição corporal das atletas de voleibol feminino (n=15)	43
Tabela 2 Concentrações séricas dos marcadores bioquímicos analisados no estudo das atletas de voleibol profissional (n=15)	44
Tabela 3 Ingestão alimentar das atletas de voleibol (n=15)	45
Tabela 4 Metabolitos, posição do espectro e média e delta de intensidade nos momentos pré e pós ACR de jogadoras de voleibol (n=15)	47
Tabela 1 Dados antropométricos e de composição corporal das atletas de voleibol masculino (n=13)	66
Tabela 2 Concentrações séricas dos marcadores bioquímicos analisados no estudo das atletas de voleibol profissional (n=13), de acordo com a titularidade no time	68
Tabela 3 Ingestão de macronutrientes dos atletas de voleibol masculino (n=13)	68
Tabela 4 Ingestão de micronutrientes dos atletas de voleibol masculino (n=13)	69
Tabela 5 Metabolitos, posição do espectro e média e delta de intensidade nos momentos pré e pós jogo de voleibol masculino (n=13)	71
Table 1 Anthropometric characteristics and energy expenditure of male professional volleyball athletes according to the state of motivation groups (n=12)	85
Table 2 Macronutrient intake according to the motivation groups of professional volleyball athletes (n=12)	86

LISTA DE SIGLAS

RMN	Ressonância magnética nuclear
ADA	*American dietetic association*
ACR	aptidão cardiorrespiratória ()
RDA	*Recommended dietary allowance*
AI	Ingestão adequada
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
DXA	*Dual energy X-ray absorptiometry*
Kg	Quilograma
SMS	*Sport motivation scale*
MI	Motivação intrínseca
ME	Motivação extrínseca
POMs	*Profile of Mood States*
r24h	Recordatório de 24 horas
USDA	*United States Department of Agriculture*
Ear	*Estimated energy requirement*
Ul	*Tolerable upper intake level*
$VO_{2\ máximo}$	Consumo máximo de oxigênio
Ldl	*Low density lipoproteins*
Hdl	*High density lipoproteins*
PCA	*Principal component analysis*
Ebam	*Empirical Bayes Analysis of a Microarray*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 19
2. REVISÃO DA LITERATURA 22
2.2. ALTERAÇÕES EM METABÓLITOS COM A PRÁTICA DE EXERCÍCIO 23
2.3. ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO DE ATLETAS 27
2.4. MOTIVAÇÃO, ESTADO DE HUMOR, SENSAÇÃO DE FADIGA E ALIMENTAÇÃO 29
3. JUSTIFICATIVA 35
4. OBJETIVOS 36
4.1. OBJETIVO GERAL 36
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 36
CAPÍTULO 1: VARIAÇÃO DE METABÓLITOS ANTES E DEPOIS DE TESTE DE APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA DE ATLETAS DE VOLEIBOL PROFISSIONAL FEMININO 38
1. INTRODUÇÃO 39
2. MATERIAIS E MÉTODOS 41
2.1. DESENHO DO ESTUDO E POPULAÇÃO-ALVO 41
2.2. COMPOSIÇÃO CORPORAL 42
2.3. INGESTÃO ALIMENTAR E DE SUPLEMENTOS E ROTINA DE TREINAMENTO FÍSICO 43
2.4. AVALIAÇÕES CARDIORRESPIRATÓRIAS 44
2.5. COLETA DE SANGUE 44
2.6. ANÁLISES BIOQUÍMICAS 44
2.7. ANÁLISE POR ABORDAGEM METABOLÔMICA DAS AMOSTRAS DE SANGUE 45
2.8. ANÁLISES ESTATÍSTICAS 45
3. RESULTADOS 46
4. DISCUSSÃO 50
5. CONCLUSÃO 55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 57
CAPÍTULO 2: METABOLÔMICA PRÉ E PÓS-JOGO DE ATLETAS DE VOLEIBOL PROFISSIONAL MASCULINO 62
1. INTRODUÇÃO 64
2. MATERIAIS E MÉTODOS 65
2.1. DESENHO DO ESTUDO E POPULAÇÃO-ALVO 65
2.2. COMPOSIÇÃO CORPORAL 66
2.3. INGESTÃO ALIMENTAR E DE SUPLEMENTOS E ROTINA DE TREINAMENTO FÍSICO 66

2.4. ESFORÇO EM PARTIDA 67
2.5. COLETA DE SANGUE 67
2.6. ANÁLISES BIOQUÍMICAS 68
2.7. ANÁLISE POR ABORDAGEM METABOLÔMICA DAS AMOSTRAS DE SANGUE 68
2.8. ANÁLISES ESTATÍSTICAS 68
3. RESULTADOS 69
4. DISCUSSÃO 76
5. CONCLUSÃO 80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 80
CAPÍTULO 3: DIFERENÇA NA MOTIVAÇÃO E ASSOCIAÇÃO COM ESTADO DE HUMOR E INGESTÃO ALIMENTAR DE ATLETAS DE VOLEIBOL MASCULINO 83
HIGHLIGHTS 84
ABSTRACT 84
INTRODUCTION 85
MATERIALS AND METHODS 86
Anthropometry 86
Resting Metabolic rate, energy expenditure during the exercise, and total energy expenditure 87
Motivation Scale for sport 87
Food intake and energy balance 87
Statistical analysis 88
RESULTS 88
Characteristics of athletes 88
Motivation and humor aspects 89
Energy and Nutrient intake 90
DISCUSSION 91
CONCLUSION 93
Acknowledgements 93
Declaration of Interest 93
REFERENCES 94
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 98
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 100
APÊNDICE 1 108
APÊNDICE 2 111
APÊNDICE 3 115

APRESENTAÇÃO

A presente proposta visa observar as modificações (adaptações) laboratoriais, metabólicas, de composição corporal e de humor em atletas de voleibol após período de pré-temporada. Em razão das cidades serem de diferentes estados, acerto de calendários com as equipes e oportunidade de utilização dos laboratórios, foi necessário realizar dois procedimentos metodológicos diferentes na coleta de dados antropométricos e de esforço físico, porém, as variáveis bioquímicas foram as mesmas avaliadas em ambos os casos.

A primeira parte da tese traz a investigação de atletas de voleibol feminino. As análises foram realizadas em dois dias por haver incompatibilidade dos protocolos de preparo para os exames, sendo na primeira realizada a avaliação da composição corporal por *dual energy X-ray absorptiometry* (DXA), e na segunda, o teste de aptidão cardiorrespiratória. A segunda e terceira parte da tese compreendem a investigação de atletas de voleibol masculino, realizada em um único dia, incluindo a composição corporal por meio de bioimpedância, o desempenho físico durante um jogo oficial e avaliação da motivação e perfil de humor por meio de formulários específicos. O consumo alimentar por meio de recordatório de 24 horas e a coleta de amostras de sangue para análises de indicadores bioquímicos e metabolômica não alvo foram realizados nos dois grupos de atletas avaliados.

A forma de apresentação da tese teve como objetivo dar foco em três propostas de publicações. Duas com enfoque nos dados oriundos da abordagem metabolômica por Ressonância Magnética Nuclear de amostras de soro de atletas antes e depois de esforço. E a outra proposta de publicação estabelece uma relação entre o estado de humor e o consumo alimentar e a influência da motivação. As propostas de publicação estão estruturadas nos tópicos: introdução, materiais e métodos, resultados, discussão, conclusão e referências bibliográficas, no formato proposto pelas revistas-alvo.

.

1. INTRODUÇÃO

A OMS define atividade física como sendo qualquer movimento corporal produzido pelos músculos esqueléticos que requeira gasto de energia – incluindo atividades físicas praticadas durante o trabalho, jogos, execução de tarefas domésticas, viagens e atividades de lazer (WHO, 2019). Dentro dos diversos tipos de prática de atividade física, temos o esporte de alto rendimento que compreende todas as atividades esportivas fundamentadas na competição sob regras gerais. Seu propósito fundamental é a busca da superação, do recorde e da vitória (BUENO, 2008).

Os esportes de alto rendimento têm importante adesão em todo o mundo devido à transmissão televisiva e programas governamentais que promovem a prática. No Brasil, a prática de voleibol tem aumentado de forma contínua, sendo este considerado o segundo esporte em preferência nacional. O voleibol é uma modalidade esportiva coletiva caracterizada por mobilizar o metabolismo aeróbico e anaeróbico, com esforço intermitente. Dessa forma, demandam-se necessidades energéticas e metabólicas específicas, que devem ser atendidas de maneira a diminuir os eventuais danos físicos, retardar a fadiga e melhorar a recuperação (RIETJENS *et al*., 2005). Ademais, o voleibol é dividido em diferentes posições durante o jogo, sendo importantes as especificidades dos atletas.

O atleta de alto nível, ou atleta de elite, pode ser classificado, de acordo com a literatura, como o indivíduo que tem o objetivo de melhorar seu desempenho, participando ativamente de competições esportivas a partir de seu vínculo a uma federação esportiva (ARAUJO; SCHARHAG, 2016). O atleta tem sua planilha de treinamento segregada de acordo com as fases da temporada. O período de pré-temporada é caracterizado como a fase de treinamento mais intensa antes das competições, e a planilha de treinamento é planejada para maximizar a força muscular, o que acarreta aumento da demanda energética e modificação da composição corporal, estado de motivação e humor, perfil metabólico, entre outros fatores associados (AOKI *et al*., 2017). Para verificar essa capacidade de esforço, utilizamos a avaliação do desempenho físico do atleta.

A avaliação do desempenho em atletas tem importância, pois auxilia na análise da sua condição, no planejamento sistemático de programas de treinamento para o esporte, o que melhora o condicionamento físico e reduz o risco de lesão (LEHNERT

et al., 2017). Para avaliar o desempenho, a aptidão cardiorrespiratória (ACR) aponta os parâmetros a serem considerados para um programa de treinamento neuromuscular adequado (SIMÕES *et al*., 2009). Ademais, a ACR também permite medir o gasto energético em exercício, que, somado à medida do gasto energético em repouso, representa instrumento essencial do monitoramento nutricional (ADA, 2016). Já a avaliação do desempenho do atleta em jogo competitivo demonstra a realidade do esporte, do esforço e as demandas do atleta. A avaliação do desempenho em campo a partir do ACR permite que se possa verificar a diferença do comportamento do metabolismo energético, assim como são dois ambientes diferentes permitindo verificar a diferença de possíveis comportamentos de acordo com o tipo de teste. A avaliação do desempenho do atleta vai possibilitar identificar o gasto energético de atletas e metabolitos utilizados no momento do exercício, sofrendo ambos as oscilações diárias e influência da fase de treinamento (SILVA *et al.*, 2017).

Assim, o estado metabólico após um episódio de esforço ao final da pré-temporada pode auxiliar na identificação de metabolitos que sofreram ações, podendo elas serem benéficas ou que devem ser melhoradas ao longo da temporada (AOKI *et al*., 2017). Para aferir o comportamento desses metabolitos, podemos utilizar a abordagem metabolômica não alvo, onde é possível identificar inúmeros metabólitos derivados de carboidratos, lipídeos e proteínas, intermediários do metabolismo energético, compostos heterocíclicos, entre outros (GOWDA, GOWDA, RAFTERI, 2014). A ressonância magnética nuclear (RMN) é uma das técnicas aplicadas em abordagens metabolômicas não alvo, sendo altamente reprodutível, além de permitir identificar alterações no metabolismo em decorrência da prática de desporto ou do acúmulo de esforço de uma temporada de treinamento (CARNEIRO *et al*., 2019). Uma recente revisão da literatura analisou estudos de diferentes modalidades esportivas que realizaram análises metabolômicas após uma sessão de exercícios e verificou que é possível quantificar e identificar metabólitos diferentes de acordo com o tipo de esforço praticado, porém, essa revisão não contou com atletas de voleibol e nem com a simulação de um jogo deste esporte (SCHRANNER *et al.*, 2020).

A partir das demandas metabólicas podemos identificar como planejar a ingestão alimentar, que deve ser de acordo com as necessidades do atleta. O estabelecimento de estratégias nutricionais adequadas garante o aporte de macro e micronutrientes necessários para o desempenho (ADA, 2016). Woodruff e Meloche

(2013) demonstraram que atletas de diferentes modalidades não apresentam ingestão energética suficiente durante todas as fases da temporada e, consequentemente, as necessidades energéticas precisam ser ajustadas. A ingestão de carboidratos é normalmente reduzida, enquanto proteínas e gorduras aumentados, além de serem observadas inadequações na ingestão de micronutrientes (MIELGO-AYUSO *et al.*, 2015; NEPOCATYCH, 2017). As adaptações nutricionais quanto às necessidades de macro e micronutrientes dos atletas devem respeitar as especificidades da modalidade esportiva, no caso o voleibol, pois somente sendo adequadas poderão se mostrar eficazes para auxiliar na manutenção da composição corporal, manter as reservas lipídicas e glicídicas e evitar distúrbios menstruais, hormonais e ósseos. Além disso, podem aumentar o risco de fadiga e lesões no esporte (ADA, 2016; KISHALI *et al*., 2006; NTAI *et al*., 2017; PONS *et al*., 2018SESBRENO et al., 2021; WILLIAMS; ROLLO, 2015; WODARSKA, 2013). Porém, é relatado que a ingestão alimentar pode sofrer interação com fatores emocionais, como motivação e perfil do humor do atleta (BRANDT; BEVILACQUA; ANDRADE, 2017; BUVANENDIRAN; VIRUPAKSHA, 2018; HASSAN *et al*. 2019, MOSQUEDA *et al*., 2019RIETJENS *et al.*, 2005).

A motivação para o esporte está diretamente ligada à capacidade do atleta em desenvolver suas competências físicas, técnicas e táticas (PELLETIER *et al*., 1995). O perfil e o estado de humor em que o atleta se encontra em cada momento da temporada têm impacto na sua capacidade de decisão e seus resultados (BEEDIE, TERRY, LANE, 2000). As modificações do exercício, alimentação e condições física e psicológica dos atletas refletem em indicadores metabólicos, inflamatórios e danos musculares (SOUGLIS *et al*., 2015).

Neste contexto, nutrientes, composição corporal, performance, marcadores bioquímicos e estado metabólico e hormonal humano agem de forma sinérgica e a interpretação de suas alterações pode ocorrer com a identificação de genes, proteínas e metabólitos para o desempenho esportivo. Ao considerar a complexidade em se estabelecer as condições ideais que um atleta deve apresentar ao final de uma pré-temporada, o objetivo deste estudo foi avaliar o estado metabólico-nutricional e estado motivacional de atletas de voleibol em resposta a diferentes protocolos de exercício no final da pré-temporada. Assim como, investigar as interações entre ingestão alimentar, grau de motivação e sua influência no estado de humor, perfil antropométrico, bioquímico e metabólico.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. VOLEIBOL: HISTÓRIA, CARACTERÍSTICA E TREINAMENTO

O voleibol foi inicialmente chamado de minonette, com relatos de início de sua prática nos Estados Unidos, em 1895. A proposta inicial do desporto foi aumentar o acesso para a prática esportiva, com a inclusão de um esporte em que não havia contato físico. No Brasil, o voleibol tem seus primeiros relatos de prática no início da década de 1910. Porém, a popularização do esporte se deu em razão da criação da Confederação Brasileira de Voleibol (CBV) na década de 50 (VALPORTO, 2007).

Os resultados esportivos obtidos a partir da década de 1980 levaram às transmissões televisivas das partidas que fizeram com que o esporte ganhasse notoriedade nacional (JÚNIOR, 2005). Atualmente, o voleibol brasileiro é o principal esporte coletivo nacional em termos de resultados desportivos em nível mundial (VALPORTO, 2007).

O esporte passou por modificações importantes nas suas regras, que ocasionaram mudanças no perfil de esforço físico realizado durante a partida. A duração das partidas com a primeira mudança em 1988, onde se iniciou a disputa em melhor de cinco sets em sistema de *rally-point System*, com a manutenção da obtenção da vantagem, regra que determinava que a equipe na primeira ação ponto tivesse o mesmo convertido em vantagem e somente na segunda ação obrigatoriamente subsequente era obtida a pontuação numérica. Ainda, a pontuação de cada *set* ficou limitada a um máximo de 17 pontos com a diferença de 1 ponto entre as equipes (NETO, 2004).

Posteriormente, em 1992, esse máximo foi abolido com a edição nos termos de que para vencer o set a partir do décimo quinto ponto a equipe deveria obter dois pontos de diferença para a outra. Em 1998, foi encerrado o sistema de obtenção da vantagem, sendo a nova regra pontuação numérica direta, e o alcance de 25 pontos nos quatro primeiros sets e 15 pontos no tie-break, com a manutenção da necessidade de dois pontos de diferença. Como resultado, houve a diminuição da duração média das partidas e aumento da dinâmica de progressão da pontuação (NETO, 2004).

Cabe observar que em 1996 foi permitida a recuperação da bola caso ela fosse para a quadra adversária, fora da delimitação do espaço aéreo, permitindo a recuperação e levando a um maior deslocamento (NETO, 2004). Houve aumento progressivo da altura da rede, do comprimento e da largura da quadra, assim como

adaptações na bola de vôlei, ficando mais pesada e lenta com o passar dos anos (FIVB, 2020).

Mediante a esse cenário atual, o voleibol tem como característica várias sequências de estímulos curtos e de alta intensidade, como saltos de bloqueio seguidos de momentos menos intensos e pausas como no fim de um *rally* – troca de bolas demoradas entre as equipes até o momento do ponto – até o início do próximo saque, possibilitando, assim, a parcial recuperação do atleta. A principal via metabólica mobilizada durante um jogo é a anaeróbica alática (FOSTER *et al*., 1996).

A preparação para a supressão dessas demandas é realizar a periodização das cargas de treinamento por planejamento de temporada. A pré-temporada do voleibol é um período em que é priorizado o preparo físico e muscular para as implicações que o esporte terá durante a temporada (DEBIEN *et al*., 2018; HORTA *et al*., 2020; TOLEDO *et al*., 2020). A carga de treinamento é aumentada, porém, não a ponto de levar a modificações metabólicas que refletem danos teciduais, indicando que a carga é controlada de maneira a não prejudicar a capacidade física do atleta (HORTA *et al*., 2019).

Após essa fase, durante a temporada, as principais magnitudes de treinamento serão de atividades com vistas à condição técnica e tática do desportista (TOLEDO *et al*., 2020). Essa característica é explicada pelo controle de cargas e periodização do treinamento preconizado para atletas (ISSURIN, 2010). O controle adequado das cargas garante que o atleta consiga realizar o processo de recuperação física e metabólica, impedindo o aparecimento de fadiga e lesões na temporada (HORTA *et al*., 2020).

Sendo a fase da pré-temporada ou preparatória do voleibol aquela caracterizada pela maior demanda muscular e de preparação da condição física, pode levar a modificações que serão perceptíveis e/ou balizadas para a temporada inteira da equipe. Com isso, investigar nessa fase possíveis variações e modificações de parâmetros como metabólitos nos atletas de voleibol pode auxiliar na compreensão de estratégias que possam ser adaptadas ou estruturadas para o período competitivo.

2.2. ALTERAÇÕES EM METABÓLITOS COM A PRÁTICA DE EXERCÍCIO

O exercício promove uma resposta metabólica complexa em diferentes órgãos e sistemas, o que leva a efeitos agudos e adaptações crônicas (CARNEIRO *et al*.,

2018). Durante a realização da atividade física, há uma alteração na concentração de metabólitos circulantes, na qual o espectro de alterações metabólicas do exercício pode indicar os mecanismos adaptativos durante sua realização (LEWIS *et al*., 2010). O modelo estabelecido relaciona o tempo de atividade física ao tipo de substrato energético utilizado naquele momento. O início da atividade física é mantido pelo metabolismo anaeróbio, com a produção de creatina e liberação de uma adenosina trifosfato (ATP), a partir da reação da creatina fosfato com a creatina quinase. Além disso, temos a contribuição de glicólise anaeróbia. Com a manutenção do esforço, as vias aeróbias tornam-se a principal fonte de energia para o exercício (HARGREAVES; SPRIET, 2020). Esse modelo teórico tem sido revisitado, com protocolos para avaliação de respostas metabólicas ao exercício.

Uma das abordagens de análise dessas alterações metabólicas ocorre pela metabolômica, uma abordagem utilizada para identificar e quantificar compostos de baixo peso molecular presentes em diferentes tecidos, os quais podem ser impactados pelo desporto (CANUTO *et al*., 2018; CARNEIRO *et al*., 2019; HEANEY; DEIGHTON; SUZUKI, 2019). As técnicas analíticas utilizadas na abordagem metabolômica são cromatografia líquida ou gasosa associada à espectrometria de massas e Ressonância magnética nuclear (RMN). A técnica por RMN apresenta como vantagem em face da espectrometria de massas o fato de o procedimento não destruir a amostra, possibilidade de reanálise, além de ser altamente reprodutível, não haver necessidade de vácuo ou fornecimento de gás e conter informações estruturais dos metabólitos que estão disponíveis (CARNEIRO *et al*., 2019).

Estudos têm empregado a metabolômica para investigar modificações ocorridas devido à atividade física, sejam protocolos de avaliação em laboratório ou testes físicos de campo, identificando possíveis diferenças dos metabólitos antes e após o exercício, assim como a partir de estatística multivariada, em particular análise de componentes principais, onde é possível identificar qual grupo de metabólitos teve maior interferência entre o momento pré e pós-atividade física (MONTGOMERY, 2017). Em um estudo com dezesseis atletas remadores, submetidos a um programa de duas semanas de treinamento padronizado para, posteriormente, realizarem testes de campo, os autores encontraram que, apesar de as concentrações séricas não evidenciarem modificação após um ciclo de treinamento, a partir da abordagem metabolômica foi possível observar alterações em vários compostos ligados ao metabolismo de glicose, aminoácidos e lipídicos, a saber, alanina, lactato, -D-

metilglucopiranosídeo, piroglutâmico ácido, cisteína, ácido glutâmico, ácido cítrico, ácidos graxos livres, valina, glutamina, fenilalanina, tirosina (YAN *et al*., 2008). Esses resultados demonstram que a metabolômica pode contribuir sensivelmente ao comportamento de composto presente no sangue em exercício de campo como uma partida de voleibol.

Karl *et al*. (2017) estudaram vinte e cinco soldados do sexo masculino antes e depois de completarem uma marcha de esqui cross-country de quatro dias e 51 quilômetros, caracterizando um treinamento de alta intensidade e por longo tempo. Ainda, observaram e apontaram aumento de metabólitos relacionados ao metabolismo energético e cetogênese. Outro estudo avaliou quatorze homens saudáveis moderadamente treinados que participaram de dois programas de treinamento com duração de 8 semanas e envolviam séries de corridas máximas de 80 m separadas por 10 s ou 1 min de descanso. No estudo em questão, demonstrou-se que esse programa induziu aumento em metilguanidina, citrato, glicose, valina, taurina, N-óxido de trimetilamina, histidinas e acetoacetato/acetona. Em contrapartida, lactato, piruvato, 1Hde N-acetil de glicoproteínas e compostos lipídicos diminuíram suas concentrações (PECHLIVANIS *et al*., 2013). Esses modelos permitem observar que períodos de treinamento intenso como a pré-temporada de voleibol podem auxiliar em modificações metabólicas.

Henderson *et al.* (2007), em um estudo com dez homens e oito mulheres, evidenciaram que metabólitos lipídicos ou ligados ao metabolismo lipídico apresentaram variação após uma sessão de exercícios, principalmente glicerol, ácidos graxos livres e acilcarnitinas. Identificaram também que quanto mais cedo for a coleta do sangue pós-exercício, maior a identificação de aumento na concentração de ácidos graxos no sangue. A análise de um estudo de avaliação de teste de ergo espirometria em esteira e bicicleta com setenta e oito pacientes demonstrou modificação de indicadores plasmáticos de glicogenólise (glicose-6-fosfato), expansão do ciclo de ácido tricarboxílico 2 (succinato, malato e fumarato) e lipólise (glicerol), além de moduladores da sensibilidade à insulina (niacinamida) e oxidação de ácidos graxos (ácido pantotênico) (LEWIS *et al*., 2010). Outro estudo apontou que, em homens, um episódio de exercício foi responsável pelo aumento de lactato, piruvato, alanina e um metabólito não identificado, ressoando em 8,17 ppm. Em contraponto, diminuíram as concentrações de leucina, valina, isoleucina, arginina/ lisina e glicoproteína (PECHLIVANIS *et al*., 2013). Um estudo realizado por BERTON

et al. (2017) envolvendo 10 homens jovens saudáveis, em que foram desempenhadas quatro séries de dez repetições de pressão das pernas (*leg press)* e extensão de joelho, a uma intensidade de 70% da capacidade máxima, encontrou a elevação na concentração sanguínea dos metabólitos 2-hidroxibutirato, 2-oxoisocaproato, 3-hidroxiisobutirato, alanina, hipoxantina, lactato, piruvato e succinato, ao longo dos diferentes momentos de uma análise curso temporal de 60 minutos. Já as concentrações de isoleucina, leucina, lisina, ornitina e valina diminuíram (BERTON *et al*., 2017).

Uma recente revisão da literatura analisou estudos de diferentes modalidades esportivas que realizaram análises com abordagem metabolômica não alvo após uma sessão de exercícios, sendo apontado que é possível quantificar e identificar diferentes metabólitos de acordo com o tipo de esforço praticado. Porém, ácidos graxos e acilcarnitinas tendem a ter padrão de modificação negativa após exercício (SCHRANNER *et al.*, 2020).

Os marcadores do metabolismo da glutationa estão relacionados às condições de estresse oxidativo, pois o interrompimento da síntese deste composto, evidenciado pela ausência de seus metabólitos, teve associação com diminuição na expressão de marcadores de estresse oxidativo (KARL *et al*., 2017). Recente revisão indicou que modificações nas concentrações de aminoácidos podem estar influenciadas pelo tipo de exercício praticado, conforme apontado em uma revisão sistemática conduzida por SCHRANNER *et al*. (2020). Outra possível razão para esses diferentes perfis de modificações deve-se ao fato de os aminoácidos participarem de diversas vias anabólicas e catabólicas, dificultando a distinção entre as demandas energéticas (SCHRANNER *et al*., 2020).

A análise do perfil de metabólitos sanguíneos é uma ferramenta que fornece informações importantes para avaliar a associação dos efeitos de intervenções nutricionais ao metabolismo energético, reações de oxidação de biomoléculas e processos inflamatórios, entre outros (KIM *et al*., 2019). Ademais, quando bem interpretadas, essas informações dão embasamento às equipes técnicas para identificação do nível de esforço físico realizado pelos atletas e seus efeitos no metabolismo, contribuindo para o estabelecimento de abordagens mais precisas na programação de treinamento na busca pela melhoria do desempenho e na prevenção de *overtraining*. (DOS-SANTOS-LIMA et al., 2018). Por outro lado, a partir do comportamento do metabolismo energético é possível identificar as demandas

nutricionais com maior precisão, contribuindo para o estabelecimento de prescrições dietéticas mais assertivas. Porém, não há relatos de estudos com abordagem metabolômica em que tenham sido envolvidos atletas de voleibol, sendo importante a realização de investigações em situações de esforço físico que reflitam o real padrão de exercitação dos atletas, seja por testes de ACR ou em jogos competitivos.

2.3. ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO DE ATLETAS

A importância da alimentação para os atletas está bem documentada no posicionamento da ADA (2016). A ingestão alimentar deve ser individualizada e adequada em quantidade, variedade e distribuição das refeições de acordo com as necessidades energéticas, que variam com a intensidade e duração do exercício. Programas de periodização do treinamento físico apresentam variações nas intensidades dos exercícios, visando propiciar adaptações metabólicas que promovam o ganho de desempenho. O gasto energético é, portanto, variável ao longo do plano de periodização, o que exige que a ingestão alimentar também seja periodizada de forma a manter o balanço energético e a reposição de nutrientes para a manutenção da saúde (HUNTER *et al*., 2017). O aporte nutricional adequado, além de promover a saúde, auxilia na recuperação e reparação de tecidos, bem como no aumento da síntese de proteínas musculares e melhoria dos estados de bem-estar (KERKSICK *et al*., 2017).

De acordo com as recomendações da ADA (2016), a ingestão de carboidratos deve ser compreendida entre 3 e 10 g/Kg de peso corporal por dia, sendo que em atividades extremas e prolongadas a ingestão diária é de até 12 g/Kg. A ingestão de proteínas recomendada é de 1,2 a 2,0 g/Kg de peso corporal por dia. Já os lipídios devem ser ingeridos na faixa de 20 a 35 % do valor energético total ingerido por dia (ADA, 2016). Não existem atualmente recomendações de micronutrientes específicas para atletas, com isso, o que se preconiza é o atendimento do previsto no *Recommended Dietary Allowance* (RDA) ou ingestão adequada (AI) para todos os micronutrientes (IOM, 2011).

O atendimento às recomendações energéticas por atletas vem sendo estudado em diferentes esportes. O estudo de Silva et al. (2017), com cinquenta e sete atletas (handebol, vôlei, basquete, triatlo e natação), avaliados desde o início até a fase competitiva da temporada, verificou que houve aumento da demanda energética e de recuperação com as modificações de composição corporal e fase de treinamento e

que, quando essas necessidades são acompanhadas da manutenção de um balanço energético positivo e manutenção da disponibilidade energética alta, mantém-se a eficiência energética e metabólica, garantindo a manutenção do desempenho.

Quanto à ingestão alimentar de atletas de voleibol, um estudo envolvendo um time de quatorze jogadoras de voleibol feminino da primeira divisão do esporte universitário americano indicou que as atletas apresentavam um consumo de energia insuficiente, indicando risco de baixa disponibilidade energética. Adicionalmente, a ingestão de carboidratos se apresentava abaixo do recomendado, em contraponto à ingestão de lipídeos, que estava acima do recomendado. As proteínas foram consumidas de acordo com a recomendação da ADA (2016) (DANH et al., 2020). Em um outro estudo, vinte e dois atletas de voleibol masculino de quadra apresentaram baixa ingestão energética e de carboidratos, indicando inadequação da sua ingestão alimentar. O consumo de lipídeos dos atletas também foi acima da recomendação, e o consumo proteico próximo ao limítrofe superior da recomendação para o grupo (SESBRENO et al., 2021). Já em estudo recente conduzido por Hoshino et al (2022) envolvendo cento e vinte atletas jovens de voleibol japonesas foi encontrado resultado semelhante com baixa ingestão de carboidrato, alta ingestão de lipídeos e de proteínas dentro da recomendação, com adequada ingestão energética (HOSHINO et al., 2022).

A ingestão energética inadequada pode levar à baixa disponibilidade de energia, afetando a qualidade global da dieta e prejudicando a oferta de micronutrientes em geral (PONS et al., 2018). A baixa qualidade nutricional e a restrição de energia podem afetar o peso corporal total e dos demais compartimentos corporais, comprometendo a massa magra (PONS *et al*., 2018). A restrição energética e a perda das reservas lipídicas e glicídicas levam à diminuição do desempenho, baixa disponibilidade de substratos para produção de energia e distúrbios menstruais, hormonais e ósseos. Além disso, podem aumentar o risco de fadiga e lesões no esporte (ADA, 2016; SESBRENO et al., 2021; WILLIAMS; ROLLO, 2015).

A alimentação de atletas pode ser influenciada por diversos fatores inerentes à prática esportiva e comportamental. Em um estudo realizado durante jogos olímpicos universitários com 385 atletas oriundos de sessenta e nove países diferentes e praticantes de vinte e nove modalidades esportivas, foi verificado que o principal determinante para as escolhas alimentares foi a preocupação com o desempenho físico (THURECHT; PELLY, 2020). É importante destacar que o apelo sensorial dos

alimentos, a autoconsciência e o conhecimento acerca de nutrição e saúde foram outros fatores também associados ao comportamento alimentar nos momentos prévios às competições (THURECHT; PELLY, 2020).

O conhecimento sobre alimentação e nutrição tem forte impacto na alimentação e esse conhecimento foi considerado baixo em um estudo com futebolistas (CONDO *et al*., 2019). Atletas de voleibol (n =12) também apresentaram um baixo conhecimento nutricional no estudo de Faccin, Alves e Macedo (2017). Assim como as questões de comportamento estão relacionadas às atitudes nutricionais dos atletas, a sua condição social, econômica e cultural também está diretamente ligada à sua ingestão alimentar (MCGANNON; MCMAHON, 2019).

Porém, os aspectos emocionais também estão relacionados às escolhas alimentares, principalmente entre atletas mais jovens, conforme visto por Thurecht e Pelly (2020). Sendo assim, no acompanhamento de atletas desde sua formação até a elite, é de suma importância observar o quanto os aspectos emocionais e psicológicos podem estar afetando sua alimentação. Corrobora com esta constatação o estudo de Roy, Chatterjee e Dey (2019), onde trinta e oito jovens atletas do sexo feminino, pareadas pelo IMC, distribuídas entre grupos de modalidades estéticas, de resistência, de força, comparadas a um grupo controle saudável, apresentaram que quanto maior o nível de estresse, alterações de humor ou sensação de insatisfação corporal, mais afetado poderá ser o comportamento alimentar. Assim, fatores emocionais como o estado de humor, a motivação e a sensação de fadiga são importantes aspectos a serem considerados para uma ampla visão sobre a alimentação e desempenho de atletas.

2.4. MOTIVAÇÃO, ESTADO DE HUMOR, SENSAÇÃO DE FADIGA E ALIMENTAÇÃO

O início da temporada competitiva se caracteriza como a fase de geração de expectativas e do planejamento para todo o período competitivo em todas as modalidades esportivas (TOLEDO *et al*., 2020). O atleta e a comissão técnica estabelecem seus objetivos esportivos e profissionais e, por isso, esta é uma fase de intensa demanda psicológica e emocional. Entre os métodos de avaliação emocional e psicológica, a motivação tem sido descrita como a sensação relacionada ao desenvolvimento esportivo (PELLETIER et al., 1995).

A motivação tem sido relatada na literatura como uma variável primordial para o ótimo desempenho (PELLETIER *et al*., 1995). Um estudo com treze jogadores de voleibol, durante a fase competitiva, observou que a motivação está diretamente relacionada aos resultados dos jogos (GUNAWAM, 2019). A motivação se caracteriza como uma variável que pode estar associada tanto a sensações autônomas como externas ao atleta, interferindo na prática e no êxito no exercício (PELLETIER *et al*., 1995).

A motivação promovida pelo ambiente e pelo treinador é capaz de aumentar aquela intrínseca no atleta, elevando sua sensação de aptidão para a prática de atividade física. A motivação intrínseca elevada aumenta, assim, o prazer do atleta com a atividade. Dessa forma, a combinação de ambiente propício e aumento do prazer pessoal para a prática do exercício é fator preponderante para a *performance* (MOSQUEDA *et al*., 2019).

A elevação da motivação global foi tida como a responsável por aumentar de maneira proporcional a capacidade para realização da atividade física no estudo de Hassan *et al*. (2019), com vinte atletas universitários de voleibol, sendo este aspecto positivo para o sucesso no esporte. O estado de humor do atleta tem influência direta sobre suas atitudes com relação aos esportes e à aptidão física. Com isso, o seu perfil está associado tanto com êxitos esportivos quanto com resultados abaixo do esperado (BRANDT; BEVILACQUA; ANDRADE, 2017; BUVANENDIRAN; VIRUPAKSHA, 2018; RIETJENS *et al.*, 2005).

Uma metanálise realizada com objetivo de avaliar o comportamento do perfil de humor em relação a diferentes modalidades encontrou que esportes de curta duração são mais sensíveis ao estado de humor pré-competição, enquanto esportes de longa duração são menos susceptíveis a essas variações. Movimentos de melhora dos indicadores de humor podem auxiliar na vitória, enquanto a piora dos mesmos pode prejudicar no desempenho dos atletas. A diferença entre os esportes de curta e longa duração é explicada por meio da hipótese de que em esportes de longa duração ocorre uma alta variação do humor durante sua realização. Também foi relatado que os esportes que envolvem características de habilidade e refinamento técnico foram os que estiveram mais suscetíveis à possibilidade de que as alterações do humor afetem o desempenho do atleta (BEEDIE; TERRY; LANE, 2000). O voleibol é um esporte de longa duração, porém, com grande uso da habilidade e refinamento

técnico, podendo, desse modo, ser afetado por ambos os aspectos (ROTTA et al., 2014).

O estado de humor não é uma sensação estática e sofre interferência com a passagem de tempo. Quarenta e um estudantes submetidos a um programa de treinamento profissional, com intervalo de seis meses entre as análises, demonstraram alterações entre os momentos de análise, havendo o aumento da sensação de insatisfação com relação ao perfil de humor (BRYANT *et al*., 2019). Isso se aplica também às fases de treinamento de atletas. Dezoito jogadores profissionais de voleibol avaliados ao final da pré-temporada, comparativamente ao final de um campeonato estadual, apresentaram modificações no perfil de humor, com sensação de fadiga aumentada ao final do estudo (AOCKI *et al*., 2017). Um outro estudo com quatorze atletas brasileiros de jiu-jitsu masculino, avaliados quanto ao perfil de humor em quatro momentos de um campeonato estadual, sendo dois na fase pré-competição, um no momento após as pesagens e outro após a competição, demonstrou que na fase de pré-competição houve maior sensação de tensão e vigor, enquanto na fase pós-competição ocorreu aumento significativo de sentimentos como raiva, depressão e confusão mental (Andrade *et al*, 2019).

As modificações no perfil de humor podem ser influenciadas pelas fases da temporada, mas também pelo tipo de esporte e pelo gênero do atleta. Um estudo que fez uma comparação entre vinte e quatro jogadores, sendo doze de voleibol e doze de handebol, verificou que os atletas das duas modalidades de esporte apresentaram perfis de humor diferentes (DURAI; ATHISAYARA, 2018). Já a comparação entre jogadores de voleibol e de futebol, que contou com quarenta sujeitos, sendo vinte praticantes de voleibol e vinte de futebol, apontou perfis de humor semelhantes entre as modalidades (BUVANENDIRAN; VIRUPAKSHA, 2018). A comparação entre homens e mulheres, no estudo de Brandt, Bevilacqua e Andrade (2017), demonstrou que as mulheres apresentaram maior variação na sensação de confusão mental, fadiga e depressão em relação aos homens, e esses tiveram maior sensação de vigor ().

Buvanendiran e Virupaksha (2018), ao analisarem atletas de voleibol, apontaram que esses, quando não apresentavam oscilações de estado de humor, tiveram maior capacidade de vencer o jogo, do que quando apresentavam características negativas. Essas características como raiva, confusão, depressão, fadiga e tensão não auxiliam no processo de treinamento e de esportes. Por outro

lado, a sensação de vigor foi associada a melhores resultados (BRANDT; BEVILACQUA; ANDRADE, 2017). Essa associação com níveis altos de vigor também foi encontrada em atletas de *jiu-jitsu*, além de menor sensação de depressão, raiva, fadiga e confusão, o que também auxiliou no êxito esportivo (ANDRADE *et al*., 2019). Os resultados de uma metanálise corroboram com esses achados, referindo que o aumento da sensação de raiva e tensão contribui para a perda de desempenho (BEEDIE; TERRY; LANE, 2000).

O perfil de estado de humor deve ser observado com relação ao estado global dos atletas. Uma variável que apresenta correlação com o perfil de humor é o estado de sono. Hábitos saudáveis relacionados ao sono e níveis regulares de sono estiveram associados com melhora do desempenho por incidir diretamente no perfil de humor do atleta (CHENNAOUI *et al*., 2015; ANDRADE *et al*., 2016). Avaliação de marcadores bioquímicos e do sono com nove nadadores em sete dias de competição demonstrou que os níveis de cortisol reduzidos diminuem sensações negativas relacionadas ao perfil de humor e auxiliam na aptidão para o exercício (CHENNAOUI *et al*., 2016). O comportamento desses parâmetros pode auxiliar a comissão técnica a orientar a recuperação do estado de humor do atleta visando ao melhor desempenho ou captação de atletas mais preparados mentalmente. A sensação de fadiga é uma variável fortemente associada ao estado de humor (TERRY, LANE, FOGARTY, 2003), portanto, o seu monitoramento pode trazer importante contribuição ao processo de detecção e formação de atletas.

A fadiga, sintoma clínico muito presente no exercício e associado muitas vezes a um simples sinal de cansaço, na verdade, caracteriza-se como uma sinalização sistêmica de diminuição da capacidade motora para a *performance* (WANG *et al*., 2017). Essa sinalização tem relação com expressão neuronal de cansaço, expressão de hormônios que sinalizam para a fadiga, diminuição da capacidade muscular, sensação corporal de cansaço e aumento da concentração de marcadores de lesão muscular como ácido lático, creatina quinase e lactato desidrogenase (WANG *et al*., 2017; GOODALL *et al*., 2015).

A relação entre a sinalização do sistema nervoso e variáveis musculares é descrita na literatura a partir da emissão pelo sistema nervoso de sinal para que o indivíduo diminuía a intensidade do exercício, fazendo com que diminuía a capacidade muscular (AMANN et al., 2009). A concentração sérica de sinalizadores como o ácido lático pode levar à diminuição na sinalização de neurônios para a manutenção do

exercício (YIN, 2020). Porém, isso não significa que a sinalização periférica seja preponderante para o aparecimento do sintoma de fadiga. Uma revisão da literatura aponta que, na interação entre a sinalização periférica e a central, não há dominância de uma sobre a outra, sendo ambas sinérgicas para a diminuição da capacidade do exercício (CARRICKER *et al*., 2017). Tal afirmação é ratificada por um estudo que indicou que a inibição da sensação de fadiga emitida pelo sistema central interage com as contrações musculares, auxiliando na adaptação à presença de marcadores de fadiga muscular (BERETTA-PICCOLI *et al*., 2015).

O esporte, com a busca por monitoramento constante de cargas de treinamento e recuperação, busca o controle da sensação de fadiga, com objetivo de diminuir sua incidência (HORTA *et al*., 2020). Com isso, a capacidade de reduzi-la é um benefício para atletas que serão submetidos a movimentos repetitivos (SEIDEL-MARZI; RAGERT, 2020).

Na literatura é relatado que a recuperação após sessões de treinamento de alta intensidade pode requerer até 72 horas, com a sensação central de fadiga, primeiramente revertida em relação à sensação periférica (CARRICKER *et al*., 2017). A pré-temporada constitui fase de treinamento de alta intensidade na qual, pelo menos, 48 horas podem ser necessárias para o restabelecimento da condição de performance do atleta (THOMAS *et al*., 2018).

Quanto à capacidade de realizar o exercício, ou seja, a capacidade de manter contrações musculares, estudo que analisou vinte e um corredores em exercício de pequena e longa distâncias evidenciou que marcadores de fadiga e a sensação de fadiga não afetaram a rapidez da contração para sessões de treinamento em que houve emprego de esforço submáximo do atleta (BOCCIA et al., 2018).

Já está descrito na literatura que o estado emocional do indivíduo que compõe a motivação, o estado de humor e a sensação de fadiga podem estar associados à modificação no padrão alimentar (THURECHT; PELLY, 2020). Estudo de Roy, Chatterjee, Dey (2019) com atletas de diferentes modalidades descreveu uma associação entre alteração do estado emocional e aumento de consumo de *fast foods*.

Outro ponto a ser destacado é que essas alterações psicológicas e do estado emocional desempenham papel decisivo para o início e manutenção de transtorno de compulsão alimentar, onde o paciente apresenta episódios de ingestão alimentar exacerbada. Além disso, episódios de compulsão também podem estar relacionados a casos de alterações sensíveis, como de humor. Dessa forma, é importante a

fiscalização constante dessa relação entre estado emocional e consumo alimentar e da possibilidade de acometimento de saúde dos atletas (DINGEMANS; DANNER; PARKS, 2017).

Em contraponto, um estudo de metanálise publicado por Chapman e Woodman (2016) verificou que estudos recentes demonstraram que, apesar de os hábitos alimentares estarem associados à percepção da imagem corporal, isso não significou um déficit energético considerável. Em outro estudo avaliou-se a relação entre as atitudes alimentares e a percepção da imagem corporal em atletas de ginástica artística. A percepção da imagem corporal e as atitudes alimentares em relação à influência do peso corporal no desempenho variaram amplamente, com comportamentos adequados e inadequados de origem alimentar, porém, não apresentaram consistência com déficit energético intenso (PINTO *et al*., 2019). Apesar de tais resultados, ressalta-se que pequenos déficits por longo período podem prejudicar a alimentação dos atletas.

É importante observar que, em episódios de recuperação ou modificação das características emocionais ou sensações com relação à imagem corporal, faz-se fundamental o tratamento das condições psicológicas e, posteriormente, a conscientização sobre as práticas alimentares dos atletas, para que possa ocorrer a retomada das condições de saúde (MCGANNON; MCMAHON, 2019.). Para essa conscientização, a atuação de grupos de apoio ao atleta compostos de equipe multidisciplinar é primordial, no entanto, tal ação foi pouco relatada no estudo de Pinto *et al.* (2019), sendo que, apesar de os atletas participantes apresentarem algumas atitudes e crenças em relação à alimentação e percepção da imagem corporal, não contavam com esclarecimento sobre tais aspectos. Cabe ressaltar que essa abordagem deve ser guiada por equipe multidisciplinar (GASTRICH *et al*., 2020; ROY; CHATTERJEE; DEY, 2019), propiciando aos atletas um processo de treinamento mental para lidarem melhor com o estresse, as pressões, o humor e a alimentação (ROY; CHATTERJEE; DEY, 2019).

Essa adoção de hábitos inadequados, apresentados em estudo com dezessete atletas de ginástica rítmica para participantes de competições internacionais, apontou que o comportamento alimentar de risco pode estar associado ao maior índice de massa corporal (IMC), o que pode levar a alterações na composição corporal. Em suma, essas alterações podem não sofrer interferência relacionada à carga e intensidade, às quais está submetido o atleta de alto nível, levando a riscos de

inadequação na composição corporal para o desporto. Destaca-se que a percepção corporal está diretamente ligada à percepção emocional de satisfação com o corpo, levando a interação entre ambas as percepções à modificação da relação com o corpo e à composição corporal, elementos fundamentais para o alcance da performance (PINTO *et al*., 2019).

A relação entre o desempenho esportivo e o comportamento dos metabólitos em atletas de voleibol não está descrita na literatura, assim como a interação entre aspectos emocionais como a motivação, o estado de humor e a ingestão alimentar de atletas de elite de voleibol.

3. JUSTIFICATIVA

Atualmente, o voleibol é o segundo esporte mais praticado no Brasil, e sua importância e quantidade de praticantes vêm crescendo. As características desse desporto permitem que seja um modelo para avaliação de alterações metabólicas por conter exercícios agudos, esforço intermitente e movimentos decisivos, que requerem potência e força. Isso está diretamente ligado a cargas e intensidade de treinamento em que o atleta é submetido.

Na distribuição das fases de treinamento da temporada, a pré-temporada é descrita como sendo o período em que há maior carga de exercícios e frequência, não intercalados com episódios competitivos. Para aferir a capacidade física no voleibol, podemos ter a utilização de condições controladas como teste de laboratório ou monitoramento de deslocamento e ações em jogos ou competições. A avaliação em ambiente controlado permite investigar a resposta metabólica a protocolos com condições de carga, intensidade e tempo pré-determinadas. Enquanto teses em condição de jogo, permite identificar o composto mediante as situações corriqueiras da vida do atleta.

Estudos com objetivo de identificar e analisar metabólitos presentes no material biológico de atletas podem auxiliar na identificação do comportamento desses parâmetros e possíveis implicações no esporte, auxiliando o diagnóstico da condição metabólica e nutricional do indivíduo.

A ingestão de nutrientes é importante recurso ergogênico para a prática de qualquer atividade física e auxilia na capacidade de desempenho do atleta. Além do exercício e da alimentação, aspectos psicológicos como a motivação e o estado de humor do atleta podem estar envolvidos nos resultados obtidos pelo atleta. A

motivação pode modular a atenção e a interação do atleta com o esporte, assim como o estado de humor, que compreende a vontade e a predisposição do praticante com a modalidade.

Neste contexto, nutrientes, emoções, composição corporal, performance, marcadores bioquímicos e estado metabólico e hormonal humano agem de forma sinérgica e a interpretação de suas alterações pode ocorrer com a identificação de genes, proteínas e metabólitos, visando ao conhecimento mais aprofundado e ao estabelecimento de medidas mais eficazes para a promoção do desempenho esportivo. A utilização de tecnologias de excelência na investigação de estado metabólico (metabolômica) e parâmetros laboratoriais (hormônios, enzimas e marcadores imunológicos) constitui importante ferramenta para diagnósticos precisos e melhor mapeamento do estado global do atleta.

Dada a complexidade em se estabelecer as condições ideais que um atleta deve apresentar ao final de uma pré-temporada, o objetivo deste estudo foi avaliar o estado metabólico-nutricional de atletas de voleibol em resposta a diferentes protocolos de exercício no final da pré-temporada. Assim como, investigar as interações entre ingestão alimentar, grau de motivação e sua influência no estado de humor, perfil antropométrico, bioquímico e metabólico.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GERAL

Investigar e comparar o perfil metabólico-nutricional, motivacional e de humor de atletas de voleibol submetidos a diferentes esforços físicos na pré-temporada.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o comportamento dos metabólitos, indicadores bioquímicos sanguíneos e a ingestão alimentar de atletas de voleibol do sexo feminino, sistematicamente descritos no capítulo 1, após teste de aptidão cardiorrespiratória;
- Avaliar a influência da prática de um jogo de voleibol no comportamento dos metabólitos e indicadores bioquímicos e a interação com a ingestão alimentar de atletas profissionais do sexo masculino, sistematicamente descritos no capítulo 2;

- Verificar a relação entre o nível de motivação para o esporte, perfil de humor e ingestão alimentar e balanço energético de atletas de voleibol profissional, sistematicamente descritos no capítulo 3.

CAPÍTULO 1: VARIAÇÃO DE METABÓLITOS ANTES E APÓS UM TESTE DE APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA EM ATLETAS DE VOLEIBOL FEMININO

Revista-alvo: Metabolomics

Fator de impacto: 4,290

Oliveira, T. M.[1]; Penna-Franca P. A.[1]; Ferreira, T. J.; Cahuê, F. L. C.[1]; Bara-Filho, M. G[2]; Valente, A. P.[3]; Pierucci, A. P. T. R.[1] (correspondent author)

[1] Graduate Program in Nutrition, Laboratory of Food Development for Special Health Purpose and Education (DAFEE), Nutrition Institute Josué de Castro (INJC), Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ).

[2] Federal University of Juiz de Fora, Juiz de Fora, Campus Universitário, Rua José Lourenço Kelmer, s/n° - São Pedro, Juiz de Fora, MG 36036-900, Brazil.

[3] Medical Biochemistry Institute, National Center for Nuclear Magnetic Resonance, Universidade Federal Do Rio de Janeiro, 21.941-590, Rio de Janeiro, RJ, Brazil

Resumo

Introdução: O exercício físico promove respostas metabólicas complexas em diferentes órgãos e sistemas que podem indicar mecanismos adaptativos durante sua realização. **Objetivo:** Analisar a ingestão alimentar, composição corporal e comparar o perfil bioquímico e metabólico imediatamente antes e após teste de aptidão cardiorrespiratória (ACR) de mulheres atletas de voleibol. **Metodologia:** Trata-se de um estudo observacional e transversal. Foram avaliadas a ingestão alimentar (R24h) e a composição corporal (DXA). Amostras de plasma e soro foram coletadas antes e após um ACR. Posteriormente, foram analisados marcadores bioquímicos e abordagem metabolômica não direcionada e direcionada baseada em ressonância magnética nuclear (RMN) em combinação com análise estatística multivariada e univariada aplicada para comparar os perfis metabólicos. **Resultados:** Quinze atletas do sexo feminino foram avaliadas com média de idade de 28 anos (± 4,44), peso 74,74 kg (±7,09), altura 1,80 m (±0,05), IMC 24,15 kg/m² (±2,23), massa gorda 21,24 kg (±8,60), massa magra 49,99 kg (±4,80). Não houve diferença estatística significativa entre a ingestão alimentar e os valores bioquímicos nos momentos antes e depois do teste de aptidão respiratória ($p>0,05$). Na análise de variação dos metabólitos encontramos que glutamato e LDL/VLDL variaram de maneira positiva e significativa, enquanto 3-Hidroxibutirato, acetato, acetoacetato e acetona, arginina/lisina, carnitina, citrato, creatina, glicerol, glicina, glutamina, histidina, leucina, metilguanidina, succinato e valina apresentaram variação negativa e significativa entre o pré e pós-ACR. **Conclusão:** As atletas de voleibol profissional não apresentaram alterações na ingestão alimentar, o perfil nutricional, bioquímico, antes e após esforço físico. Além disso, houve diminuição significativa de aminoácidos e compostos lipídicos no momento pós-exercício.

Palavras-chave: Vôlei; Avaliação nutricional; Marcadores bioquímicos; Ressonância magnética nuclear.

1. INTRODUÇÃO

A aptidão cardiorrespiratória (ACR) é a capacidade dos sistemas circulatório e respiratório de fornecer oxigênio às mitocôndrias dos músculos

esqueléticos (Taware, Bhutkar, Surdi, 2013). A avaliação da capacidade aeróbica (VO_2 max) fornece informações sobre o estado de saúde do atleta, auxilia na avaliação dos efeitos do treinamento e tem sido apontada como importante na seleção inicial dos atletas (Ranković et al., 2010). Dessa forma, a avaliação da ACR na pré-temporada competitiva, na qual o atleta recebe intenso estímulo de carga, pode demonstrar características de variação metabólica em atletas de voleibol. Além disso, a aferição da variação metabólica e o desempenho do atleta auxiliam no planejamento sistemático de programas de treinamento para o esporte, no acompanhamento do condicionamento físico e na redução dos riscos de lesões (Lehnert et al, 2017).

O exercício promove uma resposta metabólica complexa em diferentes órgãos e sistemas, o que leva a efeitos agudos e adaptações crônicas, e o espectro de alterações metabólicas do exercício pode indicar os mecanismos adaptativos durante sua realização (Canuto et al, 2018; Carneiro et al, 2019; Heaney; Deighton; Suzuki, 2019; Lewis et al, 2010). Uma recente revisão da literatura analisou estudos de diferentes modalidades esportivas, os quais realizaram análises metabolômicas após uma sessão de exercício e verificaram que é possível quantificar e identificar metabólitos diferentes de acordo com o tipo de esforço praticado. Porém, ácidos graxos e acilcarnitinas tendem a ter padrão de modificação após o exercício (Schranner et al, 2020).

A resposta metabólica está diretamente associada ao metabolismo energético, sendo esse relacionado à ingestão alimentar do indivíduo. Com isso, o estabelecimento de estratégias nutricionais adequadas garante o aporte de macro e micronutrientes necessários para a performance (ADA, 2016). Porém, em atletas, encontram-se resultados que indicam redução no consumo de lipídeos e carboidratos e aumento de proteínas (Faccin; Alves; Macedo, 2017; Mielgo-ayuso et al, 2015; Nepocatych; Balilionis; O'neal, 2017), assim como diminuição progressiva de micronutrientes. Pons *et al* (2018) demonstraram em seu estudo sobre o perfil de ingestão nutricional de jogadores de voleibol que os resultados, ingestão alimentar hiperproteica e hipolipídica, mantiveram o consumo energético adequado, semelhante ao de outros esportes.

A pré-temporada do voleibol é um período de grandes demandas musculares e de condicionamento físico, de modo a realizar o preparo físico e muscular com vistas às implicações que o esporte terá durante a temporada.

Todavia, a carga é controlada de maneira a não prejudicar a capacidade física do atleta (Debien et al., 2018; Horta et al, 2019; Horta et al, 2020; Toledo et al, 2020). O voleibol é um esporte que tem como característica várias sequências de estímulos curtos e de alta intensidade, tendo como principal via metabólica a anaeróbica alática, indicando priorização da utilização de compostos glicídicos e mobilização moderada de lipídios (Foster et al, 1996).

Fatores como idade, sexo e composição corporal são variáveis preditoras que podem influenciar na ACR (Santos et al., 2011). A composição corporal e o VO_2 max de jogadores de vôlei foram relatadas anteriormente (Kausar et al., 2015; Białek-Dratwa et al., 2022). Além disso, a avaliação metabólica e nutricional de atletas profissionais submetidos ao protocolo de ACR pode demonstrar o comportamento desses parâmetros. Entretanto, ainda são escassos estudos que realizaram uma abordagem completa de marcadores metabólicos, bioquímicos e nutricionais no voleibol. Com isso, o presente estudo objetiva submeter atletas de voleibol ao teste de ACR com a análise da ingestão alimentar, parâmetros bioquímicos e metabolômica antes e após o teste e a relação entre as variáveis

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. DESENHO DO ESTUDO E POPULAÇÃO-ALVO

Trata-se de um estudo observacional e transversal. A amostra de sujeitos foi constituída de atletas de voleibol profissional do sexo feminino. Uma parceria foi estabelecida por meio de contato com o diretor de esportes olímpicos do clube, a partir do qual foram apresentados os métodos e recursos necessários para a pesquisa, visando ao recrutamento dos voluntários para a pesquisa. Após a autorização do diretor, foi feito contato com a equipe técnica para a marcação das análises. Os critérios de elegibilidade foram: atletas inscritos pelo clube na primeira competição do ano, ambos os sexos, pós-púberes. Os voluntários que atendiam aos critérios de inclusão e que concordaram em participar da pesquisa assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE 1). Os critérios de exclusão foram o não comparecimento à avaliação, a não adesão ao protocolo necessário para realização das avaliações, o consumo de suplementos que mascaram os resultados dos testes e a situação em que o

atleta se encontrasse – em estado de recuperação de lesão muscular ou afastado da rotina de treinamento por quaisquer motivos. A presente pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (CAEE 58179716.3.0000.5257).

A pesquisa se deu após o período de treinamentos da pré-temporada com realização de ACR em dia previamente marcado com a equipe técnica. No primeiro dia de avaliação foram coletados os dados de composição corporal e ingestão alimentar. No dia seguinte, as atletas retornaram para realização do teste de ACR, com coleta de sangue pré e pós-exercício e de um novo recordatório de 24 horas. Posteriormente, foram feitas as análises de perfil metabolômico e marcadores bioquímicos. Na Figura 1, demonstra-se o desenho das análises.

Figura 1 Desenho experimental das análises realizadas. Quanto tempo entre um momento e outro?

2.2. COMPOSIÇÃO CORPORAL

A avaliação das atletas foi realizada no Laboratório de Avaliação Nutricional (Lanutri) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Para avaliação da massa corporal, foi utilizada balança de equilíbrio da marca Filizola®, com escala de 0,05kg. Estadiômetro, Altura Exata®, constituído por escala métrica com resolução de 1 mm, foi utilizado para medir a estatura do indivíduo em pé e descalço (Norton, 2018). O percentual de gordura corporal,

massa magra, massa óssea e massa gorda foi obtido por meio do exame de *dual energy X-ray absorptiometry* (DXA), da marca *GE-Healthcare*®, com o programa Encore® 2008, versão 12.30. Para o exame do DXA, em caso de fazerem uso de suplementos à base de cálcio, as pacientes foram orientadas a interrompê-lo no dia anterior à administração. Todos os exames foram realizados pelo mesmo técnico e seguiram os procedimentos de qualidade determinados pelo fabricante. O DXA foi calibrado antes de cada digitalização, de acordo com as instruções do fabricante, usando um bloco de calibração padrão. Os sujeitos foram instruídos a remover todos os objetos de metal e assumir uma posição supina na mesa de digitalização, permanecendo imóveis durante o exame, com seus joelhos e tornozelos mantidos imobilizados com uma cinta de velcro.

2.3. INGESTÃO ALIMENTAR E DE SUPLEMENTOS E ROTINA DE TREINAMENTO FÍSICO

Por que tantos nutrientes? Qual a justificativa?

A ingestão alimentar foi avaliada por meio de dois Recordatórios de 24 horas (R24h). As entrevistas foram realizadas no início das datas marcadas para as avaliações, no momento de chegada do participante para os exames. A ingestão alimentar foi avaliada quanto ao conteúdo de energia (kcal), de macro e micronutrientes. Os macronutrientes avaliados foram: carboidratos totais, proteínas, gorduras totais e fibras alimentares. Já os micronutrientes foram: cálcio, ferro, zinco, fósforo, selênio, cobre, magnésio, manganês, potássio, sódio, vitaminas do complexo B (B_1, B_2, B_3, B_6, B_9 e B_{12}), e vitaminas A C, D e E.

A análise quantitativa dos nutrientes ingeridos foi realizada mediante a conversão das medidas caseiras referidas pelos sujeitos em medidas de peso/volume, com o auxílio da Tabela para Avaliação de Consumo Alimentar em Medidas Caseiras (Pinheiro et al, 2004). A composição nutricional foi avaliada de acordo com a tabela do *United States Department of Agriculture* (2019).

Foram consideradas as informações descritas no Position of the american dietetic association (ADA, 2016) para avaliação do consumo de macronutrientes. As Ingestões dietéticas recomendadas (Dietary Recomandated Intake) (2011) foram consideradas para a avaliação da adequação quanto ao consumo de micronutrientes analisados. Dessa forma, os valores de ingestão inferiores à EAR ou AI foram considerados inadequados.

2.4. AVALIAÇÕES CARDIORRESPIRATÓRIAS

2.4.1. Ergoespirometria

A avaliação do consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) dos atletas foi realizada por teste de esforço máximo em esteira (ATL Inbrasport®) por meio do protocolo de Rampa, descrito previamente por Cunha et al (2010). O teste foi realizado em dia posterior à avaliação de calorimetria de repouso, com incrementos automáticos de velocidade e inclinação constante de 1%. O VO_{2max} foi predito, a partir do modelo de Mathews et al (1999) e a velocidade final calculada com base na equação do Colégio Americano de Medicina do Esporte (2006). As trocas gasosas foram medidas pelo calorímetro indireto (Vmax® Encore 29 System) (VIASYS® Healthcare Inc, Yorba Linda, CA), a cada segundo de realização do teste, e a frequência cardíaca, por cardiotacômetro (Cardiosoft® V 6.5).

2.5. COLETA DE SANGUE

As amostras de sangue foram coletadas antes e depois do exercício, por profissionais treinados. A punção se deu por veia antecubital, com material descartável, tendo sido o sangue coletado em tubos a vácuo. O sangue para soro e plasma foi coletado em tubos específicos, e passou por centrifugação a 1.500G, por 15 minutos a 4ºC, aliquotado e armazenado em *freezer* a -80ºC, até o momento das análises (Brasil, 2001). O material sanguíneo coletado foi analisado, em triplicata, conforme métodos específicos dos diferentes indicadores bioquímicos e metabólitos, nas várias abordagens que serão realizadas.

2.6. ANÁLISES BIOQUÍMICAS laboratoriais?

No plasma, foram analisados Ácido Úrico (AU), Alanina aminotransferase (ALT), Aspartato Aminotransferase (AST), Creatina Quinase (CK), Triglicerídeos, Lactato, Colesterol, Glicose, Low Density Lipoproteins (LDL) e High Density Lipoproteins (HDL), Hidroxibutirato e Capacidade Antioxidante Total, de acordo com as instruções do fabricante, utilizando *kits* comerciais (UR3825, AL3801, AS3804, CK3812, TR3823, LC3980, CH3810, GL3815, CH3841, CH3811,

RB1007, NX2332: fabricante Randox®) e analisador bioquímico semiautomático (Daytona RX, Randox®).

2.7. METABOLÔMICA POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NUCLEAR DAS AMOSTRAS DE SANGUE

Uma alíquota de soro de cada amostra foi utilizada para análise metabolômica por meio de espectroscopia de RMN. As amostras foram preparadas misturando-se 400 µL de soro a 200 µL de tampão fosfato (pH 7,4 com 10% de D2O – água deuterada – e azida sódica 0,5 mM). Os espectros uni e bidimensionais foram obtidos em espectrômetro de 500 MHz (Ascend™, Bruker®) a 25°C. Os espectros dos intermediários metabólicos obtidos passaram por processamento por meio do *software Topspin* 3.2, de maneira a gerar a tabela de intensidade de cada pico dos espectros 1D-1H (*bucket table*) por meio do programa AMIX® (Bruker Biospin®), para realização das análises estatísticas. A análise e o assinalamento dos picos foram realizados a partir da comparação dos espectros obtidos com os disponíveis no banco de dados do metaboloma humano (*Human Metabolome Database* - http://www.hmdb.ca/) e confirmados usando o espectro bidimensional (TOCSY e HSQC).

2.8. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A normalidade dos dados foi testada com o teste de *Shapiro-Wilk* expressa em média (± desvio-padrão). Para comparação entre dois momentos, foi realizado teste t pareado, considerando $p<0,05$. Para análise de dados não pareados, realizou-se teste t não pareado. As análises estatísticas foram realizadas no *software Graphpad prism*® versão 8.0.

Para análise dos dados de metabolômica foi utilizada a *bucket table* gerada a partir dos espectros de RMN adquiridos das amostras de soro sanguíneo. Fez-se a comparação entre os momentos por meio do teste t pareado. As análises multivariadas em questão são a análise por componentes principais (PCA, do inglês *principal componente analysis*), que realiza transformação linear ortogonal para um novo sistema de coordenadas, em que os eixos coordenados serão identificados e demonstrados como o conjunto que maximiza as variâncias, passando a ser o conjunto de componentes principais (Montgomery, 2017) que serão utilizados para verificar o grau de influência dos

metabólitos nas características de variação entre os momentos. Para avaliar a relação entre os metabólitos, realizou-se a correlação de *Pearson*. Todas as análises foram realizadas com auxílio do programa *MetaboAnaly*.0 (www.metaboanalyst.ca).

3. RESULTADOS

A amostra total constitui-se de 15 atletas do sexo feminino, com média de idade de 28 anos (desvio padrão ± 4,44). Os dados antropométricos e de composição corporal estão demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1 Dados antropométricos e de composição corporal das atletas de voleibol feminino (n=15). Desnecessária esta tabela

Variáveis	Média ± DP
Altura (cm)	1,80 ±0,05
Massa corporal total (kg)	74,74 ±7,09
IMC (m/kg²)	24,15±2,23
Massa Gorda (kg)	21,24 ±8,60
Massa Gorda (%)	27,79 ±9,43
Massa Magra (kg)	49,99 ±4,80
Massa Magra (%)	67,48 ±9,12
Massa óssea (kg)	3,49 ±0,27
Massa óssea (%)	4,70 ±0,47

Desvio-padrão (DP), Centímetro (cm), Quilograma (kg), Percentual (%).

Os valores bioquímicos nos momentos antes e depois do exercício não apresentaram diferença estatística significativa (Tabela 2). No que concerne à comparação com valores definidos pela literatura como de normalidade para adultos, tendo em vista que não existem recomendações vigentes específicas para atletas, os valores apresentados estão dentro do recomendado para ALT, AST, glicose, ácido úrico, triglicérides, LDL e HDL. Os marcadores de estresse oxidativo não apresentaram variação significativa, porém, tanto hidroxibutirato quanto a capacidade antioxidante total apresentaram uma pequena variação de aumento 0,04 e 0,11mmol/L, respectivamente.

Tabela 2 Comparação das concentrações séricas dos marcadores bioquímicos analisados no estudo das atletas de voleibol profissional (n=15).

Marcadores bioquímicos	Média ± DP	
	T1 (AE)	T2 (DE)
AST(U/L)	10,32 ±2,42	9,45 ±3,45
ALT(U/L)	6,23 ±1,75	5,84 ±3,04
Glicose (mg/dL)	81,56 ±15,17	98,77 ±28,77
CK (U/L)	128,92 ±69,53	98,73 ±75,51
Lactato (mmol/L)	20881,84 ±10942,91	25081,73 ±13128,22
	3,13 0,73	2,85 0,80
Triglicerídeos (mg/dL)	61,59 ±22,20	58,25 ±24,02
LDL (mg/dL)	55,13 ±13,32	83,23 ±25,69
HDL (mg/dL)	84,10 ±26,01	61,66 ±22,09
Colesterol (mg/dL)	177,02 ±26,84	185,22 ±32,04
Hidroxibutirato (mmol/L)	0,11 ±0,17	0,15 ±0,15
CAT (mmol/L)	1,86 ±0,20	1,97 ±0,17

AE: antes do exercício; DE: depois do exercício; CAT: Capacidade Antioxidante Total; LDL: *low density lipoprotein*; HDL: *hight density lipoprotein*; DP: Desvio-padrão; UI: unidades internacionais; L: litro; mg: miligrama; dL: decilitro; mmol: milimol.

Em relação à ingestão de macronutrientes pelos atletas, observou-se que não houve diferenças significativas entre os dois dias de entrevista (Tabela 3). Quanto aos valores, pode-se verificar que a ingestão de proteínas em g/kg média está dentro do que se recomenda atualmente para atletas. Com relação aos carboidratos, observa-se que, no primeiro dia, a média de ingestão também está de acordo com o recomendado. Já no segundo, ficou um pouco abaixo do indicado. A ingestão lipídica está próxima ao limite superior no primeiro dia, e no segundo, houve uma diminuição da ingestão.

Tabela 3 Ingestão alimentar das atletas de voleibol após x dias (n=15). Incluir uma coluna com a média dos 2 dias.

Nutrientes CV <25 desejável	Média ± DP	
	Dia 1	Dia 2
PTN (g/kg de peso)0,48	1,64 ±0,79	1,57 ±0,74
CHO (g/kg de peso)0,57	5,07 ±2,87	4,71 ±2,67
LIP (g/kg de peso)0,52	1,54 ±0,80	1,24 ±0,77
LIP (%)0,34	34,51 ±11,80	30,26 ±10,17
Ingestão energética (kcal)0,41	3195,89 ±1331,99	2804,75 ±1108,98
Cálcio (mg)	981,94 ±670,39	689,34 ±371,84
Ferro (mg)	27,74 ±13,95	27,99 ±26,83
Potássio (mg)	3330,50 ±1412,76	3067,84 ±1343,39
Zinco (mg)	19,14 ±9,91	16,53 ±7,62
Selênio (µg)	138,78 ±88,34	147,24 ±54,56
Sódio (mg)	3782,28 ±2210,49	3554,14 ±2037,14

Vitamina A (µg)	5447,21 ±4467,21	2870,54 ±2554,75
Vitamina D (µg)	121,84 ±283,20	45,16 ±30,65
Vitamina E (mg	8,19 ±7,56	6,58 ±9,76
Vitamina C (mg)	101,18 ±93,13	73,21 ±93,80
Tiamina (mg)	2,55 ±1,32	2,58 ±1,30
Riboflavina (mg)	2,81 ±1,59	2,54 ±1,41
Niacina (mg)	37,06 ±17,77	35,63 ±16,03
Ácido Pantotênico (mg)	7,39 ±2,82	6,88 ±3,99
Piridoxina (mg)	2,29 ±1,30	2,15 ±1,15
Folato (µg) (mg)	572,86 ±361,95	500,71 ±410,14
Cobalamina (µg)	7,36 ±5,91	7,27 ±5,03

Desvio-padrão (DP), proteína (Ptn), carboidratos (CHO), lipídeos (LIP), gramas (g), quilograma (kg), percentual (%), quilocalorias (kcal).

A Tabela 3 apresenta a ingestão de micronutrientes das atletas. Para comparação, utilizou-se a EAR para os micronutrientes que possuem essa recomendação; quando não, foi utilizada a AI. As atletas apresentaram ingestão abaixo do recomendado para cálcio e vitamina E, e para os outros micronutrientes, a ingestão foi acima do recomendado. Apesar de a recomendação não ser específica para atletas, o consumo acima do indicado é um sinalizador de que a alimentação das atletas está adequada.

Os resultados do teste de ACR das atletas apresentaram uma média de $VO_{2\ máximo}$ de 48,66kg/mL/min (±7,88), o que caracteriza boa aptidão física. A frequência cardíaca foi inferior ao limite máximo com base em suas idades e a velocidade final 11,55 km/h (±1,51) foi considerada alta para atletas que não fazem exercícios com características de *endurance.*

Quanto à frequência cardíaca máxima, 188,05 bpm (±10,43) e frequência cardíaca média 159,90 bpm (±10,63). Não houve associação entre os resultados da ACR e as variáveis analisadas de composição corporal e ingestão alimentar.

A análise de componentes principais ORTOGONAL demonstrou que o ACR promove alterações importantes no perfil de metabolitos de jogadoras de voleibol profissional (figura 1A). O gráfico de scores (figura 1b) demonstra que os componentes principais (PC) 1, 2 e 3 explicam 73,9% da variação do perfil de metabolitos entre o período antes e depois.

Ademais, com a análise (FATORIAL?) de componentes principais foi possível identificar o agrupamento dos compostos PC 1, sendo estes: glutamato, lactato, LDL/VLDL, isoleucina, acetoacetato, acetils, carnitina, valina; e

contribuiu com 41,2% da variação entre os momentos. PC 2 apresentou tirosina, alanina, piruvato, 3-hidroxibutirato, ácido fórmico, arginina/lisina e histidina, e contribuiu com 20,5%, enquanto PC 3, composto por hipoxantina, acetato e citrato teve 12,2%.

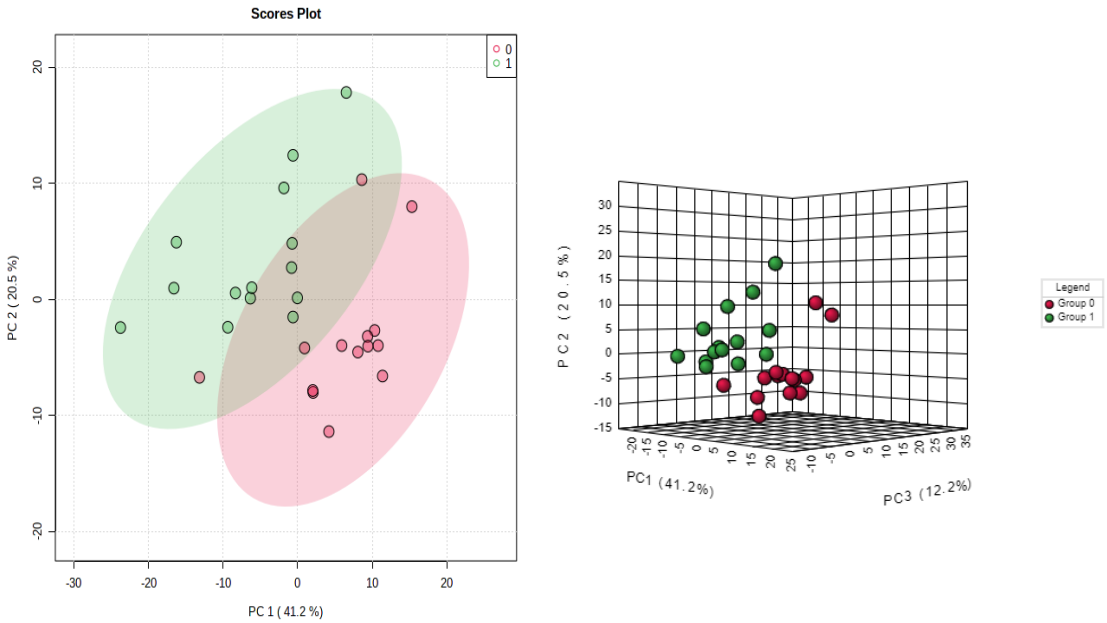


Figura 2 PCA comparando os atletas nos momentos antes e depois do exercício.

Ao analisarmos o comportamento dos metabólitos por análises univariadas com relação à modificação de intensidade entre os momentos pré e pós-ACR, demonstramos na tabela 1 que 3-hidroxibutirato, acetoacetato, arginina/lisina, carnitina, citrato, glutamato, histidina, LDL/VLD e valina foram aqueles detectados como participantes do 3 PC e que apresentaram variação significativa entre os momentos pré e pós-exercício. Destes, somente LDL/VLDL teve variação positiva. Quanto aos demais metabólitos, não estavam nos três primeiros grupos de intensidade, porém, apresentaram variação significativa, e somente a glicina apresentou variação positiva.

Tabela 4 Metabólitos, posição do espectro e média e delta de intensidade nos momentos pré e pós-ACR de jogadoras de voleibol (n=15).

Metabólitos	ppm	Média de intensidade pré-ACR	Média de intensidade pós-ACR	Δt2-t1	p-value
3-Hidroxibutirato	2,49	1,41	1,28	-0,13	0,02

Acetato	1,92	1,72	1,32	-0,39	<0,01
Acetoacetato e Acetona	2,22	2,34	1,96	-0,38	<0,01
Arginina/lisina	1,71	1,61	1,36	0,25	<0,01
Carnitina	2,43	4,79	3,72	1,07	<0,01
Citrato	2,67	3,46	3,11	0,34	<0,01
Creatina	3,06	1,13	0,91	0,21	0,02
Glicerol	3,66	9,98	9,82	0,15	0,03
Glicina	3,57	5,68	5,70	-0,01	0,07
Glutamato	2,01	2,57	2,18	0,39	<0,01
Glutamina	2,46	1,68	1,33	0,34	<0,01
Glutamina	2,13	4,20	3,48	0,72	<0,01
Histidina	7,05	1,36	1,15	0,20	0,02
LDL/VLDL	1,29	4,72	6,89	-2,16	<0,01
Leucina	0,96	5,61	4,61	1,00	0,02
Metilguanidina	2,82	1,20	1,06	0,13	0,02
Succinato	2,4	2,20	1,85	0,35	<0,01
Valina	0,99	2,68	2,05	0,62	<0,01

Em relação à correlação entre metabólitos e a ingestão alimentar, a histidina, que variou significativamente, apresentou correlação forte e negativa com o consumo calórico (r: -0,776678138, p: 0,001085556), isto é, quanto menor o consumo energético maiores os níveis de histidina nos pós-exercício, assim como a histidina apresentou correlação forte e negativa com massa gorda, ou seja, quanto menor a massa gorda maior a intensidade de histidina (r: -0,756568586, p: 0,004398493.) Não houve relação entre os metabólitos e as variáveis da ACR.

4. DISCUSSÃO

O estudo avaliou atletas de voleibol feminino submetidas ao teste de ACR, sendo realizada a análise da ingestão alimentar, de parâmetros bioquímicos e perfil de metabólitos, antes e após o teste com verificação da relação entre as variáveis. As atletas analisadas foram consideradas com a composição corporal esperada para o esporte, e não apresentaram diferença nas concentrações séricas avaliadas de nenhum marcador bioquímico. Não houve relação entre os dados da ACR e as variáveis corporais e concentrações séricas e não foi encontrada diferença significativa entre os momentos. Nem entre os deltas?

Já na análise de metabólitos houve diferença no perfil de metabólitos entre os momentos. Na análise de variação dos metabólitos encontramos que

glutamato e LDL/VLDL variaram de maneira positiva e significativa, enquanto 3-Hidroxibutirato, acetato, acetoacetato e acetona, arginina/lisina, carnitina, citrato, creatina, glicerol, glicina, glutamina, histidina, leucina, metilguanidina, succinato e valina apresentaram variação negativa e significativa entre o pré e pós-ACR. A intensidade de histidina apresentou relação forte e inversa com ingestão de energia e massa gorda. Isso é a descrição dos resultados? Qual a discussão para este achado?

A antropometria e composição corporal encontrada no nosso estudo é classificada como saudável para mulheres, todavia, os valores de classificação não são específicos para atletas. Na comparação com estudo que avaliou atletas portuguesas de voleibol da primeira divisão do campeonato nacional, foi encontrado um percentual de gordura menor do que o de nossos achados, assim como um menor peso corporal (Carvalho; Roriz; Duarte, 2020). Jogadoras de voleibol mais novas apresentaram percentual de gordura menor do que o encontrado em nossas jogadoras (Fields et al, 2018), resultado esse que também foi encontrado por Valente-dos-Santos et al. (2018). Porém, avaliações de mulheres jogadoras de voleibol encontraram peso e percentual de gordura próximos aos encontrados em nossos achados (Fields et al, 2018) – esse resultado se repetiu com atletas com faixa etária mais próxima à nossa (Sanfilippo et al., 2019). O conjunto desses estudos indica que não podemos considerar que exista um padrão para comparação das atletas. Estudo com a equipe vice-campeã de voleibol nas Olimpíadas do Rio de Janeiro encontrou um peso corporal parecido com nossas atletas, contudo, com gordura corporal de 10,5kg bem menor do que o encontrado em nossas atletas (Bankovic et al., 2018). Com isso, podemos ter um indício de que o percentual de gordura de nossas atletas está alto considerando a comparação com a elite do esporte, o que deve ser observado em conjunto com a ingestão alimentar. As variáveis, entretanto, não apresentaram relação no presente estudo.

A ingestão alimentar de macronutrientes entre os dois dias não apresentou diferenças significativas, sendo ambos adequados com relação à proteína e lipídeos e com o primeiro dia atendendo à recomendação de carboidratos, já o segundo, não. Essa comparação com a recomendação (ADA et al, 2016) demonstra que seguindo esse padrão o consumo das atletas poderia ser considerado como adequado. Ao comparar com estudos que avaliaram

atletas de voleibol, o padrão encontrado diverge quanto ao consumo de lipídeos, cujas atletas de voleibol japonesas apresentaram ingestão de lipídeos acima do recomendado, porém, com ingestão de carboidrato e proteínas de acordo com a recomendação (Hoshino et al., 2022). A ingestão calórica apresentou relação com a *intensidade* de histidina na análise de RMN.

O modelo teórico de produção energética indica que com o exercício de explosão de menor duração, como um teste de aptidão física que objetiva levar ao esforço máximo em um protocolo que teve duração média de 18 minutos, o esperado era mobilização, principalmente do metabolismo glicídico (Hargreaves; Spriet, 2020), porém, a presença de modificação significativa de compostos como aminoácidos e corpos cetônicos indica que as atletas mobilizaram todas as vias metabólicas com objetivo de manutenção do aporte energético durante o exercício.

Os resultados de metabólitos, especificamente de metabolismo lipídico, também foram encontrados por Henderson et al. (2018) ao avaliar dez homens e oito mulheres após uma sessão de exercícios. O aumento do LDL/VLDL sinaliza mobilização do metabolismo de oxidação de lipídios e de marcadores hormonais. Os resultados de diminuição de metabólitos e compostos cetogênicos vão de encontro ao resultado encontrado onde episódio de esforço muscular em treinamento militar levou à variação de metabólitos do metabolismo de cetoácidos (Karl et al, 2017).

Identificamos score de variação pronunciada de hidroxibutirato, um metabólito de estresse oxidativo, resultado que foi encontrado em dezesseis atletas remadores, submetidos a um programa padronizado de duas semanas de treinamento para, posteriormente, realizar teste de campo (Yan et al, 2009). O hidroxibutirato é descrito na literatura como um intermediário de metabolismo lipídico, pois o hidroxibutirato está relacionado à produção de corpos cetônicos, que são alternativa para a oxidação de ácidos graxos – utilizamos esse composto em casos de ausência de glicose no sangue Hipoglicemia (Cahill, 2006). Ainda, com a sua diminuição ocorre a dificuldade de manter a sua função reguladora no metabolismo de espécies reativas de oxigênio, onde o hidroxibutirato é antioxidante direto para o radical hidroxila, o que auxilia na capacidade de defesa antioxidante celular (Rojas-Morales; Pedraza-Chaverri; Tapia, 2020).

Quanto aos aminoácidos, a diminuição de glicina pode prejudicar a interação com o metabolismo de entrada de cálcio, por controlar o canal de entrada do cálcio na membrana celular. O cálcio é um mineral que está relacionado à contração muscular, sendo sua mobilização durante o exercício necessária para a manutenção do desempenho, assim como a glicina está relacionada à síntese de purinas, fundamentais para a sinalização de transcrição proteica pós-exercício (Wu, 2009). Este fato pode prejudicar a manutenção do exercício e a transcrição proteica.

Com a diminuição em conjunto de arginina, glutamina e leucina, todas tendo função sinérgica na regulação do turnover proteico através da sinalização celular da ammalian-target of rapamycin signaling pathway (mTOR) e seus alvos em cascata, como a phosphorylated 70S6 kinase p70S6K e eukaryotic intiation fator 4E-binding protein 4E-BP1, há a modulação da síntese proteica, crescimento muscular e ao longo do tempo pode haver hipertrofia (BODINE et al., 2001). Ademais, a diminuição desses aminoácidos causa prejuízos à regulação da expressão gênica de proteínas, fundamental para a recuperação muscular.

A glutamina vai diminuir sua capacidade de inibição da apoptose, o que pode aumentar a perda de células musculares que sofreram ação do exercício, assim como prejudicar sua função na síntese de purina, pirimidina, ornitina, citrulina, arginina, prolina e asparagina durante a recuperação muscular no pós-exercício. A diminuição da histidina vai aumentar a metilação de proteínas e prejudicar a secreção de acetilcolina, neurotransmissores que atuam na transmissão de impulsos entre as junções das células nervosas e musculares auxiliando na contração muscular, assim como a diminuição da intensidade de tirosina sinaliza para a fosforilação, nitrosação e sulfatação de proteínas. Este último fato pode prejudicar as funções proteicas que são fundamentais para a recuperação muscular, assim como a inibição da produção de citocinas inflamatórias, que são importantes para a sinalização da inflamação e mobilização das células satélites para a cascata de hipertrofia. A diminuição de leucina vai prejudicar a ativação de glutamato desidrogenase, enzima envolvida da comunicação entre os metabolismos glicídico e proteico, assim como a glutamato desidrogenase sinaliza para a síntese de glutamato (Wu, 2009).

O aumento de glutamato está diretamente relacionado à função deste aminoácido, que auxilia na síntese da glutamina e da arginina, sinalizadores para início do turnover proteico pós-exercício. Além disso, o glutamato está envolvido na cascata de transaminação, que é a reação inicial para a disponibilização do esqueleto carbônico proveniente de aminoácidos para a produção de energia. Da mesma forma, ele tem função de comunicação entre o ciclo da ureia e o ciclo do ácido tricarboxílico, fazendo a interação da utilização de aminoácidos para a produção energética (Wu, 2009).

A variação dos metabólitos foi diferente do encontrado por Pechlivanis et al (2013) e Berton et al (2017), que encontraram aumento significativo de lactato, metilguanidina, citrato, glicose, valina, taurina, N-óxido de trimetilamina, histidinas e acetoacetato/acetona. É importante salientar que variações diferentes, em comparação com os encontrados em outros estudos, são consideradas normais, pois recente revisão da literatura indica que, apesar de encontrarem um padrão de modificação para ácidos graxos ou acilcarnitinas, aminoácidos e compostos glicídicos e produtos do metabolismo glicídico possuem variações intensas e dependentes do exercício (Schranner et al, 2020). Ainda, os presentes resultados podem indicar alterações no metabolismo de glicogênio, como diminuição das reservas, mas com o conjunto de dados que analisamos não é possível afirmar tal condição.

Os elementos apresentados de mobilização de corpos cetônicos e aminoácidos em associação com intermediários do ciclo do ácido tricarboxílico diminuindo demonstram que essa tem sido a fonte de produção de energia. Pois a diminuição de carnitina, um metabólito que tem como função aumentar a oxidação de acetil-Coa para a produção e manutenção da cadeia energética, está de acordo com a necessidade de produção de energia para o esforço (Bremer, 1983). Da mesma forma, a diminuição de succinato e citrato, que são mediadores do clico do ácido tricarboxílico, fornecendo a produção de Adenosina trifosfato para a manutenção do exercício, indica a mobilização de tais metabólitos para a manutenção da produção energética (Iacobazzi, Infantino, 2014; Mills, O’Neil, 2014). Os níveis de citrato também exercem função reguladora inibindo a rápida de glicólise; a gliconeogênese e síntese de ácidos graxos (Iacobazzi; Infantino, 2014) corroboram para essa possibilidade.

Há, na literatura, estudos que sugerem relação entre citrato e succinato como mediadores da imunidade e inflamação, sendo os seus níveis associados à ativação de mediadores inflamatórios, mas tal relação ainda não está estabelecida na literatura (Mills, O'Neil, 2014). Nossas conclusões convergem com os resultados de aumento da succinato e metabólitos da lipólise (glicerol) em setenta e oito pacientes submetidos ao teste de ergo espirometria em esteira e bicicleta (Lewis et al, 2010).

Este estudo apresenta como limitação a realização do recordatório 24 horas como forma de análise da alimentação das atletas sem contar com um meio retrospectivo com mais tempo de análise. Como aspecto negativo, todavia, não houve tempo entre as análises para realização do questionário de frequência alimentar. Além disso, somente foi realizada uma rodada de análises, não podendo atestar um caráter de acompanhamento longitudinal, mas a realização de mais testes de esforço máximo durante a temporada poderia trazer prejuízos físicos e de treinamento para as atletas. Os pontos fortes do presente estudo são a utilização de técnicas de alta sensibilidade como a DXA, que permitiu uma avaliação mais precisa da composição corporal das atletas, o teste de ACR em ambiente controlado com monitoramento cardíaco e gasoso, que permite analisar a capacidade de ventilação máxima auxiliando nos dados de capacidade cardiorrespiratória e posterior acompanhamento de cargas de treinamento, assim como a RMN, análise de metabólica não alvo que permite a identificação de ampla gama de metabólitos que possam estar envolvidos no metabolismo energético, produzindo resultados robustos e fidedignos acerca do comportamento dos metabólitos das atletas após episódio de esforço máximo.

5. CONCLUSÃO

Ao serem submetidas à ACR, as atletas de voleibol profissional não tiveram diferença significativa nas concentrações séricas dos indicadores bioquímicos avaliados e não apresentaram riscos na avaliação nutricional. Não houve relação entre as variáveis corporais, de ACR, séricas e de ingestão alimentar.

Porém, ao analisarmos os metabólitos presentes no sangue, foi identificada uma modificação do padrão desses metabólitos entre os momentos pré e pós-ACR. Em suma, com os 3 PC contribuindo para mais de 70% dessa variação.

Quanto aos metabólitos, encontramos diminuição de LDL e glicina (por gliconeogênese), que podem ser utilizados para a produção de energia. Enquanto metabólitos de estresse oxidativo (3-Hidroxibutirato), corpos cetônicos (acetato, acetoacetato e acetona), aminoácidos (arginina/lisina, glicina, glutamato, glutamina, histidina, leucina, metilguanidina, valina) e mediadores do metabolismo e produção de energia como citrato, carnitina, creatina, glicerol e succinato tiveram variação positiva entre os momentos.

Tais achados são muito importantes, pois está bem esclarecido na literatura a função de aminoácidos na recuperação muscular e preparo do atleta para o treinamento, assim como a reposição das reservas energéticas de lipídeos e glicídios é fundamental para a recuperação pós-esforço. Com a identificação dessa variação de mobilização após o esforço, é recomendado a reposição destes aminoácidos, principalmente os essenciais, na alimentação, bem como o consumo adequado de carboidratos e lipídeos de maneira adequada e equilibrada para a recuperação.

Agradecimentos

Todo o suporte técnico para as avaliações foi fornecido pelo Laboratório de Desenvolvimento de Alimentos para Fins Especiais de Saúde e Educação (LabDAFEE), Laboratório de Avaliação Nutricional (LANUTRI), Hospital Universitário Clementino Fraga Filho e Centro Nacional de Ressonância Magnética Nuclear Jiri Jonas (CNRMN).

Financiamento

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Contribuições dos autores

Disponibilidade de dados

Os dados apresentados neste estudo estão disponíveis mediante solicitação ao autor correspondente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACSM, American College of Sports Medicine (2006). Guidelines for exercise, eating and prescription, 7th Ed, Baltimore: Lippincott William & Wilkins.

BANKOVIC, V. et al. Descriptive Body Composition Profile in Female Olympic Volleyball Medalists Defined Using Multichannel Bioimpedance Measurement: Rio 2016 Team Case Study. International Journal of Morphology, v. 36, n. 2, 2018.

BERTON, Ricardo et al. Metabolic time-course response after resistance exercise: A metabolomics approach. **Journal of sports sciences**, v. 35, n. 12, p. 1211-1218, 2017.

BODINE, Sue C. et al. Akt/mTOR pathway is a crucial regulator of skeletal muscle hypertrophy and can prevent muscle atrophy in vivo. **Nature cell biology**, v. 3, n. 11, p. 1014-1019, 2001.

BRASIL (2001). **Técnicas para coleta de sangue**. 63 p. Il.

CAHILL JR, George F. Fuel metabolism in starvation. **Annu. Rev. Nutr**., v. 26, p. 1-22, 2006.

BREMER, Jon. Carnitine--metabolism and functions. Physiological reviews, v. 63, n. 4, p. 1420-1480, 1983.

CANUTO, Gisele AB et al. Metabolômica: definições, estado-da-arte e aplicações representativas. **Química Nova**, v. 41, p. 75-91, 2018.

CARNEIRO, Gabriel et al. Novel strategies for clinical investigation and biomarker discovery: a guide to applied metabolomics. **Hormone molecular biology and clinical investigation**, v. 38, n. 3, 2019.

CARVALHO, Alberto; RORIZ, Paulo; DUARTE, Daniel. Comparison of morphological profiles and performance variables between female volleyball players of the first and second division in Portugal. **Journal of human kinetics**, v. 71, p. 109, 2020.

CUNHA, F. A. et al. Influence of cardiopulmonary exercise testing protocol and resting VO2 assessment on% HRmax,% HRR,% VO2max and% VO2R relationships. **International journal of sports medicine**, v. 31, n. 05, p. 319-326, 2010.

DEBIEN, Paula B. et al. Monitoring training load, recovery, and performance of Brazilian professional volleyball players during a season. **International journal of sports physiology and performance**, v. 13, n. 9, p. 1182-1189, 2018.

FACCIN, Ana Paula; ALVES, Márcia Keller; MACEDO, Rodrigo Cauduro Oliveira. Perfil antropométrico e alimentar e o conhecimento nutricional de atletas de voleibol. **RBNE-Revista Brasileira De Nutrição Esportiva**, v. 11, n. 63, p. 259-264, 2017.

FIELDS, Jennifer B. et al. Body composition variables by sport and sport-position in elite collegiate athletes. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 32, n. 11, p. 3153-3159, 2018.

FIELDS, Jennifer B. et al. Comparison of body composition variables across a large sample of NCAA women athletes from six competitive sports. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, 2018.

FOSTER, Carl et al. Athletic performance in relation to training load. **Wisconsin medical journal**, v. 95, n. 6, p. 370-374, 1996.

HARGREAVES, Mark; SPRIET, Lawrence L. Skeletal muscle energy metabolism during exercise. **Nature Metabolism**, v. 2, n. 9, p. 817-828, 2020.

HEANEY, Liam M.; DEIGHTON, Kevin; SUZUKI, Toru. Non-targeted metabolomics in sport and exercise science. **Journal of sports sciences**, v. 37, n. 9, p. 959-967, 2019.

HENDERSON, Gregory C. et al. Lipolysis and fatty acid metabolism in men and women during the postexercise recovery period. **The Journal of physiology**, v. 584, n. 3, p. 963-981, 2007.

HORTA, Thiago AG et al. Training load, physical performance, biochemical markers, and psychological stress during a short preparatory period in brazilian elite male volleyball players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 33, n. 12, p. 3392-3399, 2019.

HORTA, Thiago Andrade Goulart et al. Training load impact on recovery status in professional volleyball athletes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 26, n. 2, p. 158-161, 2020.

HOSHINO, Fumi et al. Sleep Quality and Nutrient Intake in Japanese Female University Student-Athletes: A Cross-Sectional Study. In: **Healthcare**. MDPI, 2022. p. 663.

IACOBAZZI, Vito; INFANTINO, Vittoria. Citrate–new functions for an old metabolite. **biological chemistry**, v. 395, n. 4, p. 387-399, 2014.

IOM, Institute of Medicine (2011). DRI Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamina D. Washington: The National Academies Press.

KARL, J. Philip et al. Military training elicits marked increases in plasma metabolomic signatures of energy metabolism, lipolysis, fatty acid oxidation, and ketogenesis. **Physiological reports**, v. 5, n. 17, p. e13407, 2017.

LEHNERT, Michal et al. Training-induced changes in physical performance can be achieved without body mass reduction after eight week of strength and injury prevention oriented programme in volleyball female players. **Biology of Sport**, v. 34, n. 2, p. 205-213, 2017.

LEWIS, Gregory D. et al. Metabolic signatures of exercise in human plasma. **Science translational medicine**, v. 2, n. 33, p. 33ra37-33ra37, 2010.

MATTHEWS, CHARLES E. et al. Classification of cardiorespiratory fitness without exercise testing. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 31, n. 3, p. 486-493, 1999.

MIELGO-AYUSO, Juan et al. Dietary intake habits and controlled training on body composition and strength in elite female volleyball players during the season. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 40, n. 8, p. 827-834, 2015.

MILLS, Evanna; O'NEILL, Luke AJ. Succinate: a metabolic signal in inflammation. **Trends in cell biology**, v. 24, n. 5, p. 313-320, 2014.

MONTGOMERY, Douglas C. **Design and analysis of experiments**. John wiley & sons, 2017.

NEPOCATYCH, Svetlana; BALILIONIS, Gytis; O'NEAL, Eric K. Analysis of dietary intake and body composition of female athletes over a competitive season. **Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine**, v. 6, n. 2, p. 57, 2017.

NORTON, Kevin I. Standards for anthropometry assessment. In: **Kinanthropometry and exercise physiology. Routledge**, 2018. p. 68-137.

PECHLIVANIS, Alexandros et al. 1H NMR study on the short-and long-term impact of two training programs of sprint running on the metabolic fingerprint of human serum. **Journal of proteome research**, v. 12, n. 1, p. 470-480, 2013.

PINHEIRO, A. V. P. et al. **Tabela para Avaliação de Consumo Alimentar em Medidas Caseiras**. 5a ed. 2004, Rio de Janeiro: Atheneu.

PONS, Victoria et al. Calorie restriction regime enhances physical performance of trained athletes. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 15, n. 1, p. 1-10, 2018.

ADA, POSITION OF THE AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION et al. Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. **J. Am. Diet. Assoc,** 543-568, 2016.

RANKOVIĆ, Goran et al. Aerobic capacity as an indicator in different kinds of sports**. Bosnian journal of basic medical sciences**, v. 10, n. 1, p. 44, 2010.

ROJAS-MORALES, Pedro; PEDRAZA-CHAVERRI, José; TAPIA, Edilia. Ketone bodies, stress response, and redox homeostasis. **Redox biology**, v. 29, p. 101395, 2020.

SANFILIPPO, Jennifer et al. Dual-energy X-ray absorptiometry body composition in NCAA Division I athletes: Exploration of mass distribution. **Sports Health**, v. 11, n. 5, p. 453-460, 2019.

SCHRANNER, Daniela et al. Metabolite concentration changes in humans after a bout of exercise: a systematic review of exercise metabolomics studies. **Sports medicine-open**, v. 6, n. 1, p. 11, 2020.

SCHRANNER, Daniela et al. Metabolite concentration changes in humans after a bout of exercise: a systematic review of exercise metabolomics studies. **Sports medicine-open**, v. 6, n. 1, p. 11, 2020.

SIMÕES, Ricardo Adamoli et al. Effects of the neuromuscular training in the cardiorespiratory fitness and body composition of female volleyball athletes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 15, p. 295-298, 2009.

TAWARE, Govind B.; BHUTKAR, Milind V.; SURDI, Anil D. A profile of fitness parameters and performance of volleyball players. **Journal of Krishna Institute of Medical Sciences University**, v. 2, n. 2, p. 48-59, 2013.

TOLEDO, Heglison Custódio et al. Distribuição da carga interna de treinamento durante uma temporada no voleibol profissional. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 34, n. 4, p. 567-575, 2020.

U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. (2019). USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 27. Nutrient Data Laboratory Home Page, http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl. Acessado em 1 de novembro de 2019.

VALENTE-DOS-SANTOS, João et al. Total and regional bone mineral and tissue composition in female adolescent athletes: comparison between volleyball players and swimmers. **BMC pediatrics**, v. 18, n. 1, p. 1-11, 2018.

YAN, Bei et al. Metabolomic investigation into variation of endogenous metabolites in professional athletes subject to strength-endurance training. **Journal of Applied Physiology**, v. 106, n. 2, p. 531-538, 2009.

WU, Guoyao. Amino acids: metabolism, functions, and nutrition. **Amino acids**, v. 37, n. 1, p. 1-17, 2009.

CAPÍTULO 2: METABOLÔMICA PRÉ E PÓS-JOGO DE ATLETAS DE VOLEIBOL PROFISSIONAL MASCULINO

Revista alvo: International Journal of Sports Physiology and Performance
Fator de impacto: 4,010

PARTIDA DE VOLEIBOL PROFISSIONAL LEVA À DIMINUIÇÃO DE METABÓLITOS DE AMINOÁCIDOS NO PÓS-JOGO EM ATLETAS

Type: Original Investigation

Taillan Martins de Oliveira[1]; Paula Albuquerque Penna-Franca[1]; Tathiany Jessica Ferreira[1]; Fabio Luiz Candido Cahuê[1]; Mauricio Gáttas Bara-Filho[2]; Ana Paula Valente[3]; Anna Paola Trindade Rocha Pierucci[1] (correspondent author)

[1] Graduate Program in Nutrition, Laboratory of Food Development for Special Health Purpose and Education (DAFEE), Nutrition Institute Josué de Castro (INJC), Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ).
[2] Federal University of Juiz de Fora, Juiz de Fora, Campus Universitário, Rua José Lourenço Kelmer, s/n° - São Pedro, Juiz de Fora, MG 36036-900, Brazil.
[3] Medical Biochemistry Institute, National Center for Nuclear Magnetic Resonance, Universidade Federal Do Rio de Janeiro, 21.941-590, Rio de Janeiro, RJ, Brazil

Correspondent author: Anna Paola Trindade Rocha Pierucci; Av. Carlos Chagas Filho, 373 - Bloco J 2° andar Cidade Universitária, Rio de Janeiro, RJ CEP 21941-902; Phone: 55 21 3938 65 99; e-mail: appirerucci@gmail.com.

213 palavras no resumo
4486 palavras
5 tabelas
5 figuras

Resumo

Introdução: A partida de voleibol tem como característica várias sequências de estímulos curtos e de alta intensidade. Entretanto, a relação entre o esforço demandado da partida e o comportamento dos metabólitos em uma partida oficial de voleibol é pouco relatada. **Objetivos:** Avaliar e relacionar a ingestão alimentar, as modificações no perfil bioquímico e metabólico de atletas antes e depois de uma partida de voleibol. **Metodologia:** Trata-se de um estudo observacional e transversal. A ingestão alimentar, perfil nutricional, amostras de plasma e soro foram coletados antes e após o jogo do campeonato regional. Abordagem metabolômica não direcionada e direcionada baseada em ressonância magnética nuclear (RMN) em combinação com análise estatística multivariada e univariada foi aplicada para compreender os perfis metabólicos relacionados ao jogo. **Resultados:** Treze atletas do sexo masculino foram avaliados, com idade de 21 anos (±3,54), altura 202 (±3,74), peso 87,21 (±2,86), massa gorda 18,41 (±3,26). Não foi encontrada diferença significativa após o jogo nos exames laboratoriais ($p>0,05$). Quanto aos metabólitos 3-hidroxibutirato, arginina/lisina, isoleucina, leucina, valina, LDL/VLDL, apresentaram variação negativa e significativa. Enquanto ácido fórmico, formato, histidina, hipoxantina e Tirosina apresentaram variação positiva e significativa. **Conclusão:** Ao avaliar a variação do perfil metabólico e bioquímico de atletas do sexo masculino entre os momentos de uma partida de campeonato regional, antes e depois do jogo, encontrou-se variação de aminoácidos essenciais.

Palavras-chave: Espectroscopia de Ressonância Magnética Nuclear; Exercício Aeróbico; Marcadores séricos.

1. INTRODUÇÃO

O jogo competitivo é um evento de alta demanda corporal, metabólica e de performance do atleta profissional. O comportamento das variáveis bioquímicas no momento pós-jogo pode auxiliar na melhora do diagnóstico nutricional tornando-o mais preciso. O exercício responde de maneira complexa em diferentes órgãos e sistemas, levando a efeitos agudos e adaptações crônicas[1]. A precisa avaliação de possíveis alterações na concentração de metabólitos circulantes pode indicar os mecanismos adaptativos durante o exercício[2].

Estudos com atletas do sexo masculino têm demonstrado alterações específicas em metabólitos como o lactato, piruvato, alanina leucina, valina, isoleucina, arginina/lisina e glicoproteínas[3]. A alteração desses compostos foi positiva para lactato, piruvato, alanina e negativa para os demais compostos. Porém, isso não representa uma tendência geral, mas uma adaptação ligada ao esporte específico analisado, necessitando da avaliação do comportamento em diferentes esportes.

A partida de voleibol tem como característica várias sequências de estímulos curtos e de alta intensidade, como exemplo, um salto no bloqueio, possui momentos menos intensos e pausas como no fim de um *rally* até o início do próximo saque, possibilitando, assim, a parcial recuperação, e tem como principal via metabólica a anaeróbica alática[4]. Devido a tais características, na análise após o jogo, o metabolismo que recebeu diferentes estímulos está associado à carga de treinamento da pré-temporada, em que o atleta está preparando sua musculatura para receber as demandas esperadas para a temporada[5].

Associada ao esforço físico e ao comportamento metabólico, a ingestão de alimentos pode influenciar na condição do atleta, pois somente com o estabelecimento de estratégias nutricionais adequadas garante o aporte de macro e micronutrientes necessários para a performance[6]. Estudos presentes na literatura observaram ingestão de carboidratos reduzida e de proteínas e gorduras aumentada, bem como inadequação de micronutrientes[7]. Especificamente, em proposta de traçar o perfil do esporte, foi encontrado baixa qualidade global da dieta dos atletas, e baixa ingestão de vitaminas A e E em relação à recomendação (Qual?) presente na literatura[7].

A relação entre o esforço demandado da partida e o comportamento dos metabolitos não são encontradas na literatura análises realizadas em uma partida oficial de voleibol qual a relação com a dieta?. Portanto, o objetivo desse estudo foi avaliar e relacionar a ingestão alimentar, as modificações no perfil bioquímico e metabólico de atletas antes e depois de uma partida de voleibol.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. DESENHO DO ESTUDO E POPULAÇÃO-ALVO

Figura 1. Desenho das análises realizadas.

Fase2- quantas horas de jejum?

Fase4- controlou a desidratação?

Trata-se de um estudo observacional e transversal, com 13 atletas de voleibol profissional, sendo 7 titulares e 6 reservas da equipe. Os critérios de elegibilidade foram: atletas inscritos pelo clube na primeira competição do ano, ambos sexos, pós-púberes. Os voluntários que estavam conforme os critérios de inclusão e concordaram em participar da pesquisa, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE 1). Os critérios de exclusão foram o não comparecimento à avaliação, a não adesão ao protocolo necessário para realização das avaliações, o consumo de suplementos que mascaram os resultados dos testes ou estar em recuperação de lesão muscular ou afastado da rotina de treinamento por quaisquer motivos. A presente pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (CAEE 58179716.3.0000.5257).

As análises ocorreram no dia de um jogo do campeonato regional (Figura 1). As avaliações foram realizadas em três momentos. Uma avaliação inicial composta do recordatório de 24 horas e da análise da impedacnia bioelértica. Posteriormente, foram encaminhadas para a coleta de sangue. Em seguida, realizaram a refeição pré-jogo e realizaram a preparação para a partida. Imediatamente, após a partida foi realizada a coleta de sangue pós jogo. Posteriormente, foram feitas as análises de perfil de metabólitos e marcadores bioquímicos.

2.2. COMPOSIÇÃO CORPORAL

A avaliação dos atletas foi realizada no Laboratório de Avaliação Nutricional (LANUTRI) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Para avaliação da massa corporal, foi utilizado balança de equilíbrio da marca Filizola®, com escala de 0,05kg. Estadiômetro, Altura Exata®, constituído por escala métrica com resolução de 1 mm foi utilizado para medir a estatura do indivíduo em pé e descalço[8]. Os sujeitos foram submetidos ao exame de bioimpedância utilizando o equipamento da marca Byodinamics® 450, que é uma bioimpedância direta multifrequência por meio de um sistema bipolar com quatro pontos de eletrodos táteis em dois pontos anatômicos (mão direita e pé direito). Os participantes foram orientados a não ingerir álcool e cafeína, praticar exercícios, descontinuar o uso de diuréticos e observar jejum de 4 horas antes do teste. O atleta foi colocado em posição de decúbito dorsal, foi lhes pedido a retirada de adornos metálicos e os membros inferiores foram afastados e os superiores afastados do tronco, posteriormente foi feita a fixação dos eletrodos nas mãos e nos pés os membros. Após a realização dos exames foi obtido os valores de massa livre de gordura e massa gorda em quilograma (kg) e percentual.

2.3. INGESTÃO ALIMENTAR E DE SUPLEMENTOS E ROTINA DE TREINAMENTO FÍSICO

A ingestão alimentar foi avaliada por meio de um Recordatório de 24 horas (R24h). A entrevista foi realizada no início das datas marcadas para as avaliações, à chegada do participante para os exames. A ingestão alimentar foi avaliada quanto ao conteúdo de energia (kcal), de macro e micronutrientes. Os

macronutrientes avaliados foram: carboidratos totais, açúcares totais e açúcares de adição; proteínas; gorduras totais, gorduras saturadas e trans, ácidos graxos monoinsaturadas e poli-insaturadas, colesterol e fibras alimentares. Já os micronutrientes foram: cálcio, ferro, zinco, fósforo, selênio, cobre, magnésio, manganês, potássio, sódio, vitaminas do complexo B (B_1, B_2, B_3, B_6, B_9 e B_{12}), e vitaminas A C, D e E.

A análise quantitativa dos nutrientes ingeridos foi realizada mediante a conversão das medidas caseiras referidas pelos sujeitos em medidas de peso/volume, com o auxílio da Tabela para Avaliação de Consumo Alimentar em Medidas Caseiras[9]. A composição nutricional foi avaliada de acordo com a tabela do *United States. Department of Agriculture* (USDA)[10].

As recomendações de consumo de macronutrientes específicas para atletas foram consideradas como as descritas pela ADA[6]. As DRIs[11] foram consideradas para a avaliação da adequação quanto ao consumo de micronutrientes analisados.

2.4. ESFORÇO EM PARTIDA

Durante as partidas foram avaliadas as variações da medição da frequência cardíaca dos atletas por cardiocôtometro (Polar®). Os atletas foram apresentados aos equipamentos que seriam utilizados em treinos e jogos e estavam a 2 meses treinando com os mesmos. A carga de esforço, frequência cardíaca, velocidade máxima, distância percorrida e gasto energético foram analisados.

2.5. COLETA DE SANGUE

Amostras de sangue foram coletadas antes e após o exercício, por profissionais treinados. A punção foi por veia ante cubital, com material descartável, sendo o sangue coletado em tubos a vácuo. O sangue para soro e plasma foram coletados em tubos específicos, passaram por centrifugação a 1500gG, por 15 minutos a 4 ºC, aliquotados e armazenados em freezer a -80ºC, até o momento das análises[12]. O material sanguíneo coletado foi analisado, em triplicata, conforme métodos específicos dos diferentes indicadores bioquímicos e metabólitos, nas diferentes abordagens que serão realizadas.

2.6. ANÁLISES BIOQUÍMICAS Exames laboratoriais

No plasma, foram analisados Ácido Úrico (AU), Alanina aminotransferase (ALT), Aspartato Aminotransferase (AST), Creatina Quinase (CK), Triglicerídeos, Lactato, Colesterol, Glicose, Low Density Lipoproteins (LDL) e High Density Lipoproteins (HDL), Hidroxibutirato e Capacidade Antioxidante Total de acordo com as instruções do fabricante, utilizando kits comerciais (UR3825, AL3801, AS3804, CK3812, TR3823, LC3980, CH3810, GL3815, CH3841, CH3811, RB1007, NX2332: fabricante Randox®) e analisador bioquímico semiautomático (Daytona RX, Randox®). Qual o contexto para estas análises?

2.7. ANÁLISE POR ABORDAGEM METABOLÔMICA DAS AMOSTRAS DE SANGUE

Uma alíquota de soro de cada amostra foi utilizada para análise metabolômica por meio de espectroscopia de RMN. As amostras foram preparadas misturando-se 400 µL de soro a 200 µL de tampão fosfato (pH 7,4 com 10% de D2O (água deuterada) e azida sódica 0,5 mM). Os espectros uni e bidimensionais foram obtidos em espectrômetro de 500 MHz (Ascend™, Bruker®) a 25 °C. Os espectros dos intermediários metabólicos obtidos passaram por processamento por meio do software Topspin® 3.2, de maneira a gerar a tabela de intensidade de cada pico dos espectros 1D-1H (*bucket table*) por meio do programa AMIX® (Bruker® Biospin), para realização das análises estatísticas. A análise e o assinalamento dos picos foram realizados a partir da comparação dos espectros obtidos com os disponíveis no banco de dados do metaboloma humano (*Human Metabolome Database* - http://www.hmdb.ca/) e confirmados usando o espectro bidimensional (TOCSY e HSQC).

2.8. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A normalidade dos dados foi testada com o teste de *Shapiro-Wilk.* Os dados foram expressos em média (± desvio padrão) incluir intervalo de confiança 95%. Para comparação entre dois momentos foi realizado teste t pareado, considerando $p<0,05$. Para análise de dados (quais?) não pareados foi realizado teste t não pareado. Para testar relação entre os dados foi utilizada a correlação de Spearman. As análises estatísticas foram realizadas no *software* Graphpad prism® versão 8.0.

Para análise dos dados de metabolômica, foi utilizado a *bucket table* gerada a partir dos espectros de RMN adquiridos das amostras de soro sanguíneo. A comparação entre os momentos foi realizada por teste t pareado. A verificação da tendência de variação foi realizada pela *Empirical Bayes Analysis of a Microarray* (EBAM), o *microarray* é uma biotecnologia de comparação da variação de genes ou metabólitos, suas determinações e possibilidade de analisar a tendência de variação a partir da situação as quais eles foram expostos. Foi realizada análise por componentes principais (PCA, do inglês *principal componente analysis*), o PCA realiza transformação linear ortogonal para um novo sistema de coordenadas, onde os eixos coordenados foram identificados e demonstrados como o conjunto que maximiza as variâncias e com isso passaram a ser o conjunto de componentes principais[13], utilizado para verificar o grau de influência de um grupo de metabólitos nas características de variação entre os momentos. Para avaliar a relação entre os metabólitos foi realizada a correlação de Pearson (paramétrico?). Todas as análises foram realizadas com auxílio do programa MetaboAnalyst 5.0 (www.metaboanalyst.ca).

3. RESULTADOS

Todos os atletas que formaram a equipe de treinamentos da pré-temporada participaram das análises. Trata-se de uma amostra de atletas jovem com média de idade de 21 anos (desvio padrão ±3,54). Os dados da tabela 1 evidenciam as características antropométricas e de composição corporal.

Tabela 1. Dados antropométricos e de composição corporal das atletas de voleibol masculino (n=13).

Variáveis	Média ± DP
Altura (cm)	202 ±3,74
massa corporal total (kg)	87,21 ±2,86
IMC (m/kg²)	23,47 ±1,71
Massa Gorda (kg)	18,41 ±3,26
Massa livre de gordura (kg)	68,02 ±8,0
Massa Gorda (%)	21,26 ±2,86
Massa livre de gordura (%)	78,78 ±21,18

Desvio padrão (DP), centímetro (cm), Quilograma (kg), Percentual (%).

Os valores bioquímicos apresentados na tabela 2 entre os momentos antes e após o exercício não apresentaram valores que caracterizem diferença estatística significativa. Os atletas apresentaram valores dentro do recomendado para Alt, AST, glicose, ácido úrico, triglicérides, LDL e HDL. Tais indicadores demonstram que os atletas estão com os níveis lipídicos circulantes dentro do recomendado, não apresentando alterações quanto ao metabolismo lipídico. Não apresentam alterações de enzimas específicas podendo indicar boa condição hepática.

As concentrações séricas de glicose tiveram um aumento entre os momentos, podendo indicar disponibilização de glicose para produção energética durante o exercício. No momento após o jogo as concentrações de lactato em CK, diminuíram no grupo todo. Porém com ligeiro aumento nos titulares e diminuição nos reservas, isso pode ser descrito pela carga e intensidade de esforço realizado pelos titulares com o jogo e a realização de atividades de aquecimento e alongamento somente pelos reservas. Apesar de não ser significativa a variação é importante destacar as características apresentadas pelo metabolismo lipídico, onde os triglicerídeos tiveram uma diminuição na sua concentração podendo indicar mobilização e utilização para reações metabólicas, as frações de lipoprotéicas LDL e HDL aumentaram ambas após o exercício, essa característica pode ser devido a necessidade de transporte de componente lipídicos necessários para o metabolismo de realização do exercício. Colesterol teve variação positiva tanto no grupo como um todo quanto nos titulares, isso pode estar ligado a utilização do colesterol para síntese de hormônios importantes para o exercício.

Os marcadores de esforço físico analisados, CK e Lactato, não apresentaram variações intensas. O fato de o momento da coleta ser imediatamente posterior ao exercício pode ser a razão de tais valores. Com isso não podemos indicar que o exercício não levou a lesões musculares nem fadiga metabólica. Os marcadores de estresse oxidativo, não apresentaram variação significativa, porém quanto a capacidade antioxidante total, podemos ver variação pequena (0,28), podendo indicar o início de um processo oxidativo após o exercício.

Tabela 2. Concentrações séricas dos marcadores bioquímicos analisados no estudo das atletas de voleibol profissional (n=13), de acordo com a titularidade no time.

Marcadores bioquímicos de que?	Média ±DP		
	Antes IC95%	Depois IC95% valor	P
AST(U/l)	21,27 ±14,27	21,36 ±15,69	
ALT(U/l)	16,48 ±7,17	17,96 ±6,10	
Glicose (mg/dl)	76,62 ±24,81	88,73 ±26,31	
CK (U/l)	339,46 ±227,35	310,22 ±233,26	
Lactato (mmol/l)	12.685,76 ±4920,20	11.327,83 ±5883,91	
Ácido úrico	3,39 ±1,11	3,32 ±1,57	
Triglicerídeos (mg/dl)	52,15 ±26,99	41,43 ±21,10	
LDL (mg/dl)	70,72 ±33,71	73,17 ±23,97	
HDL (mg/dl)	41,47 ±15,07	44,70 ±13,90	
Colesterol (mg/dl)	124,06 ±58,46	131,74 ±59,37	
Hidroxibutirato (mmol/l)	0,12 ±0,10	0,1 ±0,07	
CAT (mmol/l)	1,96 ±0,29	2,12 ±0,32	

Capacidade Antioxidante Total (CAT), *low density lipoprotein* (LDL), *hight density lipoprotein* (HDL), desvio padrão (DP), unidades internacionais (UI), litro (l), miligrama (mg), decilitro (dl), milimol (mmol).

A tabela 3 apresenta a ingestão de macronutrientes dos atletas. Quanto aos valores podemos observar que a ingestão de proteínas em g/kg média desses atletas está dentro do que se recomenda atualmente para atletas. Com relação aos carboidratos, observamos que a média de ingestão está baixa para o grupo. A ingestão lipídica está alta, chegando a 37% em média no grupo.

Tabela 3 Ingestão de macronutrientes dos atletas de voleibol masculino (n=13).

Nutrientes	Média ±DP cv% (SD/Media)*100
PTN (g/kg)	1,96 ±0,89 45%
CHO (g/kg)	4,52 ±1,1425%
LIP (g/kg)	1,85 ±0,9551%
LIP (%)	37,26 ±8,0321%
Ingestão energética (kcal)	3752,26±1388,38 37%

Os dados estão apresentados em média ± desvio-padrão. Desvio padrão (DP), proteína (Ptn), Carboidratos (CHO), Lipídeos (LIP), gramas (g), quilograma (kg), percentual (%), quilocalorias (kcal).

A tabela 4 apresenta a ingestão de micronutrientes dos atletas. Para comparação, utilizamos a EAR (acrescentar uma coluna com os valores) para os micronutrientes que tenham essa recomendação e, quando não, foi utilizado a AI. Os atletas apresentaram ingestão acima do recomendado para todos os micronutrientes analisados no estudo. Apesar da recomendação não ser específica para atletas, o consumo acima do recomendado é um sinalizador de que a alimentação dele quanto ao consumo desses compostos está adequada.

Tabela 4 Ingestão de micronutrientes dos atletas de voleibol masculino (n=13).

Micronutrientes	Média ± DP Amostra Total (n=13)CV% Referencia
Cálcio (mg)	1246,78 ± 678,70
Ferro (mg)	34,70 ± 15,2144%
Potássio (mg)	3897,32 ± 926,70
Zinco (mg)	24,10 ± 12,51
Selênio (µg)	246,38 ± 123,44
Sódio (mg)	4923,95 ± 2141,12
Vitamina A (µg)	1682,032 ± 1918,291
Vitamina D (µg)	182,46 ± 195,14
Vitamina E (mg	21,93 ± 22,94
Vitamina C (mg)	207,73 ± 122,19
Tiamina (mg)	3,68 ± 1,77
Riboflavina (mg)	4,91 ± 2,60
Niacina (mg)	58,96 ± 25,69
Ácido Pantotênico (mg)	15,05 ± 11,88
Piridoxina (mg)	3,68 ± 2,51
Folato (µg) (mg)	931,79 ± 558,26
Cobalamina (µg)	15,40 ± 11,27

Desvio Padrão (DP), miligrama (mg), micrograma (µg).

As avaliações das frequências cardíaca máxima apresentada pelos atletas durante os jogos apresentou como média 198bpm (±18,86), demonstrando altas frequências máximas durante a realização, comum devido ao aspecto competitivo da partida. O analisador de distância total ~~que foi~~ percorrida durante o esforço foi em média 4620 m (±969,92), mesmo com o vôlei sendo um esporte onde o atleta fica contido em grande parte do jogo ao seu

campo de jogo, ele se movimenta constantemente para realizar os movimentos do jogo. Assim como, atletas de voleibol permanecem mesmo no banco de reservas em movimento, de pé durante a partida e em aquecimento em todos os intervalos. A velocidade máxima alcançada em média durante esses deslocamentos foi de 25km/h (±3,40), uma velocidade pronunciada para o exercício. A pontuação da carga de treino foi de 224 (±83,20), e o cálculo de previsão calórica foi de em média 1.856 (±375,01) um aporte calórico alto é que deve ser reposto após o exercício.

As análises metabolômicas foram realizadas para avaliar o comportamento dos metabolitos antes e após a partida, assim como avaliar a diferença deste comportamento entre titulares e reservas. Nas análises entre os titulares e reservas foi possível observar que a característica de comportamento dos reservas durante a partida de se manter em constante movimentação, fez com que não houvesse diferença.

As análises de componentes principais demonstraram que o jogo de voleibol promove alterações importantes no perfil de metabolitos (figura 1A). O gráfico de scores (figura 1b) demonstra que os componentes principais (PC) 1, 2 e 3 explicam 84,7% da variação do perfil de metabolitos entre o período antes e depois.

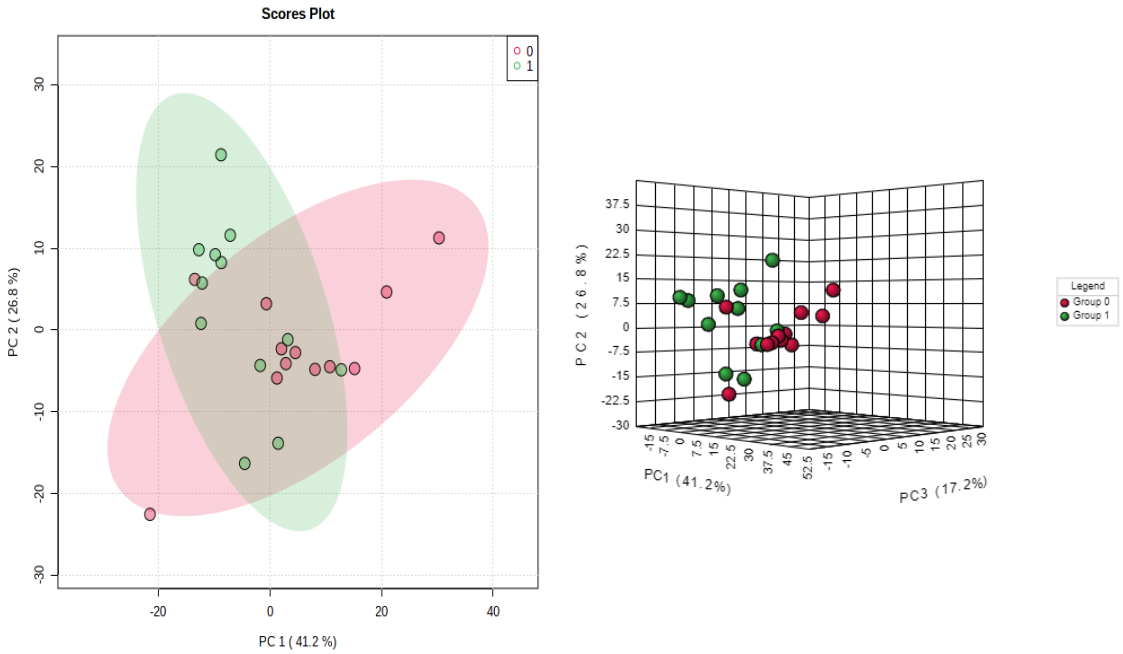


Figura 2 PCA comparando os atletas nos momentos antes e depois do jogo de voleibol

Com a análise de PCA foi possível verificar que podemos identificar a distribuição dos componentes sendo essa PC 1: isoleucina, leucina, valina, arginina/lisina, ácido fórmico, histidina, 3-hidroxibutirato (é o β-hidroxibutrato? Qual a origem dele?); PC 2: carnitina, glutamato, aceto acetato e acetona, acetils, trimetilamina, citrato; PC 3: sarcosina, taurina, LDL/VLDL.

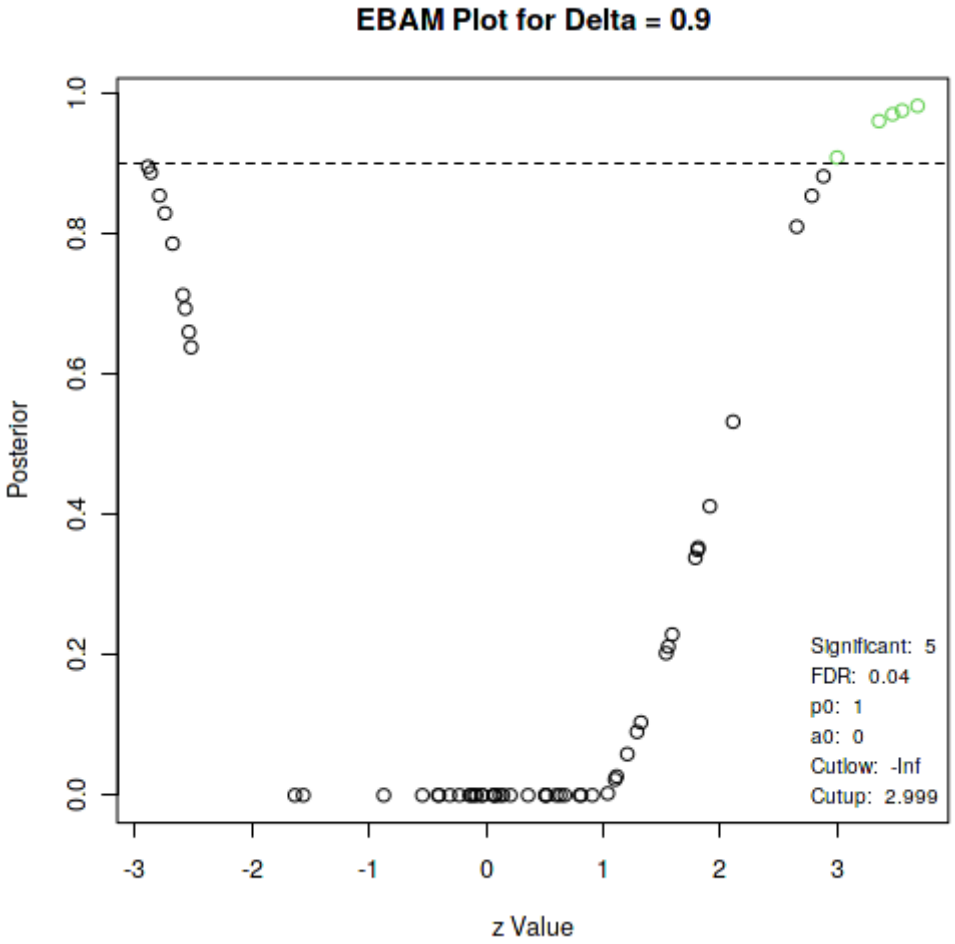
Com as análises de componentes principais ~~se permitiu~~ foi possível analisar os grupos de metabolitos, porém para avaliar o comportamento de cada metabolito foi realizada análise univariada (tabela 4). O β-hidroxibutirato, arginina/lisina, isoleucina, leucina, valina, que estão presentes nos grupos dos componentes principais foram aquelas que apresentaram variação negativa e significativa. Enquanto ácido fórmico, formato, histidina, apresentaram variação positiva e significativa. Já quanto aos demais compostos que não fazem parte dos principais componentes, hipoxantina e tirosina variaram de maneira significativa e positiva, enquanto LDL/VLDL variou de maneira significativa e negativa.

Existe um equivoco no calculo do delta= T1-T0

Tabela 5 Metabolitos, deslocamento químico e média e delta de intensidade nos momentos pré e pós jogo de voleibol masculino (n=13).

Metabolito	ppm	Média intensidade pré-jogo	Média intensidade pós jogo	ΔT2-T1	p-value
3-Hidroxibutirato	1,08	1,02	0,46	-0,56	0.01
Ácido Fórmico	8,46	1,40	3,12	+1,72	<0,01
Arginina/lisina	1,89	1,23	0,78	-0,45	0.01
Arginina/lisina	1,71	2,41	1,80	-0,61	<0,01
Ácido Fórmico	8,43	1,57	3,28	+1,71	<0,01
Hipoxantina	8,16	1,94	3,52	+1,57	0.01
Histidina	7,41	2,63	4,39	+1,76	0.01
Histidina	7,38	2,34	4,19	+1,85	0.01
Histidina	7,32	3,02	4,74	+1,72	0.01
Histidina	7,05	2,50	4,51	+2,01	0.01
Isoleucina	1,02	5,75	4,00	-1,74	<0,01
Isoleucina	0,93	9,61	7,01	-2,60	<0,01
LDL/VLDL	1,2	2,18	1,77	-0,41	0.04
Leucina	0,96	8,56	6,22	-2,34	<0,01
Tirosina	7,17	3,71	5,36	--1,65	0.01
Tirosina	6,87	3,55	5,28	-1,73	0.01
Valina	1,05	1,45	0,83	-0,62	<0,01
Valina	0,99	2,48	1,74	-0,73	<0,01

A análise de Ebam (Figura 3) foi utilizada pois ela apresenta um modelo de tendência de variação dos metabólitos. Observou-se que a variação de



apenas quatro metabólitos ~~aconteceu~~ ocorreu de maneira esperada, sendo todos aminoácidos, a saber: Isoleucina (0.98), Leucina (0.97), Valina (0.97) e Isoleucina.1 (0.96). As demais variações não apresentaram variação de acordo com o esperado para a amostra analisada indicando que todas as variações tiveram seus comportamentos devido ao estímulo impulsionado pelo jogo. O que demonstra que a partida leva a modificações metabólicas de características inesperadas.

Figura 3 Análise de *Empirical Bayes Analysis of a Microarray* da variação dos metabólitos do estudo. False Discovery rate (FDR).

No que tange aos dados de correlação entre os metabólitos encontrados no estudo, não houve correlações entre os metabólitos e as variáveis estudadas.

Vc esperava que tivesse?

4. DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi avaliar e relacionar a ingestão alimentar, as modificações no perfil bioquímico e metabólico de atletas antes e depois de uma partida de voleibol. Não se encontrou diferença significativa nas concentrações das variáveis bioquímicas analisadas, contudo houve diferença no padrão de comportamento dos metabolitos entre os momentos. A análise de EBAM demonstra que esse comportamento não foi o considerado padrão para a amostra analisada. Indicando que o jogo modifica o padrão de variação dos metabolitos, levando em consequência a variações distintas do esperado.

Quanto aos metabolitos 3-hidroxibutirato, arginina/lisina, isoleucina, leucina, valina, LDL/VLDL apresentaram variação negativa e significativa. Enquanto ácido fórmico, formato, histidina, hipoxantina e Tirosina apresentaram variação positiva e significativa. Não houve relação entre os metabolitos do presente estudo e as variáveis antropométrica, alimentares e concentrações séricas.

As características antropométricas encontradas no estudo vão ao encontro do relatado na literatura em estudos com atletas de voleibol de ambos os sexos. Estudo com atletas do sexo masculino encontrou peso corporal, IMC e percentual de gordura parecidos com os achados deste estudo, caracterizando perfil antropométrico e de composição corporal parecido[14]. Estudo de Fields *et al.*[15], com atletas em faixa etária próxima à da analisada na presente pesquisa apontou que os parâmetros de composição corporal foram menores tanto para massa livre de gordura quanto para massa gorda em peso absoluto. Porém, quando comparados os resultados em percentual, verifica-se que os atletas deste estudo apresentaram menor massa gorda, o que indica uma composição corporal mais adequada.

Os valores encontrados indicam que a ingestão de proteínas se deu de acordo com a recomendação. Portanto, foi garantido o aporte proteico necessário para a atividade física. O consumo de carboidratos abaixo do recomendado faz com que se tenha que produzir esse nutriente para repor as perdas do exercício a partir de lipídeos e proteínas. O consumo exacerbado de lipídeos pode provocar aumento dos estoques de gordura corporal, aumentando a massa gorda, o que pode ser prejudicial ao desempenho[6].

As principais alterações nos metabólitos ocorreram nas concentrações de aminoácidos e seus compostos derivados, LDL e hidroxibutirato. Os aminoácidos são compostos presentes na formação estrutural da musculatura e sinalizadores da recuperação muscular pós exercício sendo, portanto, essenciais para a recuperação muscular[16]. Não devendo esses compostos serem mobilizados para a produção de energia durante o exercício. Nossos resultados demonstraram que tais compostos tiveram variação negativa de intensidade.

Ao analisarmos as funções a valina e a isoleucina estando aumentadas podem ser metabolitos sinalizadores para a síntese de glutamina e alanina. A alanina que não teve variação significativa em nossa análise está ligada a manutenção do ciclo da glicose e alanina que utiliza esqueletos carbônicos para formação de carboidratos para manutenção da via glicolítica. A leucina também, o seu aumento indica mobilização do metabolismo de nitrogênio, sua retirada para produção de glicose por esqueletos carbônicos, arginina pode estar associado à sua função de reservatório de nitrogênio e aproveitar o nitrogênio retirado da cadeia carbônica para produção de energia[16].

Leucina e arginina são aminoácidos que sinalizam para a ammalian-target of rapamycin signaling pathway (mTOR) e seus alvos em cascata como a phosphorylated 70S6 kinase p70S6K e eukaryotic intiation fator 4E-binding protein 4E-BP1 que modulam a síntese proteica, crescimento muscular e ao longo do tempo podem resultar em hipertrofia[16]. Porém somente será possível garantir a cascata de síntese proteica para a recuperação muscular caso sejam repostos os aminoácidos que foram utilizados para produção de energia, por metabolismo endógeno ou ingestão alimentar.

A diminuição da histidina vai aumentar a metilação de proteínas e prejudicar a secreção de acetilcolina, neurotransmissores que atua na transmissão de impulsos entre as junções das células nervosas e musculares auxiliando na contração muscular assim como a diminuição da intensidade de tirosina sinaliza para a fosforilação, nitrosação e sulfatação de proteínas. O que pode prejudicar as funções proteicas que são fundamentais para a recuperação muscular. Assim como a inibição da produção de citocinas inflamatórias, que são importantes para a sinalização da inflamação e mobilização das células satélites para a cascata de hipertrofia[16].

Não é possível afirmar que estão somente para a produção energética. Porém como o a fisiologia do exercício estabelece que a mobilização de nutrientes durante o mesmo é em grande parte para produção energética podemos identificar que esses compostos estão sendo utilizados como fonte de energia[17]. Os resultados de aminoácidos encontrados neste estudo corroboraram com os descritos por Pechlivanis *et al*.[3], que verificaram aumento de histidina e diminuição de leucina, valina, isoleucina, arginina / lisina, em quatorze homens saudáveis moderadamente treinados que participaram de dois programas de treinamento, que duravam 8 semanas e envolviam séries de corridas máximas de 80 m separadas por 10 s ou 1 min de descanso, assim como os achados de Berton *et al*.[18], onde dez homens jovens e saudáveis que realizaram quatro séries de dez repetições a setenta por cento de intensidade finalizando com uma repetição máxima nos exercícios de *leg press* e extensão de joelho e posteriormente realizou *time course* de até 60 minutos após o exercício que também relataram diminuição de leucina, valina e isoleucina. A variação de aminoácidos é descrita na literatura como esperada, podendo se dar, no entanto, de forma não padrão, isto é, alguns aminoácidos variaram positivamente e outros negativamente, dependendo do tipo de esporte, carga e intensidade do exercício[2].

Quanto ao metabolismo lipídico, essa combinação de variações significativas encontradas neste estudo corrobora a variação encontrada após sessão de exercício com uso de força e duração prolongada conforme um jogo de voleibol, em que foram relatados resultados de alterações de metabolismo lipídico, estresse oxidativo e metabolismo de aminoácidos[19]. A variação de LDL descrita no estudo não corrobora com os achados de Henderson *et al*.[20], que relataram que houve aumento de compostos lipídicos após a prática de exercício por dez homens e oito mulheres, ademais indicou que quanto mais imediata for a coleta, maior será a variação positiva. A variação negativa de 3-hidroxibutirato foi contraria ao encontrado do estudo de Berton *et al*.[18], que fizeram a análise de metabólitos após protocolo de esforço.

Identificamos score de variação pronunciada de hidroxibutirato, um metabolito quem tem sua função associada ao metabolismo lipídico por ser um intermediário na produção de corpos cetônicos, produtos alternativos para a oxidação de ácidos graxos[21] e ao estresse oxidativo, por ser antioxidante direto

para o radical hidroxila, o que auxilia na capacidade de defesa antioxidante celular[22], nossos resultados corroboram com estudo com remadores, submetidos a um programa duas semanas de treinamento padronizada para posteriormente realizar teste de campo[19].

Os resultados encontrados podem estar relacionados a uma diminuição de compostos glicídicos, das reservas de glicogênio ou prejuízo na mobilização da oxidação de carboidratos. Uma importante informação para a ciência da alimentação e nutrição pois evidencia a necessidade de observar se essa deficiência pode ser resultado de um consumo inadequado de macronutrientes principalmente carboidratos. Conforme o encontrado no estudo pois o consumo de macronutrientes foi abaixo do recomendado para carboidratos, porém alto para lipídeos e proteínas. Comparando os dados encontrados com os achados na literatura envolvendo equipes de voleibol profissional no Brasil, verificou-se que, em ambos os casos, o consumo de proteínas ocorreu dentro dos padrões recomendados, porém o de carboidratos e lipídeos não[23]. Esses achados corroboram os de outro estudo com atletas do sexo masculino que apresentaram o mesmo comportamento para o consumo de macronutrientes[24]. Ademais, esse perfil já é relatado pela literatura, com baixa qualidade global da dieta dos atletas[7].

A hipoxantina vem sendo descrita na literatura como uma preditora da capacidade física de atletas profissionais. Menores níveis de hipoxantina pós exercício estão relacionados a melhor desempenho esportivo[25]. No presente estudo não encontramos relação entre o desempenho esportivo e os marcadores do jogo. Essa melhora no desempenho é explicada devido a uma menor concentração leva a uma inibição da Hx-guanina fosforibosiltransferase enzima envolvida na cascata de produção de purinas, bases nitrogenadas que compõem o nucleotídeo, diminuindo o fluxo delas na musculatura esquelética, adaptação que é mediada pelo treinamento esportivo[26].

Aplicações práticas

A partir dos resultados encontrados, o presente estudo demonstra que para a recuperação desses atletas pós jogo é interessante a recuperação da concentração dos aminoácidos que tiveram oscilação negativa no jogo.

Ademais, a dieta global dos praticantes deve ser modificada de modo a impedir a utilização de aminoácidos em vias de produção de energia.

5. CONCLUSÃO

Ao avaliar a variação do perfil metabólico e bioquímico de atletas do sexo masculino entre os momentos de uma partida de campeonato regional, antes e depois do jogo, encontrou-se variação negativa significativa de aminoácidos essenciais (leucina, valina, e isoleucina).

Essa variação não pode ser atribuída à alimentação dos atletas, pois eles estavam consumindo proteínas dentro da faixa de recomendação. A diminuição da concentração desses metabolitos pode levar prejuízo no processo de recuperação muscular relacionado a estrutura da fibra muscular. Assim como, diminuir o aporte proteico para transporte de nutrientes, principalmente hidrofóbicos, como as vitaminas lipossolúveis que são importantes antioxidantes e estão relacionadas a recuperação após a formação de espécies reativas da atividade física.

Ademais, LDL teve um aumento no perfil metabólico, assim como nas concentrações séricas, o que indica que tal composto é mobilizado durante a prática da atividade física para funções de transporte de nutrientes. Assim como mobilização de colesterol para formação de hormônios sinalizadores para o controle do apetite, leptina e adiponectina, assim como testosterona e estrogênio, relacionado a resposta adaptativa da atividade física.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CARNEIRO, Gabriel et al. Novel strategies for clinical investigation and biomarker discovery: a guide to applied metabolomics. **Hormone molecular biology and clinical investigation**, v. 38, n. 3, 2019.

2. SCHRANNER, Daniela et al. Metabolite concentration changes in humans after a bout of exercise: a systematic review of exercise metabolomics studies. **Sports medicine-open**, v. 6, n. 1, p. 11, 2020.

3. PECHLIVANIS, Alexandros et al. 1H NMR study on the short-and long-term impact of two training programs of sprint running on the metabolic fingerprint of human serum. **Journal of proteome research**, v. 12, n. 1, p. 470-480, 2013.

4. FOSTER, Carl et al. Athletic performance in relation to training load. **Wisconsin medical journal**, v. 95, n. 6, p. 370-374, 1996.

5. HORTA, Thiago Andrade Goulart et al. Training load impact on recovery status in professional volleyball athletes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 26, n. 2, p. 158-161, 2020.

6. ADA, POSITION OF THE AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION et al. Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. **J. Am. Diet. Assoc,** 543-568, 2016.

7. PONS, Victoria et al. Calorie restriction regime enhances physical performance of trained athletes. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 15, n. 1, p. 1-10, 2018.

8. NORTON, Kevin I. Standards for anthropometry assessment. In: **Kinanthropometry and exercise physiology. Routledge**, 2018. p. 68-137.

9. PINHEIRO, A. V. P. et al. **Tabela para Avaliação de Consumo Alimentar em Medidas Caseiras**. 5a ed. 2004, Rio de Janeiro: Atheneu.

10. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. (2015). USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 27. Nutrient Data Laboratory Home Page, http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl. Acessado em 1 de novembro de 2015.

11. IOM, Institute of Medicine (2011). DRI Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamina D. Washington: The National Academies Press.

12. BRASIL (2001). **Técnicas para coleta de sangue**. 63 p. II.

13. MONTGOMERY, Douglas C. **Design and analysis of experiments**. John wiley & sons, 2017.

14. GUEREÑO, Patxi León et al. Anthropometric profile, body composition and somatotype in elite traditional rowers: A cross-sectional study. **Revista española de nutrición humana y dietética**, v. 22, n. 4, p. 279-286, 2018.

15. FIELDS, Jennifer B. et al. Body composition variables by sport and sport-position in elite collegiate athletes. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 32, n. 11, p. 3153-3159, 2018.

16. WU, Guoyao. Amino acids: metabolism, functions, and nutrition. **Amino acids**, v. 37, n. 1, p. 1-17, 2009.

17. HARGREAVES, Mark; SPRIET, Lawrence L. Skeletal muscle energy metabolism during exercise. **Nature Metabolism**, v. 2, n. 9, p. 817-828, 2020.

18. BERTON, Ricardo et al. Metabolic time-course response after resistance exercise: A metabolomics approach. **Journal of sports sciences**, v. 35, n. 12, p. 1211-1218, 2017.

19. YAN, Bei et al. Metabolomic investigation into variation of endogenous metabolites in professional athletes subject to strength-endurance training. **Journal of Applied Physiology**, v. 106, n. 2, p. 531-538, 2009.

20. HENDERSON, Gregory C. et al. Lipolysis and fatty acid metabolism in men and women during the postexercise recovery period. **The Journal of physiology**, v. 584, n. 3, p. 963-981, 2007.

21. CAHILL JR, George F. Fuel metabolism in starvation. **Annu. Rev. Nutr**., v. 26, p. 1-22, 2006.

22. ROJAS-MORALES, Pedro; PEDRAZA-CHAVERRI, José; TAPIA, Edilia. Ketone bodies, stress response, and redox homeostasis. **Redox biology**, v. 29, p. 101395, 2020.

23. FACCIN, Ana Paula; ALVES, Márcia Keller; MACEDO, Rodrigo Cauduro Oliveira. Perfil antropométrico e alimentar e o conhecimento nutricional de atletas de voleibol. **RBNE-Revista Brasileira De Nutrição Esportiva**, v. 11, n. 63, p. 259-264, 2017.

24. SESBRENO, Erik et al. Elite Male Volleyball Players Are at Risk of Insufficient Energy and Carbohydrate Intake. **Nutrients**, v. 13, n. 5, p. 1435, 2021.

25. ZIELINSKI, Jacek; KUSY, Krzysztof. Hypoxanthine: a universal metabolic indicator of training status in competitive sports. **Exercise and sport sciences reviews,** v. 43, n. 4, p. 214-221, 2015.

26. STATHIS, C. G. et al. Influence of sprint training on human skeletal muscle purine nucleotide metabolism. **Journal of applied physiology**, v. 76, n. 4, p. 1802-1809, 1994.

CAPÍTULO 3: DIFERENÇA NA MOTIVAÇÃO E ASSOCIAÇÃO COM ESTADO DE HUMOR E INGESTÃO ALIMENTAR DE ATLETAS DE VOLEIBOL MASCULINO

ASSOCIAÇÃO da MOTIVAÇÃO, ESTADO DE HUMOR E INGESTÃO ALIMENTAR DE ATLETAS DE VOLEIBOL MASCULINO

Revista-alvo: Psychology of Sport and Exercise
Fator de impacto: 4,785
Tipo: Short report.

MOTIVATED PROFESSIONAL VOLLEYBALL ATHLETES HAVE A BETTER MOOD PROFILE AND ENERGY BALANCE.

Oliveira, T. M.[1]; Penna-Franca P. A.[1]; Ferreira, T. J.; Cahuê, F. L. C.[1]; BARA-FILHO, M. G[2]; Pierucci, A. P. T. R.[1] (correspondent author)

[1] Graduate Program in Nutrition, Laboratory of Food Development for Special Health Purpose and Education (DAFEE), Nutrition Institute Josué de Castro (INJC), Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ).
[2] Federal University of Juiz de Fora, Juiz de Fora, Campus Universitário, Rua José Lourenço Kelmer, s/n° - São Pedro, Juiz de Fora, MG 36036-900, Brazil.

Author contributions

Taillan M. Oliveira, taillannut@hotmail.com: data collection, analysis, and interpretation of data and in writing the manuscript.

Paula A. P. Franca, franca_paula@yahoo.com.br: data collection, and analysis and of data and in writing the manuscript.
Tathiany Jéssica Ferreira, tathianyferreira@ufrj.br: data analysis, and interpretation of data and in writing the manuscript.
Mauricio Gattas Bara Filho, mgbara@terra.com.br: research coordinator and supervisor, data collection, analysis, and interpretation of data; and in writing the manuscript.
Anna Paola T. R. Pierucci, appierucci@gmail.com: research coordinator and supervisor, data collection, analysis, and interpretation of data; and in writing the manuscript.

HIGHLIGHTS

- Athletes with a better motivational profile have lower energy intake and better energy balance.

- Unmotivated athletes tend to experience more physical ? mental? fatigue.

ABSTRACT

Motivation is described as a performance modulator among athletes. The interaction between motivation, mood profile and food intake are an important task during championships and competitive seasons. This study aimed to evaluate whether the level of motivation for sport influences the mood profile and food intake of volleyball athletes in pre-competition. This is an observational cross-over study with ~~twelve~~ (n=12) male volleyball athletes. Participants in the study were assessed for weight and height, with BMI derivation. The athletes' energy needs were calculated. Motivation for sport and mood profile were assessed using valid questionnaires. Food intake was assessed using a 24-hour recall, and energy and nutrient intake were quantified. Subsequently, energy balance was evaluated. Athletes were allocated into motivation groups: less motivated and more motivated. Data were expressed as median and confidence interval (CI95%) and evaluated using the Mann-Whitney test to compare the categorized groups in terms of motivation level. Analyses were performed using

the Graph pad prism 7.0 software. Less-motivated athletes had a greater sense of fatigue (CI95% 2.38) than those who were more motivated (5 CI: 1.99) (p=0.04). The energy intake and energy balance of the less motivated group (5085.26 kcal CI: 1285.96 and 2064.23 kcal CI: 1198.63, respectively) were higher than that of the more motivated group (3949.06 kcal CI: 894.66 and 734.06 kcal CI: 1035.59, respectively). Excessive energy intake, beyond the athlete's needs, does not help performance. Increased feelings of fatigue can also impair the ability to perform the match, both can affect the performance of athletes in games and competitions.
Keywords: motivation, energy intake, affect, athletes, volleyball.

INTRODUCTION

Motivation is an important factor, as it relates to exercise´s psychic demand, for commitment and adherence to sport, and it guides and determines the athletes` behaviours and actions. The training environment and the empowerment generated by the coach are mediated by autonomous motivation, characterized as the feeling of pleasure with the practice of sport, which has an essential role in the promotion of the practice of physical activity in elite athletes[1]. In volleyball athletes, this behaviour is also observed and is an important factor to reach maximum performance[2].

Motivation is a psychic variable associated with other components, such as global mood state, a set of mood profile components. Mood state can be measured by methodologies that investigate parameters such as vigor, tension, depression, fatigue, anger, and mental confusion that interact with each other to affect the mood this can positively and/or negatively impact the athlete's condition for sport[3]. Thus, they are described in the literature as possible accurate indicators for performance[3,4].

Elite athletes have similar mood profiles, small changes or differences in mood are related to success or failure, both to achieve performance, as well as to maintain training frequency and healthy eating habits[5]. Thus, the relationship between motivation and mood can have a strong interaction with the food intake of athletes[6].

Adequate individualized nutrition is an essential aspect for physical performance and athlete's health[7]. Athletes need to ensure that their food intake is by strategic conditions and that this intake is not inappropriate, especially previously to competition[8]. Emotional factors can influence the food choices of athletes. However, more research is needed to describe and assess this association[9].

The state of motivation of professional athletes has been studied to understand athletes' predispositions and interaction with their physical capacity for sport. However, the contribution of the state of motivation to the state of mood and eating habits has not yet been investigated. Thus, the present study aimed to evaluate whether the level of motivation for sport influences the mood profile, food intake and energy balance of volleyball athletes in pre-competition.

MATERIALS AND METHODS

Participated in the study 12 male professional volleyball athletes, being all full and reserve members of an elite professional volleyball team from Brazil. This is an observational and cross-sectional study where subjects were evaluated after the pre-season training period, three hours before a regional championship game. Athletes were training 3 hours a day, five days a week. The evaluations in this study were carried out by a trained professional.

Ethics declaration

Participants signed an informed consent form, the research protocol was approved by the Research Ethics Committee of the University Hospital Clementino Fraga Filho (CAEE 58179716.3.0000.5257).

Anthropometric measurements

Weight was measured using a digital balance scale (Filizolla, Brazil), with a 0.05 kg scale with the ability to measure from 0.05 kg to 150 kg. Height was measured with a portable stadiometer (Altura Exata, Brazil), consisting of a metric scale from 0.35 m to 2.13 m with a resolution of 1 mm. For both assessments, the athletes were instructed to be wearing light clothes, standing up and barefoot[10]. With the data of weight and height, derivation of the athletes' body mass index was made (BMI). Pontos de corte empregados

Resting Metabolic rate, energy expenditure during the exercise, and total energy expenditure

Resting metabolic rate (RMR) was predicted, using the Harris-Benedict equation[11]. Energy expenditure during exercise (EEE) was calculated from the heart rate which was monitored every 10 seconds during competitive game using a heart rate monitor (Polar) The athletes' total daily energy expenditure corresponded to the sum of RMR and EEE.

Motivation Scale for sport

The Motivation Scale for Sport, (SMS – Sports Motivation Scale)13 was applied to analyse to identify the levels of motivation and demotivation among athletes. The SMS is a validated scale for assessments among professional athletes translated to Portuguese 14. The scale is composed of 28 questions, which are guided by the question “MARK THE OPTION THAT BEST CORRESPONDS TO THE REASONS THAT LEAD YOU TO PRACTICE IT”.

Subsequently, the questionnaire was analysed according to the motivation group´s division[13]. Athletes were allocated into groups by the degree of intrinsic motivation, being – less motivated (LM) or – more motivated (MM), according to the similar response algorithm.

Mood State profile

The Profile of Mood States (POM's)[15] test, an instrument containing 65 structured questions with answers on a hedonic scale, was applied to investigate the athlete's mood profile. The questionnaire aimed to assess six mood factors: tension, depression, anger, vigor, fatigue, and mental confusion. The sum of the components expresses the result of Total Mood Disturbance (TMD), which classifies as >110 risk or <110 non-risk The instrument was applied on the athlete's arrival.

Food intake and energy balance

To identify the athletes' food intake, a 24-hour recall (24hR) was applied. This method of investigating food consumption consists of an individual interview in which the individual is induced to recall and report all foods and their amounts

consumed in the last 24 hours. The energy intake (EI) and macronutrients (carbohydrates, proteins, and lipids) from the related food consumed were analysed. Quantitative analysis of ingested nutrients was performed by converting the home measures reported by each athlete into weight/volume measures, using the Table for Assessment of Food Consumption into Home Measures[16]. The nutritional composition was assessed according to United States department of agriculture (USDA) table version 27[17]. As there are no specific macronutrient intake recommendations for athletes, the information described in the position of the American Dietetic Association (ADA)[7] (2016) was considered in the evaluation of nutritional adequacy: carbohydrates 5-10g/kg/weight per day, proteins 1.2-2.0g/kg/weight per day and lipids 25-30% of the EI. The measured total caloric intake was reduced by the calculated TEE of each athlete to calculate the energy balance.

Statistical analysis

Shapiro Wilk was used to assess the normality of the data, as the results follows a non-parametric distribution, they were expressed as median and confidence interval (para dados parametricos, não parametricos usa-se o intervalo interquartil). For comparison between two independent data, the Mann-Whitney test was performed and considered significant when $p<0.05$. For these analyses, we used the GraphPad prism® version 7.0 software.

Modelo linear geral para identificar “preditores”, será?

Como dividiu em LM e MM?

RESULTS

Characteristics of athletes

The anthropometric and energy expenditure data from the studied male professional volleyball athletes are shown in Table 1. They are young adult athletes with a high median height and regular bodyweight. Most of the athletes were classified as eutrophic alguem com sobrepeso ou obesidade? Quantos?. No difference was found in the estimated energy expenditure between the groups categorized as to the state of motivation for the sport ($p>0.05$).

Table 1. Anthropometric characteristics and energy expenditure of male professional volleyball athletes according to the state of motivation groups (n=12)

	Median (CI) MEDIAN (Interquartile range IQR)	
	LM (n=7)	MM (n=5)
Age (y)	21 (3.52)	21 (1.33)
Height (m)	2.02 (0.72)	1.87 (0.78)
Weight (kg)	91.80 (8.35)	80.30 (7.54)
BMI (kg/m²)	23.30 (0.76)	22.20 (1.35)
RMR (kcal/day)	2,154.08 (137.89)	1,970.48 (149.27)
TEE (kcal/day)	3,416.08 (225.70)	3,091.46 (264.80)

BMI: Body Mass Index RMR: resting metabolic rate TEE: total energy expenditure CI: Confidence interval. Less motivated (LM) More Motivated (MM). Mann-Whitney test was performed for comparison inter groups.

Pq não calcular a disponibilidade de energia?

Motivation and humor aspects

As shown on Fig. 1, there was no difference between the LM and MM concerning medians of each (p>0.05). Regarding the mood aspects assessed by the POM's none of the groups were at risk of moods alterations in the final assessment of the questionnaire. However, in the evaluation of the six items (tension, depression, anger, vigor, fatigue, and mental confusion) it was found that the sense of fatigue was higher (p=0.04) in the LM group compared to the MM one. (Figure 1).

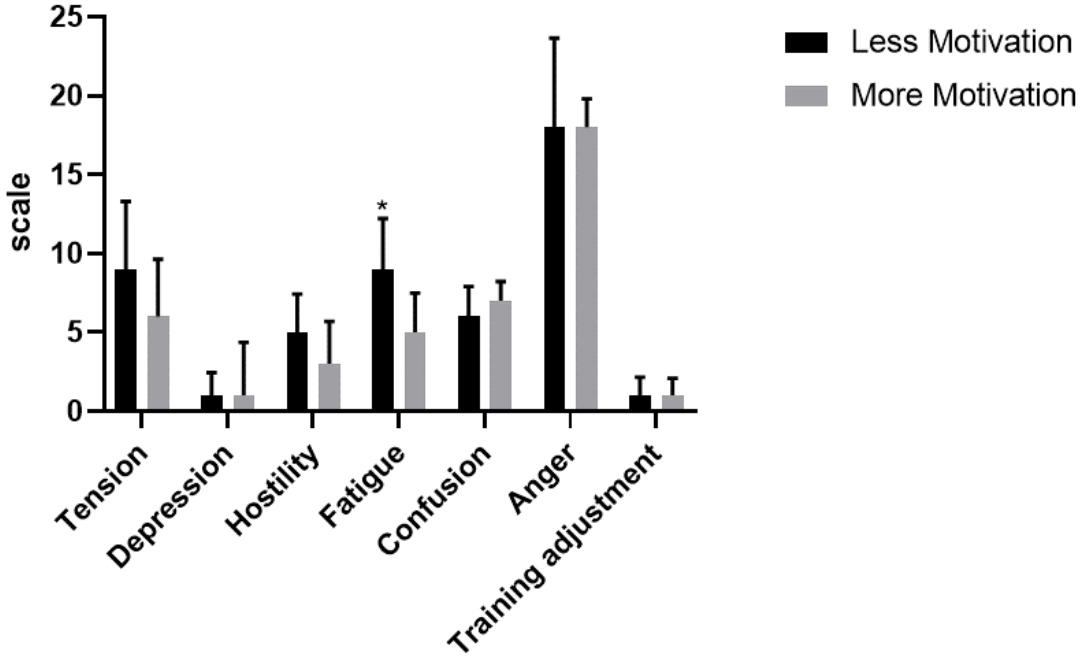


Figure 1. Comparison of data referring to the POMS according to the motivation groups of professional volleyball athletes (n=12). Total Mood Disturbance (TMD). Não entendi. Como os grupos foram separados em LM e MM se as variáveis são iguais nos 2 grupos? O grupo MM não teria de ter pontuação significativamente menor?

Energy and Nutrient intake

On Table 2 it is show the macronutrient intake of athletes according to the groups categorized by the state of motivation. There was no difference between LM and MM groups as concerns carbohydrates, proteins or lipids intake. However, it was found that the median energy intake of both groups was below the carbohydrates` recommendation for athletes and within the recommendation` for proteins and lipids. Regarding individual recommendation, where we considered as a cutoff point 2g/kg of protein, 6g/kg for carbohydrates and 30% for lipids in group LM. 3 athletes had intake above the recommendation for proteins, 2 athletes were above de recommendation for carbohydrates, and 4 athletes for lipids. More than half of the athletes had lipids intake above the recommended level with athletes ingesting up to 43.55% of lipids. In MM group one athlete had protein intake above recommendations and two had lipid intake above recommendations. However, a higher intake of lipids was observed in group 1 compared to group 2 but without a significant difference.

Table 2. Macronutrient intake according to the motivation groups of professional volleyball athletes (n=12)

Nutrients	Median (IIQ)CI)	
	LM (n=7)	MM (n=5)
Protein (g/kg)	1.71 (0.64)	1.69 (0.85)
Carbohydrate (g/kg) Carbohydrate (%VET)	4.54 (0.77)	4.86 (1.03)
Lipids (g/kg)	2.39 (0.82)	1.40 (0.53)
Lipids (%VET)	30.71 (6.16)	29.89 (3.74)

Less motivated (LM) More Motivated (MM). Mann-Whitney test was performed for comparison inter groups.

Energy intake and energy balance were different between groups (p<0.001 and p<0.001), where LM group had higher energy intake than MM group, reflecting in a higher positive energy balance (Figure 3).

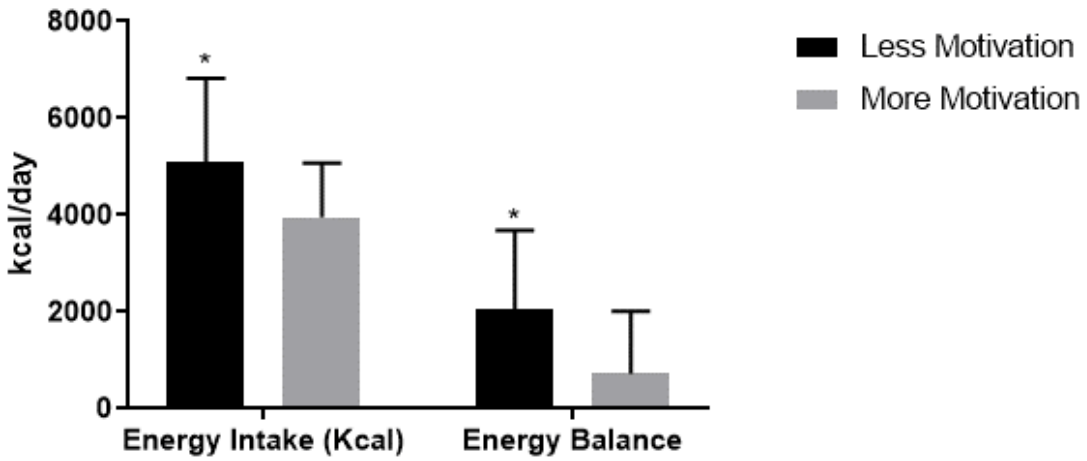


Figure 2. Energy intake and energy balance of athletes according to the motivation groups of professional volleyball athletes (n=12) *p value<0,05 Mann Withiney test PQ não coloca na tabela?

DISCUSSION

The motivation groups evaluation concerning the profile of mood state and food intake among male professional volleyball athletes demonstrated that the athletes in the less motivated group had a greater sense of fatigue. Such result may indicate a greater propensity to feel fatigued faster than the more motivated group. In addition, the food intake of athletes in the less motivated group had significantly higher daily energy intake and daily energy balance compared to athletes in the more motivated group.

These results are especially relevant and corroborate the literature that athletes with higher levels of mental motivation were also more likely to perform actions[18]. We associate a greater propensity to perform actions with greater individual vigor. Buvanendiran and Virupaksha[4] reported that athletes who showed greater vigor among the participants in the competition were those who were more likely to be successful.

The athletes' global mood state is described as a decisive component for their performance, as those individuals who presented greater tension and

confusion before the game ended up defeated in the end[19]. On the other hand, athletes who presented lower scores on the items assessed by the POM's were those who felt more tired and had greater sleepiness before competitions[20]. Sleepiness and tiredness are characteristics presented by athletes with a greater sense of fatigue, as we found in our study in the least motivated group.

Athletes' mental fatigue has been the target of studies that aim to understand its mechanisms and forms of detection[21]. Reported in sports with repetitive movements, such as volleyball non-resistance to fatigue can harm the athlete[22]. Mental fatigue can also be associated with peripheral and supraspinatus factors and contribute to decreased performance and feasibility of knee extensors after the maximum required activity[23] in important volleyball movements such as attacking and blocking.

Changes in the state of motivation and nutrition may be associated with a decrease in the athlete's performance capacityref. A cohort of several athletes that investigated the determinants of food choices found that physical activity factors are the most determinant for food intake[9]. Our results demonstrate that athletes in the less motivated group had higher positive energy balance and higher lipid intake. Roy Chatterjee and Dey[6] demonstrated that emotional changes are positively and significantly correlated with the ingestion of snacks by athletes. In addition, such correlations were also found for the intake of sweets, containing high levels of lipids and high energy density, increasing caloric intake.

It is important to highlight that the association of emotional changes and eating disorders in athletes has also been studied. These studies found that negative emotions can trigger the onset of binge eating episodes and be directly associated with the permanence of those episodes dá para afirmar isso?. A severe mood change may also trigger an episode of compulsion to reduce emotional distress[24].

The study did not analyse the athletes' metabolic and hormonal concentrations, which can be considered a limitation precisava dessas variáveis para afirmar alguma coisa?. The food intake analysed was obtained from only one recall, which can be considered a limitation of the study as it does not contain more food survey data. The sample consisted of ~~twelve~~ 12 participants outros estudos sobre o mesmo tema tem quantos participantes?. Although it is the totality of athletes on the team, it can´t be considered as a robust sample, não pode ser

considerado dessa forma, uma vez q seu universo é pequeno. The study has the strength of being an immediate pre-game field analysis, indicating the athletes' condition for performance. It also reflects the behaviour of a team of collective sports where the characteristics of the athletes are in constant interaction for the sporting success.

CONCLUSION

Athletes who were more motivated for the sport were those who were less prone to mental fatigue mental?, had lower energy balance and had lower lipid intake compared to their less motivated peers. Variations in the energy balance can bring the athlete to be susceptible to the weight change. Consequently, it may affect performance. Higher lipid intake may increase plasma concentrations of lipid-carrying substances, leading to changes in the lipid profile. Besides, the feeling of fatigue can lead the athlete to feel less able to exercise or have less resistance to keep performance, which can decisively impair a sport with long-lasting games.

These results are important to support further studies focused on evaluating motivation and its relationship with eating behaviour. Food consumption and dietary patterns não fez padrão dietético athletes` studies associated with motivation changes may help in the future to delimit this relationship. As well as the investigation of hormonal and metabolic variables and their relationship with the motivational profile and dietary modifications can delimit the metabolic effect of such alterations.

Acknowledgements

All technical support for the evaluations was provided by the Laboratory of Food Development for Special Health Purpose and Education (LabDAFEE) and the Nutritional Assessment Laboratory (LANUTRI). We thank the Foundation for Research Support of the State of Rio de Janeiro (FAPERJ) and Coordination of Superior Level Staff Improvement (CAPES) for financial support.

Declaration of Interest

The authors declare that they have no competing interests.

REFERENCES

1. Mosqueda, S., López-Walle, J. M., Gutiérrez-García, P., García-Verazaluce, J., & Tristán, J. (2019). Autonomous motivation as a mediator between an empowering climate and enjoyment in male volleyball players. Sports, 7(6), 153.

2. Gunawan, B. (2019, September). Relationship of Self Control, Critical Thinking, Motivation with Volleyball Games. In 3rd International Conference on Sport Science, Health, and Physical Education (ICSSHPE 2018) (pp. 203-206), Atlantis Press.

3. Beedie, C. J., Terry, P. C., & Lane, A. M. (2000). The profile of mood states and athletic performance: Two meta-analyses. Journal of applied sport psychology, 12(1), 49-68.

4. Buvanendiran, P., & Virupaksha, N. (2018). Assessment of mood states on elite team game athletes. Ganesan College of Arts and Science, 58.

5. Brandt, R., Bevilacqua, G. G., & Andrade, A. (2017). Perceived sleep quality, mood states, and their relationship with performance among Brazilian elite athletes during a competitive period. Journal of strength and conditioning research, 31(4), 1033-1039.

6. Roy, M., Chatterjee, S., & Dey, S. K. (2019). Interrelationship of stress, body image, negative mood state and susceptibility to abnormal eating behavior among game-specific female athletes: an exploratory approach. European Journal of Physical Education and Sport Science.

7. ADA (2016)- Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. J. Am. Diet. Assoc 543-568.

8. Gastrich, M. D., Quick, V., Bachmann, G., & Moriarty, A. M. (2020). Nutritional risks among female athletes. Journal of Women's Health, 29(5), 693-702.

9. Thurecht, R. & Pelly. F. (2020). Key factors influencing the food choices of athletes at two distinct major international competitions. Nutrients, 12(4), 924.

10. Stewart, A., Marfell-Jones, M., Olds, T., & De Ridder, H. (2011). International Society for Advancement of Kinanthropometry, International standards for anthropometric assessment. International Society for the Advancement of Kinanthropometry, 3.

11. Harris, J. A., & Benedict, F. G. (1918). A biometric study of human basal metabolism. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 4(12), 370.

12. Oliveira, T. M., Penna-Franca, P. A., Dias-Silva, C. H., Bittencourt, V. Z., Cahuê, F. F., Fonseca-Junior, S. J. & Pierucci, A. P. T. (2021). Predictive equations for resting metabolic rate are not appropriate to use in Brazilian male adolescent football athletes. PloS one, 16(1), e0244970.

13. Pelletier, L. G., Tuson, K. M., Fortier, M. S., Vallerand, R. J., Briere, N. M. & Blais, M. R. (1995). Toward a new measure of intrinsic motivation, extrinsic motivation and motivation in sports: The Sports Motivation Scale (SMS). Journal of Sport and Exercise Psychology, 17(1), 35-53.

14. Serpa, S., Alves, P. & Barreiros, A. (2004). Versão portuguesa da Sport Motivational Scale (SMSp): processos de tradução, adaptação e fiabilidade.

Lisboa: Laboratório de Psicologia do Desporto-Faculdade de Motricidade Humana-Universidade Técnica de Lisboa.

15. Terry, P. C., Lane, A. M. & Fogarty, G. J. (2003). Construct validity of the Profile of Mood States—Adolescents for use with adults. Psychology of sport and exercise, 4(2), 125-139.

16. Pinheiro, A. B. V., Lacerda, E. M. D. A., Benzecry, E. H., Gomes, M. C. D. S. & Costa, V. M. D. (2008). Tabela para avaliação de consumo alimentar em medidas caseiras. In Tabela para avaliação de consumo alimentar em medidas caseiras (pp. 131-131).

17. U.S. Department of Agriculture. Agricultural Research Service. (2015). USDA National Nutrient Database for Standard Reference. Release 27. Nutrient Data Laboratory Home Page. http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl. Acessado em 1 de novembro de 2015.

18. Hassan, P. T. R. & Hussein. A. K. A. (2019). The contribution of the mental motivation in knowledge achievement of some basic skills in volleyball for the students of the second stage in the college of physical education and sports sciences the University of Diyala. Journal Mustansiriyah of sports science. 1(2).

19. Andrade, A., Silva, R. B., Junior, M. A. F., Rosa, C. B. & Dominski, F. H. (2019). Changes in mood states of Brazilian jiu-jitsu athletes during training and competition. Sport Sciences for Health, 15(2), 469-475.

20. Chennaoui, M., Bougard, C., Drogou, C., Langrume, C., Miller, C., Gomez-Merino, D. & Vergnoux, F. (2016). Stress biomarkers, mood states and sleep during a major competition: "Success” and “failure” athlete's profile of high-level swimmers. Frontiers in physiology, 7, 94.

21. Carriker, C. R. (2017). Components of Fatigue: Mind and Body. The Journal of Strength & Conditioning Research, 31(11), 3170-3176.

22. Seidel-Marzi, O. & Ragert, P. (2020). Anodal transcranial direct current stimulation reduces motor slowing in athletes and non-athletes. BMC Neuroscience, 21, 1-12.

23. Goodall, S., Charlton, K., Howatson, G., & Thomas, K. (2015). Neuromuscular fatigability during repeated-sprint exercise in male athletes. Medicine & Science in Sports & Exercise, 47(3), 528-536.

24. Dingemans, A., Danner, U. & Parks, M. (2017). Emotion regulation in binge eating disorder: A review. Nutrients, 9(11), 1274.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo investigar o perfil metabóliconutricional, motivacional e de humor de atletas profissionais de voleibol submetidos a diferentes esforços físico na pré-temporada. Sendo esse esforço em ambiente controlado por ACR e durante um jogo. A análise das atletas de voleibol profissional ao serem submetidas a ACR não apresentaram diferença significativa nas concentrações séricas dos indicadores bioquímicos avaliados e não apresentaram riscos na avaliação nutricionais. Não houve relação entre as variáveis corporais, do ACR, séricas e de ingestão alimentar.

Porém ao analisarmos os metabolitos presentes no sangue foi identificada uma modificação do padrão dos metabolitos entre os momentos pré e pós ACR. Com os 3 PC contribuindo para mais de setenta por cento dessa variação. Quanto aos metabolitos encontramos aumento de LDL e glicina, que podem ser mobilizados para a sinalização hormonal e possível utilização para a manutenção do exercício. Enquanto metabólitos de estresse oxidativo (3-Hidroxibutirato), corpos cetonicos (acetato, acetoacetato e acetona), aminoácidos (arginina/lisina, glicina, glutamato, glutamina, histidina, leucina, metilguanidina, valina) e mediadores do metabolismo e produção de energia como citrato, carnitina, creatina, glicerol e succinato tiveram variação negativa entre os momentos.

No teste também foi encontrada relação entre histidina e ingestão alimentar e massa gorda de maneira inversamente proporcional, caracterizando que quanto menor a massa gorda e menor a ingestão alimentar maiores as intensidades de histidina no espectro.

Em contrapartida ao compararmos em uma partida oficial, encontramos na análise de EBAM que o comportamento de variação dos metabolitos não foi o considerado padrão para a amostra analisada. Indicando que o jogo modificar o padrão de variação dos metabolitos, levando em consequência a variações distintas do esperado. Tais variações como ácido fórmico, histidina, hipoxantina e tirosina sofreram aumento após a partida, enquanto LDL, arginina isoleucina, leucina, valina diminuíram suas concentrações após o exercício. Metabolitos aminoácidos, indicando a mobilização dos mesmos durante o exercício para

produção de energia. E tal variação não se apresentou diferente ao compararmos titulares e reservas.

Ao compararmos ambos os testes podemos observar que houve mobilização e comportamento de metabolitos diferentes em ambos os grupos, a diferença de sexo entre os grupos é um indicador de diferenças de características metabólicas, porém a análise de EBAM nos auxilia a identificar que possivelmente o tipo de esforço do jogo que levou a diferença nas intensidades de variação entre os momentos.

Essas diferenças fizeram com que no ACR aminoácidos tivessem com variação positiva enquanto no teste de campo eles apresentaram variação negativa ao comprarmos os momentos. Podendo ser um indicador de utilização deles para metabolismo quando diminuem e mobilização para recuperação no aumento após o episodio de exercício. Quando ao LDL as práticas esportivas demonstrarão comportamentos distintos desse metabólito que auxilia na mobilização de compostos lipídicos para a manutenção da beta oxidação.

Em ambas as análises foram observados diminuição de 3-hidroxibutirato, um metabolito ligado aos indicadores de estresse oxidativo. Isto é, intermediário de reações de produção reativas de oxigênio que são produzidas em situações de alta produção energética. Porém o significativo dos metabólitos não se foi corroborado com modificação das concentrações séricas desse composto, reforçando a sensibilidade da análise de RMN para detecção da variação do estado metabolito do indivíduo.

A mobilização dos metabolitos para a produção de energia e manutenção do esforço auxiliará o nutricionista na prescrição de nutrientes principalmente para a fase de recuperação após o esforço. Auxiliando na proporção de carboidratos, lipídeos e proteína para maximizar a recuperação muscular, assim como garantir a reposição aos estoques de glicogênio e tecido adiposo. Porém, a alimentação não será somente dependente da necessidade metabólica e fisiológica do atleta, existem fatores que podem impactar diretamente na ingestão alimentar. Conforme encontramos no presente estudo que os atletas mais motivados para o esporte apresentaram menor balanço energético e menor ingestão de lipídios em comparação com seus pares menos motivados. Demonstrando o impacto do estado motivacional na ingestão alimentar e na escolha dos alimentos. O que pode prejudicar a recuperação e a composição

corporal. Ademais também foi encontrado a relação entre maior motivação e menor propensão à fadiga mental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMANN, Markus et al. Opioid-mediated muscle afferents inhibit central motor drive and limit peripheral muscle fatigue development in humans. **The Journal of physiology**, v. 587, n. 1, p. 271-283, 2009.

ANDRADE, Alexandro et al. Changes in mood states of Brazilian jiu-jitsu athletes during training and competition. **Sport Sciences for Health**, v. 15, n. 2, p. 469-475, 2019.

ANDRADE, Alexandro et al. Sleep quality, mood and performance: A study of elite Brazilian volleyball athletes. **Journal of sports science & medicine**, v. 15, n. 4, p. 601, 2016.

AOKI, Marcelo S. et al. Monitoring training loads, mood states, and jump performance over two periodized training mesocycles in elite young volleyball players. **International Journal of Sports Science & Coaching**, v. 12, n. 1, p. 130-137, 2017.

ARAÚJO, C. G. S.; SCHARHAG, J. Athlete: a working definition for medical and health sciences research. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 26, n. 1, p. 4-7, 2016.

BEEDIE, Christopher J.; TERRY, Peter C.; LANE, Andrew M. The profile of mood states and athletic performance: Two meta-analyses. **Journal of applied sport psychology**, v. 12, n. 1, p. 49-68, 2000.

BERETTA-PICCOLI, Matteo et al. Evaluation of central and peripheral fatigue in the quadriceps using fractal dimension and conduction velocity in young females. **PloS one**, v. 10, n. 4, p. e0123921, 2015.

BERG J. M, et al. Exploring proteins: nuclear magnetic resonance can reveal the structures of protein solutions. In W. H. Freeman, **Biochemistry**, 5 ed., New York, p. 77– 115, 2002.

BERTON, Ricardo et al. Metabolic time-course response after resistance exercise: A metabolomics approach. **Journal of sports sciences**, v. 35, n. 12, p. 1211-1218, 2017.

BOCCIA, Gennaro et al. Neuromuscular fatigue does not impair the rate of force development in ballistic contractions of submaximal amplitudes. **Frontiers in physiology**, v. 9, p. 1503, 2018.

BRANDT, Ricardo; BEVILACQUA, Guilherme G.; ANDRADE, Alexandro. Perceived sleep quality, mood states, and their relationship with performance among Brazilian elite athletes during a competitive period. **Journal of strength and conditioning research**, v. 31, n. 4, p. 1033-1039, 2017.

BRYANT, Kaleshia et al. Burnout Levels and Mood States Among Athletic Training Students in Professional Master's Programs. **Athletic Training Education Journal**, v. 14, n. 3, p. 151-155, 2019.

BUENO, Luciano. **Políticas públicas do esporte no Brasil: razões para o predomínio do alto rendimento**. 2008. Tese de Doutorado.

BUVANENDIRAN, P.; VIRUPAKSHA, N. D. Assessment of mood states on elite team game athletes. **Ganesar College of Arts and Science**, p. 58, 2018.

CANUTO, Gisele AB et al. Metabolômica: definições, estado-da-arte e aplicações representativas. **Química Nova**, v. 41, p. 75-91, 2018.

CARNEIRO, Gabriel et al. Novel strategies for clinical investigation and biomarker discovery: a guide to applied metabolomics. **Hormone molecular biology and clinical investigation**, v. 38, n. 3, 2019.

CARRIKER, Colin R. Components of Fatigue: Mind and Body. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 31, n. 11, p. 3170-3176, 2017.

CHAPMAN, James; WOODMAN, Tim. Disordered eating in male athletes: a meta-analysis. **Journal of Sports Sciences**, v. 34, n. 2, p. 101-109, 2016.

CHENNAOUI, Mounir et al. Stress biomarkers, mood states, and sleep during a major competition: “Success” and “failure” athlete's profile of high-level swimmers. **Frontiers in physiology**, v. 7, p. 94, 2016.

CONDO, Dominique et al. Nutritional intake, sports nutrition knowledge and energy availability in female Australian rules football players. Nutrients, v. 11, n. 5, p. 971, 2019.

DANH, Jessica et al. Assessment of Dietary Intake, Body Composition and Sports Nutrition Knowledge of NCAA Division I Female Collegiate Volleyball Players. **Current Developments in Nutrition**, v. 4, n. Supplement_2, p. 1751-1751, 2020.

DEBIEN, Paula B. et al. Monitoring training load, recovery, and performance of Brazilian professional volleyball players during a season. **International journal of sports physiology and performance**, v. 13, n. 9, p. 1182-1189, 2018.

DINGEMANS, Alexandra; DANNER, Unna; PARKS, Melissa. Emotion regulation in binge eating disorder: A review. **Nutrients**, v. 9, n. 11, p. 1274, 2017.

DOS SANTOS LIMA, Antonio Luís et al. Metabolômica do Exercício Físico: Uma Poderosa Ferramenta de Avaliação. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 5, 2018.

DUNN, Warwick B.; ELLIS, David I. Metabolomics: current analytical platforms and methodologies. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 24, n. 4, p. 285-294, 2005.

DURAI, C.; ATHISAYARAJ, S. Comparison of mood states between handball and volleyball players. 2018.

FACCIN, Ana Paula; ALVES, Márcia Keller; MACEDO, Rodrigo Cauduro Oliveira. Perfil antropométrico e alimentar e o conhecimento nutricional de atletas de voleibol. **RBNE-Revista Brasileira De Nutrição Esportiva**, v. 11, n. 63, p. 259-264, 2017.

Fédération Internationale de Volleyball (FIVB). **REGRAS DO JOGO - Regras Oficiais de Voleibol.** FIVB, 2020.

FOSTER, Carl et al. Athletic performance in relation to training load. **Wisconsin medical journal**, v. 95, n. 6, p. 370-374, 1996.

GASTRICH, Mary Downes et al. Nutritional Risks Among Female Athletes. **Journal of Women's Health**, v. 29, n. 5, p. 693-702, 2020.

GOODALL, Stuart et al. Neuromuscular fatigability during repeated-sprint exercise in male athletes. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 47, n. 3, p. 528-536, 2015.

GOWDA, G. A.; GOWDA, Yashas N.; RAFTERY, Daniel. Expanding the limits of human blood metabolite quantitation using NMR spectroscopy. **Analytical chemistry**, v. 87, n. 1, p. 706-715, 2015.

GUNAWAN, Budi. Relationship of Self Control, Critical Thinking, Motivation with Volleyball Games. In: **3rd International Conference on Sport Science, Health, and Physical Education (ICSSHPE 2018)**. Atlantis Press, 2019.

HARGREAVES, Mark; SPRIET, Lawrence L. Skeletal muscle energy metabolism during exercise. **Nature Metabolism**, v. 2, n. 9, p. 817-828, 2020.

HASSAN, PhD Thaer Rasheed et al. The contribution of the mental motivation in knowledge achievement of some basic skills in volleyball for the students of the second stage in the college of physical education and sports sciences University of Diyala. **journal mustansiriyah of sports science**, v. 1, n. 2, p. 280-298, 2019.

HEANEY, Liam M.; DEIGHTON, Kevin; SUZUKI, Toru. Non-targeted metabolomics in sport and exercise science. **Journal of sports sciences**, v. 37, n. 9, p. 959-967, 2019.

HENDERSON, Gregory C. et al. Lipolysis and fatty acid metabolism in men and women during the postexercise recovery period. **The Journal of physiology**, v. 584, n. 3, p. 963-981, 2007.

HORTA, Thiago AG et al. Training load, physical performance, biochemical markers, and psychological stress during a short preparatory period in brazilian elite male volleyball players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 33, n. 12, p. 3392-3399, 2019.

HORTA, Thiago Andrade Goulart et al. Training load impact on recovery status in professional volleyball athletes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 26, n. 2, p. 158-161, 2020.

HOSHINO, Fumi et al. Sleep Quality and Nutrient Intake in Japanese Female University Student-Athletes: A Cross-Sectional Study. In: **Healthcare**. MDPI, 2022. p. 663.

HUNTER, Gary R. et al. Potential causes of elevated REE following high-intensity exercise. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 49, n. 12, p. 2414, 2017.

IOM, Institute of Medicine (2011). DRI Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamina D. Washington: The National Academies Press.

ISSURIN, Vladimir B. New horizons for the methodology and physiology of training periodization. **Sports medicine**, v. 40, n. 3, p. 189-206, 2010.

JÚNIOR, Wanderley Marchi. O processo de ressignificação do voleibol a partir da inserção da televisão no campo esportivo. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 26, n. 2, p. 149-162, 2005.

KARL, J. Philip et al. Military training elicits marked increases in plasma metabolomic signatures of energy metabolism, lipolysis, fatty acid oxidation, and ketogenesis. **Physiological reports**, v. 5, n. 17, p. e13407, 2017.

KERKSICK, Chad M. et al. International society of sports nutrition position stand: nutrient timing. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 14, n. 1, p. 1-21, 2017.

KIM, Youjin et al. Characterization and Validation of an “Acute Aerobic Exercise Load” as a Tool to Assess Antioxidative and Anti-inflammatory Nutrition in Healthy Subjects Using a Statistically Integrated Approach in a Comprehensive Clinical Trial. **Oxidative medicine and cellular longevity**, v. 2019, 2019.

KISHALI, Necip Fazil et al. Effects of menstrual cycle on sports performance. **International Journal of Neuroscience**, v. 116, n. 12, p. 1549-1563, 2006.

LEE, Jung Ho; OKUNO, Yusuke; CAVAGNERO, Silvia. Sensitivity enhancement in solution NMR: Emerging ideas and new frontiers. **Journal of Magnetic Resonance**, v. 241, p. 18-31, 2014.

LEHNERT, Michal et al. Training-induced changes in physical performance can be achieved without body mass reduction after eight week of strength and injury prevention oriented programme in volleyball female players. **Biology of Sport**, v. 34, n. 2, p. 205-213, 2017.

LEWIS, Gregory D. et al. Metabolic signatures of exercise in human plasma. **Science translational medicine**, v. 2, n. 33, p. 33ra37-33ra37, 2010.

MARTINOVIC, J. et al. Long-term effects of oxidative stress in volleyball players. **International journal of sports medicine**, v. 30, n. 12, p. 851-856, 2009.

MCGANNON, Kerry R.; MCMAHON, Jenny. Understanding female athlete disordered eating and recovery through narrative turning points in autobiographies. **Psychology of Sport and Exercise**, v. 40, p. 42-50, 2019.

MIELGO-AYUSO, Juan et al. Dietary intake habits and controlled training on body composition and strength in elite female volleyball players during the season. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 40, n. 8, p. 827-834, 2015.

MONTGOMERY, Douglas C. **Design and analysis of experiments**. John wiley & sons, 2017.

MOSQUEDA, Sofia et al. Autonomous motivation as a mediator between an empowering climate and enjoyment in male volleyball players. **Sports**, v. 7, n. 6, p. 153, 2019.

NEPOCATYCH, Svetlana; BALILIONIS, Gytis; O'NEAL, Eric K. Analysis of dietary intake and body composition of female athletes over a competitive season. **Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine**, v. 6, n. 2, p. 57, 2017.

NETO, Silvestre Cirilo Dos Santos. A evolução das regras visando o espetáculo no voleibol. **Lecturas: Educación física y deportes**, n. 76, p. 27, 2004.

NTAI, A. et al. Anthropometric parameters and leg power performance in fencing. Age, sex and discipline related differences. **Science & Sports**, v. 32, n. 3, p. 135-143, 2017.

PECHLIVANIS, Alexandros et al. 1H NMR study on the short-and long-term impact of two training programs of sprint running on the metabolic fingerprint of human serum. **Journal of proteome research**, v. 12, n. 1, p. 470-480, 2013.

PELLETIER, Luc G. et al. Toward a new measure of intrinsic motivation, extrinsic motivation, and amotivation in sports: The Sport Motivation Scale (SMS). **Journal of sport and Exercise Psychology**, v. 17, n. 1, p. 35-53, 1995.

PINTO, Ana Jéssica et al. “Despite being an athlete, I am also a human-being”: Male elite gymnasts’ reflections on food and body image. **European Journal of Sport Science**, p. 1-9, 2019.

PONS, Victoria et al. Calorie restriction regime enhances physical performance of trained athletes. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 15, n. 1, p. 1-10, 2018.

ADA, POSITION OF THE AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION et al. Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. **J. Am. Diet. Assoc,** 543-568, 2016.

RIETJENS, G. J. W. M. et al. Physiological, biochemical and psychological markers of strenuous training-induced fatigue. **International journal of sports medicine**, v. 26, n. 01, p. 16-26, 2005.

ROTTA, Tatiana Marcela; ROHLFS, Izabel Cristina Provenza de Miranda; OLIVEIRA, Walter Ferreira de. Aplicabilidade do Brums: estados de humor em

atletas de voleibol e tênis no alto rendimento. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 20, p. 424-428, 2014.

ROY, Madhurima; CHATTERJEE, Subhra; DEY, Swapan Kr. INTERRELATIONSHIP OF STRESS, BODY IMAGE, NEGATIVE MOOD STATE AND SUSCEPTIBILITY TO ABNORMAL EATING BEHAVIOUR AMONG GAME SPECIFIC FEMALE ATHLETES: AN EXPLORATORY APPROACH. **European Journal of Physical Education and Sport Science**, 2019.

SCHRANNER, Daniela et al. Metabolite concentration changes in humans after a bout of exercise: a systematic review of exercise metabolomics studies. **Sports medicine-open**, v. 6, n. 1, p. 11, 2020.

SESBRENO, Erik et al. Elite Male Volleyball Players Are at Risk of Insufficient Energy and Carbohydrate Intake**.** **Nutrients**, v. 13, n. 5, p. 1435, 2021.

SEIDEL-MARZI, Oliver; RAGERT, Patrick. Anodal transcranial direct current stimulation reduces motor slowing in athletes and non-athletes. **BMC Neuroscience**, v. 21, n. 1, p. 1-12, 2020.

SILVA, Analiza M. et al. Compensatory changes in energy balance regulation over one athletic season. **Med Sci Sports Exerc**, v. 49, n. 6, p. 1229-35, 2017.

SIMÕES, Ricardo Adamoli et al. Effects of the neuromuscular training in the cardiorespiratory fitness and body composition of female volleyball athletes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 15, p. 295-298, 2009.

SOUGLIS, A. et al. Comparison of inflammatory responses and muscle damage indices following a soccer, basketball, volleyball and handball game at an elite competitive level. **Research in Sports Medicine**, v. 23, n. 1, p. 59-72, 2015.

TERRY, Peter C.; LANE, Andrew M.; FOGARTY, Gerard J. Construct validity of the Profile of Mood States—Adolescents for use with adults. **Psychology of sport and exercise**, v. 4, n. 2, p. 125-139, 2003.

THOMAS, Kevin et al. Neuromuscular fatigue and recovery after heavy resistance, jump, and sprint training. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 50, n. 12, p. 2526-2535, 2018.

THURECHT, Rachael; PELLY, Fiona. Key Factors Influencing the Food Choices of Athletes at two Distinct Major International Competitions. **Nutrients**, v. 12, n. 4, p. 924, 2020.

TOLEDO, Heglison Custódio et al. Distribuição da carga interna de treinamento durante uma temporada no voleibol profissional. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 34, n. 4, p. 567-575, 2020.

VALPORTO, Oscar. **Vôlei no Brasil: uma história de grandes manchetes**. Casa da Palavra, 2007.

WANG, Dan et al. Different effect of local and general fatigue on knee joint stiffness. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 49, n. 1, p. 173-182, 2017.

WILLIAMS, Clyde; ROLLO, Ian. Carbohydrate nutrition and team sport performance. **Sports Medicine**, v. 45, n. 1, p. 13-22, 2015.

WODARSKA, M. et al. Menstrual cycle disorders in female volleyball players. **Journal of Obstetrics and Gynaecology**, v. 33, n. 5, p. 484-488, 2013.

WOODRUFF, Sarah J.; MELOCHE, Renee D. Energy availability of female varsity volleyball players. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 23, n. 1, p. 24-30, 2013.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global action plan on physical activity 2018-2030: more active people for a healthier world**. World Health Organization, 2019.

YAN, Bei et al. Metabolomic investigation into variation of endogenous metabolites in professional athletes subject to strength-endurance training. **Journal of Applied Physiology**, v. 106, n. 2, p. 531-538, 2009.

YIN, Xuejuan. Effect of Physical Training on Central Fatigue Recovery in Mice. **Revista Cientifica-Facultad de Ciencias Veterinarias**, v. 30, n. 1, 2020.

APÊNDICE 1

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

- Estudo do perfil metabólico, gasto energético, composição corporal e indicadores bioquímicos e suas influências na performance ao longo da temporada competitiva de voleibol profissional. -

Versão 17/09/2018

A partir da sua participação no treinamento competitivo ministrado na _____, este estabelecimento, em parceria com o projeto de pesquisa "Estudo do perfil metabólico, gasto energético, composição corporal e indicadores bioquímicos e suas influências na performance ao longo da temporada competitiva de voleibol profissional", o selecionou para participar desta pesquisa.

A participação nesta pesquisa consistirá em responder às perguntas a serem realizadas sob a forma de questionários, medida do peso, altura, circunferências e dobras cutâneas, participação de testes físicos, para verificar a sua capacidade física, e realização de exames laboratoriais, como exames de sangue com coletas pré e pós-exercício, isto é, retirada de sangue normal como em exames de rotina. Serão coletados dois tubos de 8mL de sangue. As análises serão feitas em laboratórios capacitados e não haverá retenção das amostras para futuras análises. Exame de calorimetria indireta é um exame que mede o gasto de energia no repouso, isto é, sem estar realizando nenhuma atividade, bioimpedância. Trata-se de um exame em que uma corrente elétrica mínima, imperceptível, passa pelo corpo a fim de se medir percentual de gordura e massa livre de gordura. Exame de densitometria computadorizada por absormetria radiológica de dupla energia, de baixa emissão de raio X. A radiação

ionizante em baixa emissão provoca riscos mínimos à saúde, porém pode provocar efeitos colaterais em longo prazo. Esse exame é necessário, pois tem alta precisão, o que o auxilia como atleta a ter sua composição corporal nos diferentes momentos da temporada e evitar o risco de lesões por esforço. As atividades serão realizadas quatro vezes ao longo da temporada, pois permitirão um controle maior sobre as modificações que possam estar ocorrendo no seu corpo e organismo, sendo cada avaliação composta de dois momentos:

1º Momento: Avaliação corporal e nutricional e coleta de sangue pré-exercício, com duração de 40 minutos

2 º Momento: Realização de coleta de sangue pós-exercício, com duração de 10 minutos.

Você não terá nenhum custo, quaisquer custos, inclusive de acompanhantes, serão reembolsados pelo pesquisador. Caso sofra qualquer tipo de dano resultante de sua participação na pesquisa, previsto ou não neste termo, será devidamente indenizado. Esta pesquisa apresenta risco potencial maior que o mínimo. Devido ao exame de DXA, como já foi dito, e aos testes de esforço e coletas de sangue para avaliações, você pode sentir cansado ou exaustão, desconforto e ansiedade. Caso você se sinta incomodado, os testes serão interrompidos. Os benefícios relacionados à sua participação serão a oportunidade de realizar uma avaliação nutricional completa e o conhecimento sobre o desempenho físico e aumento do conhecimento científico para a área de nutrição, com ênfase em nutrição e atividade física.

As respostas serão tratadas de forma anônima e confidencial, isto é, em nenhum momento, serão divulgados nomes em qualquer fase do estudo. Quando for necessário exemplificar determinada situação, a privacidade será assegurada, uma vez que o nome será substituído. Os dados coletados serão utilizados somente nesta pesquisa e os resultados, divulgados em eventos e/ou revistas científicas.

A participação é voluntária, isto é, a qualquer momento, você poderá recusar-se a responder a qualquer pergunta ou desistir de participar e retirar seu consentimento. A recusa não trará nenhum prejuízo em relação ao(s) pesquisador(es) ou à instituição que forneceu os dados.

Você poderá, a qualquer momento, entrar em contato com os pesquisadores através do telefone: (21) 313938-6697, assim como com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho/HUCFF/UFRJ – R. Prof. Rodolpho Paulo Rocco, n.º 255 – Cidade Universitária/Ilha do Fundão – 7ª andar/Sala E - pelo telefone 3938-2480, de segunda a sexta-feira, das 8 às 16 horas, ou por meio do e-mail: cep@hucff.ufrj.br, o Comitê de Ética em pesquisa é um órgão que controla as questões éticas das pesquisas na instituição (UFRJ) e tem como uma das principais funções proteger os participantes da pesquisa de qualquer problema.

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações sobre o estudo acima citado e declaro que li ou que foram lidas para mim.

Li o termo e aceito participar do estudo.

_____

Nome do Participante da Pesquisa

Data: ____/____/____

_____

Assinatura do Participante da Pesquisa

Data: ____/____/____

_____

Nome do Pesquisador Responsável

_____

Assinatura do Pesquisador Responsável

Pesquisador responsável: Msc Taillan Martins de Oliveira

Doutorando do Programa de pós-graduação em Nutrição do Instituto Josué de Castro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ.

E-mail: taillannut@hotmail.com

Celular: (21) 98804-2255

APÊNDICE 2

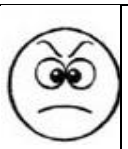
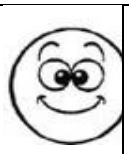
ESCALA DE MOTIVAÇÃO PARA O ESPORTE

(Peletier et. al, 1995; adaptação Serpa, Alves & Barreiros, 2004, FMH-UTL)

Nome:_____

Idade:_____

MARQUE A OPÇÃO QUE MELHOR CORRESPONDE ÀS RAZÕES QUE O(A) LEVAM A PRATICAR FUTEBOL_____

				
NÃO CORRESPONDE	CORRES PONDE POUCO	CORRES PONDE MAIS OU MENOS	CORRES PONDE	CORRES PONDE MUITO
1	2-3	4	5-6	7

1. Pelo prazer que sinto em viver experiências dentro do esporte**.**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
2. Pelo prazer que me dá saber mais sobre o esporte que pratico.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
3. Costumava ter boas razões para praticar esse esporte, mas agora tenho dúvidas**.**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
4. Pelo prazer de descobrir novas técnicas, movimentos, jogadas e golpes.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
5. Já não sei por que pratico a minha modalidade. Tenho a sensação de não ser capaz de ter sucesso nesta modalidade.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
6. Porque permite que as pessoas que conheço tenham mais consideração por mim.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
7. Porque, em minha opinião, é uma das melhores formas de conhecer pessoas.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
8. Porque sinto uma enorme satisfação pessoal em dominar certas técnicas difíceis.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**

9. Por ser absolutamente necessário praticar esportes se quero estar em forma.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
10. Pelo prestígio de ser atleta.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
11. Porque é uma das melhores formas que encontrei para desenvolver outros aspectos, como personalidade e disciplina, da minha pessoa.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
12. Pelo prazer que sinto ao melhorar alguns dos meus pontos fracos.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
13. Pelas sensações que sinto quando estou verdadeiramente envolvido na atividade.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
14. Porque devo praticar esportes para eu me sentir bem.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**

15. Pela satisfação que sinto enquanto melhoro as minhas capacidades esportivas.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
16. Porque as pessoas que me rodeiam acham que é importante estar em forma.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
17. Porque é uma boa forma de aprender muitas coisas que poderão ser úteis em outras áreas da minha vida.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
18. Pelas emoções que sinto ao praticar um	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**

esporte que eu gosto.							
19. Já não sei muito bem por que pratico minha modalidade. Parece-me que o meu lugar não é no esporte.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
20. Pelo prazer que sinto nas execuções difíceis como técnicas, movimentos, jogadas e golpes.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
21. Porque me sentiria mal se não arranjasse tempo para praticar o esporte.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
22. Para mostrar aos outros o quanto sou bom na minha modalidade.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
23. Pelo prazer que sinto quando aprendo novas técnicas que nunca experimentei antes.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
24. Por ser uma das melhores formas de manter boas relações com os meus amigos.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
25. Porque gosto da sensação de estar totalmente empenhado no exercício.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
26. Porque tenho que praticar esportes regularmente.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
27. Pelo prazer de descobrir novas estratégias no meu esporte.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
28. Tenho muitas dúvidas porque parece que não consigo alcançar	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**

os objetivos que estabeleci.							

OBRIGADO PELA PARTICIPAÇÃO!!!

APÊNDICE 3

POMS Reduzido

(profile of mood states **/** perfil do estado de humor**)**

Nome e Sobrenome: ..... Data: ..... / ..... /

2 .....

Itens	Nada **0**	Um Pouco **1**	Moderadamente **2**	Bastante **3**	Muitíssimo **4**	**T**	**D**	**H**	**F**	**C**	**V**	**DT**
1 Tenso												
2 Irritado												
3 Imprestável												
4 Esgotado												
5 Animado												
6 Confuso												
7 Triste												
8 Ativo												

9 Mal Humorado												
10 Enérgico												
11 Sem Valor												
12 Inquieto												
13 Fatigado												
14 Aborrecido												
15 Desencorajado												
16 Nervoso												
17 Só												
18 Embaralhado												
19 Exausto												
20 Ansioso												
21 Deprimido												
22 Sem Energia												
23 Miserável												
24 Desnorteado												
25 Furioso												
26 Eficaz												
27 Cheio de Vida												
28 Com Mau Feitio												
29 Tranquilo												
30 Desanimado												
31 Impaciente												
32 Cheio de Boa Disposição												
33 Inútil												
34 Estourado												
35 Competente												
36 Culpado												
37 Enervado												
38 Infeliz												
39 Alegre												
40 Inseguro												
41 Cansado												
42 Apático												
TE												
PTH												

Instruções: apresenta-se abaixo uma série de palavras que descrevem sensações que as pessoas sentem no dia a dia. Leia primeiro cada palavra com cuidado. Depois, assinale com uma cruz (X) o espaço que melhor corresponde à maneira como sente ao longo dos últimos **7** dias incluindo o dia de hoje.

Uso do Avaliador (escala**)**

GRAU dos ITENS

Significado das Abreviaturas: T = tenso, **D =** depressão, **H =** hostilidade, **F =** fadiga, **C =** confuso, **V =** vigor, **DT**

= desajuste ao treino, **TE =** total de cada escala, **PTH =** perturbação total de humor.

.....

RESULTADO

1) Somar o Resultado de cada Escala.

2) Aplicar os Valores na Fórmula de **Perturbação Total de Humor** (**PTH**).

PTH = [(tensão **+** depressão **+** hostilidade **+** fadiga **+** confusão**) -** vigor**] +** 100

Escore **Alto** de PTH: **piora** do humor. / Escore **Baixo** de PTH: **melhora** do humor.

3) Somar a Escala de **Desajuste ao Treino**. Resultado **alto** pode estar acontecendo **sobre treino**, enquanto o valor **baixo**, o praticante do exercício se encontra saudável.

.....

Informações Importantes

Baseada em Viana M et alii (2001). Adaptação portuguesa da versão reduzida do Perfil de Estado de Humor – POMS.

Análise Psicológica

1(19):77-92. **www.scielo.oces.mctes.pt**

- Instrumento utilizado para avaliar o **estado emocional** e o **estado de humor** de atletas e não atletas.

- Instrumento de autorrelato de fácil utilização para captar os estados afetivos transitórios e flutuantes nos sujeitos.

- Utilizado no esporte e na atividade física para **medir as variações emocionais associadas ao exercício** e bem-estar psicológico.

- Utilizado para verificar o efeito das **cargas de treino** ou em **momentos pré e pós-competitivos**. Esse teste pode detectar o sobre treino.

- **PERFIL do ICEBERG:** indivíduos praticantes de esporte possuem elevada escala de **VIGOR** e sinal mais baixo na escala de **SINAL NEGATIVO** (tensão, depressão, hostilidade, fadiga e confusão).

- O POMS reduzido é vantajoso (**Obs.: o original possui 65 itens**) utilizar porque torna menos cansativo, tornando mais rápida a avaliação. O POMS reduzido possui **36 itens**.