

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE

NATALLY MONTEIRO DE OLIVEIRA

SUPLEMENTAÇÃO DE CAFEÍNA, FADIGA MENTAL E DESEMPENHO FÍSICO EM
PROVA DE CORRIDA EM INDIVÍDUOS ATIVOS E TESTES DE APTIDÃO FÍSICA EM
JOGADORES DE FUTEBOL PROFISSIONAL E DE BASE

MACEIÓ-AL

2022

NATALLY MONTEIRO DE OLIVEIRA

SUPLEMENTAÇÃO DE CAFEÍNA, FADIGA MENTAL E DESEMPENHO FÍSICO EM
PROVA DE CORRIDA EM INDIVÍDUOS ATIVOS E TESTES DE APTIDÃO FÍSICA EM
JOGADORES DE FUTEBOL PROFISSIONAL E DE BASE

Tese de doutorado apresentada ao Programa de
Pós Graduação em Ciências da Saúde da
Universidade Federal de Alagoas, como requisito
para a defesa do doutorado em Ciências da Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Gomes de Araújo

Co-Orientador: Prof. Dr. Filipe Antônio de
Barros Sousa

MACEIÓ-AL

2022

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

- O48s Oliveira, Natally Monteiro de.
 Suplementação de cafeína, fadiga mental e desempenho físico em prova de corrida em indivíduos ativos e testes de aptidão física em jogadores de futebol profissional e de base / Natally Monteiro de Oliveira. – 2022.
 88 f. : il., grafs., tabs. color.
- Orientador: Gustavo Gomes de Araújo.
 Co-orientador: Filipe Antônio de Barros Sousa.
 Tese (doutorado em ciências da saúde) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde. Maceió, 2022.
- Inclui bibliografias.
 Apêndices: f. 67-73.
 Anexos: f. 74-88.
1. Trimetilxantina. 2. Fadiga mental. 3. Exercício físico. 4. Futebol. I. Título.
- CDU: 612.766.1:796.332

AGRADECIMENTOS

Sim, grandes coisas fez o Senhor por nós, e por isso estamos alegres (Salmos 126:3).

É um filme que passa na mente, porque até chegar aqui foi uma longa caminhada. Ouvi um dia desses: calma, é só um degrau. Acredito piamente, é só mais um passo de muitos outros que virão.

Me sinto tão grata...

Agradeço ao Criador, aos meus guias, a toda conexão espiritual, seja aquela que conheço ou até mesmo as esferas que não consigo alcançar.

Agradeço à minha mãe e ao meu pai, por sempre terem me incentivado a estudar e por proporcionarem todo suporte para que hoje eu pudesse estar aqui, é um lugar de muito privilégio. A minha mãe sempre foi minha maior inspiração: pedagoga, psicopedagoga, mestra em educação e professora concursada de educação infantil. Lembro que quando eu era criança, com meus dois irmãos, à noite ficávamos com meu pai, para ela conseguir terminar o magistério. E foi lindo vê-la crescer! Uma mulher que veio de uma família pobre se tornou a primeira a ter nível superior. Sabe... todo dom da escrita veio dela.

Agradeço pela vida do meu irmão mais velho, Quézede, que por ter nascido com deficiência intelectual por falta de oxigenação, foi a força propulsora para que minha mãe quisesse ser pedagoga. Ele sempre nos ensinou muito.

Agradeço muito à minha irmã Janay, ela é meu porto seguro, minha melhor amiga, minha alma gêmea, no sentido espiritual, claro, porque somos opostos complementares: ela é a parte racional e eu a parte sentimental. Por isso não é de surpreender que ela é advogada, mesmo sendo dois anos mais nova, ela é meu aterramento, minha raiz e eu fico no fantástico mundo de Bobby, sendo a Alice no país das maravilhas e tripulante da missão Apollo 11. Ela é a pessoa que mais me conhece, que me lê pelo olhar, e nos momentos de escuridão foi a minha luz.

Enfim, o agradecimento mais esperado! Meu filho eu te agradeço tanto! Desde tão pequeno sempre estivemos juntinhos, me acompanhava em tudo. Claro que não poderia fazer isso sem rede de apoio. Uma mãe pode fazer tudo que deseja, desde que tenha pessoas ao seu redor que sejam suporte. Eu e Dan fomos muito abençoados, muitos anjos cuidaram de nós: tia

Fatinha, Neide, tia Cristina, tia Patrícia, tia Luana, tia Camila, tia Renata. Incluo aqui todas as pessoas que são apoio, que fazem parte da vida de Dan, que entregam todo amor e cuidado que ele merece. Eu e meu filhote somos verdadeiras crias da Ufal! E como preenche meu coração ouvir Dan falar com alegria do lugar que me trouxe tantas oportunidades. Somos muito parceiros e ele colabora na minha correria, ama um laboratório, e compreende as longas horas que eu preciso ficar na frente do computador, os dias sem brincar na rua, sem skate, sem natação, sem karatê. Eu disse a ele que era o meu jeito pra poder ficar rica, as crianças de hoje são muito ambiciosas.

Agradeço à minha ancestralidade, como dizia Bert Hellinger, “Atrás de mim estão todos os meus ancestrais me dando força. A vida passou através deles até chegar a mim. E em honra a eles eu a viverei plenamente.”

Agradeço à Jordana Rangely, amiga e minha família. Ainda durante o meu ensino médio ela me chamava para ajudar nas coletas de dados do seu mestrado e passávamos o dia mensurando informações sobre peixes da espécie popularmente conhecida como Tainhas. E muito antes disso, no ensino fundamental, ela e meu tio Passos, me ajudaram em todas as feiras de ciências da escola. São muitas lembranças... te acompanhar em disciplina fechada para três alunos, desde as várias idas na Usina Ciência. Me orgulho em ter pessoas tão admiráveis ao meu lado. O prêmio de publicações de excelência, concedido pela Fapeal, foi dela, minha bióloga número um.

Para que eu pudesse finalizar meu doutorado, considero que três professores foram fundamentais. Agradeço ao meu orientador, professor Gustavo; ao meu co-orientador, professor Filipe e ao professor Pedro. É uma honra aprender com pessoas tão incríveis, que fazem tanto pela educação, se reinventam em tempos políticos difíceis de desvalorização da ciência.

Desde o início da graduação o professor Gustavo foi uma grande inspiração, nos corredores os alunos comentavam: ele só tem 28 anos, concursado, da graduação foi direto para o doutorado! Ainda lembro da calça skinny coroa, o all star cano alto e a blusa meio rock n'roll. Mas esse estilo durou pouco e a fama de durão se espalhou. Digo, com toda certeza, que foi o professor mais exigente que eu já tive. Saía das aulas do mestrado com o trapézio todo duro. Ah! E na graduação pulei fora da iniciação científica, no fundo, no fundo eu tinha medo, mas aqui estou eu, doutoranda. Obrigada pela paciência, tenho muita dificuldade em cumprir os prazos, sistemática, detalhista, faço uma coisa de cada vez, sempre com altos e baixos “like high and low performance”. Meu maior desafio, com certeza foi dar conta de tantas atividades

paralelas, algumas vezes consegui, outras não. Mas hoje, o professor Gustavo é resiliente, compreende mais a individualidade de cada aluno, traz reflexões profundas. E nós alunos agradecemos muito a vinda do Bento e da Malu, porque aquela pose de durão se transformou, no que eu chamaria de um lugar de mais tranquilidade. É bonito perceber que no caminho todos amadurecem. Lembro quando o sr. falou que no início se preocupava muito em saber onde os alunos iriam atuar, se teriam faculdades suficientes, mas que com o passar do tempo parou de se preocupar e pensou em formar e formar mais alunos, “nivelar por cima”. E independente do caminho que eu vá seguir me sinto muito orgulhosa pelo nível da minha formação. Gratidão por abrir portas, porque o sistema também não é fácil para os professores e te vejo sempre ambicioso, conquistando um e mais outro espaço.

O professor Filipe é extremamente generoso, educado, paciente com os alunos, escuta áudio no whats app de 1 minuto e responde com outro de 2. Ele tem prazer em compartilhar seu conhecimento e é sempre muito proativo. Aprendi muito no laboratório, foi um grande salto em tão pouco tempo. É o professor da educação física “raíz” só que cheio de tecnologia. Se eu me dedicasse, com um tempo aprenderia programação, mas acho que jamais conseguiria fazer as gambiarras que ele faz. É algo que eu deixaria com as crias de Cláudio Gobatto.

O professor Pedro esteve presente, desde o mestrado, em todas as minhas bancas de qualificação e defesa, sempre colaborou muito na evolução do meu trabalho escrito. No dia a dia ele é sinônimo de alegria, riso solto, intensidade, nunca passa despercebido. É o cara da comunicação, da política, de uma visão grande, das parcerias, ele faz acontecer. Mas o melhor de tudo é o seu lado empático, sempre se coloca no lugar do outro. É o professor que quando as coisas estão desandando eu consigo timidamente conversar. É que eu me fecho, nem sempre quero me colocar num lugar de vulnerabilidade, mas se precisar, ele é a pessoa que vem na minha mente. O professor Pedro é tão sensível que antes da gente falar ele já vem com a solução, trazendo luz e esperança no caminho.

Queria agradecer as professoras Leonéia e Socorro por me apoiarem e sempre me dizerem SIM. Todo espaço, material, assinaturas que eu precisasse a resposta era sempre SIM. E na logística das coletas, do uso dos espaços físicos agradeço ao Severino, Manuel, Ninha, Cícera, Zé, Diva e Aécio.

Agradeço aos professores do Instituto de Educação Física e Esporte, do Programa de Pós Graduação em Nutrição e do Programa de Pós Graduação em Ciências da Saúde. Agradeço

por ter sido aluna bolsista Capes e Fapeal. Meu maior desejo é que os investimentos nas Universidades Públicas do Brasil voltem a crescer.

E numa breve retrospectiva, agradeço ao professor Amândio por ter sido inspiração para seguir a carreira acadêmica. Agradeço ao João Paulo (caveira) por ter sido meu primeiro preceptor acadêmico, mesmo sem entender o que eu estava anotando nas coletas me sentia feliz e ainda no primeiro período sabia que era esse o caminho que eu iria trilhar. Agradeço as minhas amigas Jéssica, Maryssa e Érica, numa época em que éramos ratas de coletas, estávamos em tudo. Agradeço aos momentos em que eu estive com tantos idosos, guardo com carinho. Agradeço ao Laboratório de Aptidão Física, Desempenho e Saúde – LAFIDES, aprendi muito, conheci pessoas admiráveis.

Agradeço de forma muito especial a professora Janaina Terra que me trouxe ensinamentos que mudaram a minha forma de ver o mundo.

Agradeço ao professor Adriano e ao Grupo de Pesquisa em Ciências do Esporte – GEPCCE. Era gratificante ver seus alunos terminarem o mestrado e irem fazer doutorado na USP, UFPE, intercâmbios na Austrália. Que bom que convivi com pessoas que me inspiraram.

Agradeço ao professor Eduardo, que eu tanto admirei pelas fantásticas aulas de bioquímica na graduação, por todo o ensinamento como meu orientador no mestrado e também agradeço pelos desafios interpessoais, fazem parte do processo. Agradeço ao Laboratório de Pesquisa em Exercício Físico e Metabolismo – LAPEFIM, além de colegas de trabalho éramos muito mais amigos. Agradeço à Thássia, Maiara, Saulo, Rafaela e Edla, tenho muito amor por vocês.

Agradeço a minha turma do mestrado na FANUT pela união, o que tornou o processo mais leve, quebramos paradigmas e sempre nos apoiamos.

Agradeço ao professor Walter Matias que dava aula com Dan no colo, foi muito especial seu carinho, me emociono só de lembrar.

Agradeço ao Grupo de Pesquisa em Ciências Aplicadas ao Esporte – GPCAE, um grupo grande, potente, desafiador, mas que faz acontecer. Agradeço aos colegas e amigos, Sara Learsi, Vitor Bastos, Higor, Maryssa, Júlia, Vitor Fon, Graci, Jean, Mariana, Sara Jatobá, Munique, Reidson, Alice, Isaura, João Vitor, Jorge, e em especial ao Alisson que sempre pude contar.

Agradeço ao Grupo de Estudo em Treinamento Esportivo – GETE, aprendi muito com vocês durante as horas e horas de laboratório. Agradeço a Karol (sempre nos apoiamos de maneira muito especial), Luquinhas, Rubens, Ciane, Joyce, Emerson, Luisa, Bruno, Glydion e Thássio.

Agradeço ao professor Marcos pela colaboração no meu projeto e nas minhas coletas.

GPCAE e GETE vocês foram a minha mente, meus braços, minhas pernas e caminharam por mim quando não pude.

Agradeço à minha aluna Bianca Duda, juntas fizemos o impossível. Agradeço aos voluntários que participaram da nossa pesquisa, vocês foram demais!

Agradeço a comissão técnica e os atletas da base do CSA.

Agradeço ao técnico e professor de Educação Física Ricelli Cruz por ter colaborado juntamente com os atletas da base do Aliança de maneira muito solícita.

Agradeço à comissão técnica, em especial a Sara Learsi, e aos atletas da base do Atlético Alagoano.

Agradeço à comissão técnica e os atletas profissionais do Aliança, Miguelense e Dimensão Saúde.

Agradeço aos meus amigos que torceram muito por mim de forma que a minha alegria é a alegria deles. Que me amam de forma genuína e foram fundamentais para que eu conseguisse acreditar em mim: Giselma, Taci e Luiz.

Agradeço à minha psicóloga Salvina Mello, que não soltou a minha mão. Que foi meu amparo e segurança para cuidar da minha saúde mental. Essa conquista é nossa porque caminhamos juntas e mesmo sem esperança, consumida pelo esgotamento físico e mental, eu não me senti só. Meus médicos Dra Júlia e Dr. Gilberto também foram fundamentais para fazer os ajustes que o meu cérebro precisava.

Por fim, agradeço a UFAL, foi minha segunda casa, carinhosamente chamada de Ufallândia.

A ideia de seguir seus sonhos é muito romantizada, tem muitos revezes no caminho, mas também recebi muitas e muitas flores e foram elas que me fizeram continuar.

“Não tenhas sobre ti um só cuidado, qualquer que seja
Pois um, somente um, seria muito para ti
É Meu, somente Meu todo o trabalho
E o teu trabalho é descansar em Mim
Não temas quando enfim, tiveres que tomar decisão
entrega tudo a Mim, confia de todo o coração”

Rodrigues. e Ferreira

RESUMO

Esta tese é composta por uma coletânea de artigos, na qual, o primeiro artigo original teve como objetivo avaliar o efeito da ingestão de cafeína associada à fadiga mental no desempenho físico em uma corrida de 3200 m. Foi um estudo randomizado, cross-over, no qual participaram 10 indivíduos do sexo masculino, fisicamente ativos, com média de idade de 27.7 ± 8.9 anos. Eles receberam 6 mg/kg de cafeína ou 6 mg/kg de celulose, após a suplementação foram induzidos à fadiga mental por meio de um protocolo composto por uma atividade de média e outra de alta complexidade: jogo cognitivo no smartphone (30 min) e o teste de *Stroop* modificado (30 min). Após, foram realizadas 8 voltas de 400 m de corrida contrarrelógio. Uma ANOVA *two way* foi usada para comparar o desempenho físico, estado de humor e outras variáveis fisiológicas entre os grupos de cafeína e placebo. Foi observado um efeito da aprendizagem sobre o desempenho no teste de *Stroop* modificado quando comparada a primeira visita com a segunda, independentemente da suplementação utilizada. Porém, a suplementação de cafeína não foi eficaz em melhorar o desempenho físico durante uma corrida de 3200 m em indivíduos fisicamente ativos submetidos à fadiga mental. O segundo artigo original teve como objetivo investigar os efeitos da suplementação aguda de cafeína no desempenho da aptidão física entre jogadores de futebol profissionais e de categorias de base. Oitenta e um atletas de futebol participaram deste estudo, os quais foram divididos em 4 grupos de acordo com o tipo de suplementação e categoria: cafeína-profissional (Caf-P) (n=17), placebo-profissional (Pla-P) (n= 12), base-cafeína (Caf-U) (n= 26) e base-placebo (Pla-U) (n=26). De forma randomizada e duplo-cega, os atletas receberam 6 mg/kg de cafeína ou 6 mg/kg de celulose. Após 60 minutos, os jogadores realizaram uma bateria de testes para avaliar flexibilidade, força, velocidade, potência e capacidade cardiorrespiratória. A cafeína melhorou o desempenho nas variáveis de força e velocidade quando comparada ao placebo em ambos os grupos. Já os atletas profissionais apresentaram melhor desempenho físico, em relação aos atletas de categorias de base.

Palavras chave: trimetilxantina, fadiga mental, exercício, futebol

ABSTRACT

This thesis is composed of an article collection, in which the first original article aimed to evaluate the effect of caffeine intake associated with mental fatigue on physical performance in a 3200 m race. It was a randomized, cross-over study in which 10 physically active male subjects participated, with a mean age of 27.7 ± 8.9 years. They received 6 mg/kg of caffeine or 6 mg/kg of cellulose, after supplementation, they were induced to mental fatigue through a protocol composed of medium and high complexity activities, respectively: cognitive game on the smartphone (30 min) and the modified Stroop test (30 min). Afterward, the individuals performed 8 laps of 400 m of time trial running. A two-way ANOVA was used to compare physical performance, mood state, and other physiological variables between the caffeine and placebo groups. A learning effect on modified Stroop test performance was observed when comparing the first visit with the second, regardless of the supplementations used. However, caffeine supplementation did not improve physical performance during a 3200 m race in physically active individuals with mental fatigue induced. The second original article aimed to investigate the effects of acute caffeine supplementation on physical performance among professional and under-football players. Eighty-one soccer players participated in this study, they were divided into 4 groups according to the type of supplementation and category: caffeine-professional (Caf-P) (n=17), placebo-professional (Pla-P) (n=12), caffeine-under (Caf-U) (n=26) and placebo-under (Pla-U) (n=26). In a randomized, double-blind design, athletes received 6 mg/kg of caffeine or 6 mg/kg of cellulose. After 60 minutes, the players performed a battery of tests to assess flexibility, strength, speed, power, and cardiorespiratory capacity. Caffeine improved performance on strength and speed variables when compared to placebo in both groups. On the other hand, professional athletes presented better physical performance in relation to athletes from basic categories.

Keywords: trimethylxanthine, mental fatigue, exercise, soccer

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	13
2. Cafeína e mecanismo de ação.....	14
2.1 Fadiga mental, cafeína e desempenho físico.....	16
2.2 Suplementação de cafeína em jogadores de futebol em diferentes condições.....	18
Referências.....	20
3.Original article: Caffeine supplementation on 3200 race performance in individuals' mental fatigue induced.....	24
3.1 Introduction.....	26
3.2 Methods.....	27
3.2.1 Subjects.....	27
3.2.2 Experimental procedures.....	28
3.2.3 Statistical Analyses.....	31
3.3 Results.....	32
3.4 Discussion.....	42
3.5 Conclusion.....	43
References.....	43
4. Original article: Responsiveness to acute caffeine supplementation in football professionals is greater than placebo football professionals and under-players on muscle strength and power.....	47
4.1 Introduction.....	49
4.2 Methods.....	50
4.2.1 Design study and participants.....	50
4.2.2 Experimental procedures.....	51
4.2.3 Sit and reach test.....	51
4.2.4 Dynamometry scapular test.....	52
4.2.5 Squat jump.....	52
4.2.6 Thigh maximum voluntary isometric contraction and lumbar dynamometry.....	53
4.2.7 Wingate anaerobic test.....	54
4.2.8 Yoyo endurance test level 2.....	54
4.2.9 Statistical analysis.....	55
4.3 Results.....	55
4.4 Discussion and Conclusion.....	62
References.....	63
APÊNDICES.....	67
ANEXOS.....	73

INTRODUÇÃO

A cafeína, ou 1,3-7 trimetilxantina, é uma das substâncias psicoativas mais consumidas no mundo. Possui uma rápida absorção e é convertida enzimaticamente em ativos metabólicos com propriedades farmacológicas (ACQUAS et al., 2012). Após a ingestão oral, a cafeína é absorvida (~ 45 minutos) e quase completamente (99%) pelo estômago e intestino delgado. As concentrações sanguíneas aumentam em 30 a 120 minutos, por ser uma molécula lipofílica penetra facilmente nas membranas biológicas e se distribui nos tecidos do corpo. Em humanos, a eliminação da cafeína está na faixa de 2,5 a 4,5 horas (FREDHOLM et al., 1999).

Principalmente pela ação da isoenzima CYP1A2, a cafeína é metabolizada em paraxantina, teofilina, teobromina e nos metabólitos urinários 1-metilxantina e ácido 1-metilúrico. Os quatro principais mecanismos moleculares responsáveis pelos efeitos centrais da cafeína são o bloqueio dos receptores de adenosina; inibição de fosfodiesterases; bloqueio dos receptores do ácido gama-aminobutírico, GABA-A; e translocação de cálcio intracelular. Apenas o primeiro mecanismo é observado em humanos com níveis de cafeína sanguínea considerados não tóxicos (ACQUAS et al., 2012; FREDHOLM et al., 1999).

A cafeína atua na neurotransmissão cerebral por meio da modulação das ações da adenosina. A adenosina é reguladora da liberação de diferentes neurotransmissores, como a dopamina, a acetilcolina, a noradrenalina e a serotonina, envolvidos na ativação motora, processos de recompensa, excitação, atenção e no controle do ciclo sono-vigília (ACQUAS et al., 2012; FREDHOLM et al., 1999). Dessa forma, a suplementação de cafeína durante a realização do exercício físico tem se mostrado um eficaz recurso ergogênico (PICKERING; GRGIC, 2019).

Levando em consideração as descrições nos parágrafos anteriores, é evidente que nesta tese o uso da cafeína será um dos principais focos de estudo. Este documento é composto por uma coletânea de artigos, os quais buscam investigar os possíveis benefícios da suplementação de cafeína em diferentes situações de exercício ainda não investigadas e de relevância para a comunidade esportiva. O primeiro artigo original teve como objetivo avaliar a ingestão de cafeína em indivíduos fisicamente ativos, induzidos à fadiga mental e que realizaram uma corrida de 3.200 m. Trazendo à luz, reflexões sobre o crescente aumento de competições recreacionais e o embasamento científico para o uso ou desuso da suplementação de cafeína na população de corredores recreativos. O segundo artigo original teve como objetivo comparar os efeitos da suplementação de cafeína na aptidão física de diferentes populações, jogadores de

futebol profissionais e de categorias de base. Trazendo reflexões sobre a responsividade aos efeitos ergogênicos da cafeína em atletas de diferentes níveis.

2. Cafeína e mecanismo de ação

Um dos primeiros mecanismos propostos para explicar os efeitos ergogênicos da cafeína sobre o desempenho durante o exercício físico decorreu de estudos indicando que após a ingestão de cafeína haveria aumento da oxidação de ácidos graxos livres induzida pela adrenalina e consequente economia de glicogênio, resultando em melhor desempenho durante os exercícios de resistência (CHESLEY et al., 1998). No entanto, esta hipótese de disponibilidade de substrato foi desafiada e eventualmente descartada. Foi investigado, que a cafeína atua como inibidora da ação da enzima fosfodiesterase, que é responsável pela degradação do mediador químico intracelular, denominado adenosina monofosfato (AMPcíclico). Esse mecanismo da cafeína aumenta o tempo de meia vida do AMP cíclico. Uma elevação dos níveis do AMP cíclico intracelular aumenta a lipólise (SAWYNOK; YAKSH, 1993). Porém, essa ação foi observada em experimentos realizados in vitro, em uma dosagem de cafeína que seria tóxica para humanos ($\sim 0,1-1\text{mM}$) Sendo assim, esse mecanismo não explicaria os efeitos ergogênicos da cafeína (SAWYNOK; YAKSH, 1993). Além disso, esse mecanismo não poderia explicar os efeitos ergogênicos da cafeína em exercícios de curta duração e alta intensidade, nos quais os níveis de glicogênio não são um fator limitante (GRAHAM et al., 2000).

Por outro lado, cabe ressaltar que embora a ingestão de doses baixas de 100 mg cafeína ($1,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}$), não resultem em respostas significativas do ponto de vista fisiológico (TALANIAN E SPRIET, 2016), parecem produzir efeitos ergogênicos mensuráveis, tais como: redução da taxa de esforço percebido (SCHAMNE et al., 2021), diminuição da dor muscular (CRISTINA-SOUZA et al., 2022; CARDOSO et al., 2020) e possivelmente a capacidade do músculo esquelético de gerar força (DOMASZEWSKI et al., 2021). Nesse sentido, o foco para a ação da cafeína durante o exercício mudou. De modo que o sistema nervoso central e periférico, tem oferecido forte suporte para explicar a origem das melhorias relatadas (DOMASZEWSKI et al., 2021).

A cafeína parece empregar seus efeitos em vários locais do corpo, mas a evidência mais robusta sugere que o principal mecanismo pelo qual a cafeína altera o desempenho mental e físico é por meio do sistema nervoso central (SNC) (FIANI et al., 2021). Acredita-se que a cafeína exerça seus efeitos no SNC através do antagonismo dos receptores de adenosina,

levando a aumentos na liberação de neurotransmissores, taxas de disparo de unidades motoras e supressão da dor (BOPPANA et al., 2022). Existem quatro receptores distintos de adenosina, A_1 , A_{2A} , A_{2B} e A_3 , caracterizados em várias espécies, destes subtipos, A_1 e A_{2A} , são altamente concentrados no cérebro e parecem ser os principais alvos da cafeína (FRANCO et al., 2021).

A adenosina está envolvida em vários processos e vias e desempenha um papel crucial como regulador homeostático e neuromodulador no sistema nervoso (BOREA et al., 2018). Os principais efeitos conhecidos da adenosina são a diminuição da concentração de muitos neurotransmissores do SNC, incluindo serotonina, dopamina, acetilcolina, norepinefrina e glutamato. A cafeína, que tem uma estrutura molecular semelhante à adenosina, liga-se aos receptores de adenosina desempenhando um papel antagônico e, portanto, aumentando a concentração desses neurotransmissores (DO et al., 2021). Isso resulta em efeitos positivos no humor, vigília, foco e atenção na maioria dos indivíduos (PICKERING; GRGIC, 2019).

Também tem investigadas as interações entre os receptores de adenosina A_{2A} e dopamina, em relação a aspectos relacionados ao esforço físico e ativação de processos comportamentais (BOREA et al., 2018). Por exemplo, a cafeína associada ao exercício físico demonstrou modular a liberação de dopamina, através de mecanismos que envolvem a regulação da síntese de dopamina ou da taxa de disparo do neurônio dopaminérgico, que pode modular a liberação de dopamina e, conseqüentemente, impactar no estado de alerta, dor e motivação e esforço (YING-JIAO et al., 2019).

A atenuação da dor durante o exercício como resultado da suplementação de cafeína também pode resultar em diminuição da percepção subjetiva de esforço (PSE) durante o exercício (MARTINS et al., 2020). Azevedo et al. (2021) relataram que as melhorias no desempenho durante o exercício físico foram acompanhadas por uma diminuição na percepção da dor, bem como uma diminuição na PSE sob condições de ingestão da cafeína, mas não está claro qual fator pode ter contribuído para o efeito ergogênico. Uma meta-análise (DOHERTY & SMITH, 2005) identificou 21 estudos usando principalmente indivíduos saudáveis do sexo masculino (74%) com idades entre 20 e 35 anos e apontou uma redução de 5,6% na PSE durante o exercício após a ingestão de cafeína. Em contrapartida, Astorino et al. (2012) não encontraram alterações na PSE com o uso de cafeína.

Outros mecanismos têm sido propostos para explicar os efeitos ergogênicos da cafeína, incluindo o aumento da disponibilidade de cálcio miofibrilar (DOMASZEWSKI et al., 2021),

metabolismo e disponibilidade de substrato otimizado pelo exercício (BARCELOS et al., 2020). Nesse sentido, a cafeína parece ter alguns efeitos diretos no músculo que podem contribuir para sua ergogenicidade. A via mais provável pela qual ela pode beneficiar a contração muscular é através da mobilização do íon cálcio (Ca^{2+}), que facilita a produção de força por cada unidade motora (DOMASZEWSKI et al., 2021). A fadiga causada pela redução gradual da liberação de Ca^{2+} pode ser atenuada após a ingestão de cafeína (ROSSER et al., 2009). Da mesma forma, a cafeína pode funcionar, em parte, na periferia através do aumento da bomba de sódio/potássio (Na^+/K^+) aumentando potencialmente a atividade de acoplamento excitação/contração, necessária para a contração muscular (STECKER et al., 2019).

Embora a cafeína tenha demonstrado liberar cálcio do retículo sarcoplasmático no músculo esquelético e cardíaco, a concentração limite necessária *in vitro* para observar esse efeito (250 μM) é substancialmente maior do que as concentrações necessárias *in vivo* para estimulação cardíaca (50 μM). Portanto, essa ação da cafeína é provavelmente fisiologicamente relevante em concentrações tóxicas (DALY, 1993).

Em conjunto os mecanismos discutidos acima parecem apoiar a suplementação da cafeína como recurso ergogênico na melhora do desempenho físico, entretanto, cabe ressaltar que embora não tenham sido discutidos aqui, aspectos como, dosagem da suplementação, tipo de exercício físico, aspectos genéticos, dentre outros que podem influenciar no desfecho pretendido.

2.1 Fadiga mental, cafeína e desempenho físico

A fadiga pode ser resultante de esforços mental ou físico, visto que, após atividades de longa duração há uma diminuição na eficiência de órgãos ou músculos (PAGEAUX; LEPERS, 2016). A fadiga mental refere-se a um estado psicológico e biológico desencadeado após um período prolongado de atividade cognitiva, no qual envolve cansaço excessivo e desinteresse em realizar atividades (BOKSEM; TOPS, 2008). No exercício, a fadiga física está relacionada com a diminuição da capacidade de gerar força (PAGEAUX; LEPERS, 2016). Diferentemente da fadiga mental aguda, a qual afeta uma atividade específica e é reversível após um período de descanso; a fadiga mental crônica é irreversível mesmo realizando mecanismos de compensação e afeta o desempenho de atividades em geral (BEURSKENS et al., 2000).

No exercício a fadiga mental crônica é um dos indicadores psicológicos e comportamentais do supertreinamento (ALVES; COSTA; SAMULSKI, 2006). Pois, o aumento

da liberação de catecolaminas e secreção do cortisol pelo exercício reflete uma diminuição da atividade parassimpática, a qual está associada com a fadiga mental crônica (CADEGIANI; KATER, 2017; TANAKA; ISHII; WATANABE, 2013). Outros mecanismos estão relacionados com o desenvolvimento da fadiga mental como disfunção no córtex frontal; falha no circuito talâmo-estriatal frontal; alteração na atividade dopaminérgica; inflamação; estresse oxidativo; deficiência de energia no sistema nervoso central; aumento do glutamato e do seu receptor N-metil D-aspartato (NMDA), e mobilização de cálcio livre (TANAKA; ISHII; WATANABE, 2013).

Medidas psicológicas também tem sido utilizadas para rastrear uma condição de fadiga mental no exercício (AZEVEDO et al., 2016; MARCORA; STAIANO; MANNING, 2009; SMITH et al., 2016). Nesse contexto, o estado de humor também pode ser afetado negativamente pelo exercício com caráter competitivo ou com altas cargas de trabalho (REHOR et al., 2001; TERRY; LANE; FOGARTY, 2003). Visto que o atleta de alto rendimento é exposto a estresses constantes e consequentes flutuações nas emoções, prejuízos no estado de humor podem prejudicar o desempenho físico (PENSGAARD; DUDA, 2003). Nesse sentido, uma atenuação dos efeitos da fadiga mental sob o exercício melhora índices do estado de humor, como o aumento do vigor e diminuição da sensação de fadiga, com consequente melhora no desempenho físico (AZEVEDO et al., 2016).

No esporte, atletas preparam-se fisicamente para obter um desempenho satisfatório em competições (ALVES; COSTA; SAMULSKI, 2006). O treinamento excessivo, caracterizado por grandes volumes e altas intensidades, sem o devido tempo de recuperação, pode levar atletas ao supertreinamento (KREHER; SCHWARTZ, 2012). Neste quadro, respostas hormonais, imunológicas e psicológicas são prejudicadas, podendo desencadear lesões, infecções, estresse, síndrome da fadiga crônica, depressão e consequente queda no desempenho cognitivo e motor (CARDOSOS, 2015; KREHER; SCHWARTZ, 2012). Além disso, competições importantes possuem um ambiente de muito estresse, no qual exige do atleta um grande controle das emoções para que o mesmo obtenha bons resultados (PENSGAARD; DUDA, 2003). A fadiga mental é um dos fatores que pode levar ao supertreinamento (TANAKA; ISHII; WATANABE, 2013), dessa forma, se faz necessário utilizar estratégias que possam minimizar os efeitos deletérios da fadiga mental no desempenho físico.

Além do treinamento, outros recursos ergogênicos também são interessantes para melhorar o desempenho e a saúde do atleta (MAFFETONE; LAURSEN, 2016). Assim, a

caféina tem sido utilizada como um estimulante do sistema nervoso central, atuando por meio do bloqueio dos receptores de adenosina, inibidores da liberação de neurotransmissores excitatórios (PICKERING; KIELY, 2017; TALLIS; DUNCAN; JAMES, 2015). A caféina foi eficaz em melhorar o desempenho no exercício prolongado em indivíduos induzidos a fadiga mental (AZEVEDO et al., 2016). Em condições de hiperamonemia em que a sonolência é aumentada e o estado de vigília diminuído, a caféina atenuou esses sintomas (CASULA et al., 2015). Em jogadores de futebol durante o exercício intermitente, a caféina também reduziu a ureia sistêmica por meio da diminuição da concentração de glutamina a qual realiza o transporte de amônia para o fígado, atenuando consequentemente a síntese de ureia, subproduto da produção de amônia, predominante durante o exercício de longa duração (BASSINI et al., 2013).

Dessa forma, a ingestão de caféina tem sido utilizada como um recurso ergogênico, por diminuir os efeitos deletérios da fadiga mental sobre o desempenho físico no exercício, aumentando a capacidade física, melhorando respostas perceptuais, em indivíduos submetidos à fadiga mental.

2.2 Suplementação de caféina em jogadores de futebol em diferentes condições

A manutenção de um desempenho físico satisfatório durante o exercício depende da disponibilidade contínua de substratos energéticos. Porém, no esforço a ressíntese da adenosina trifosfato (ATP) é limitada, e o uso de recursos ergogênicos nutricionais é uma estratégia auxiliar a manipulação da dieta, utilizada afim de retardar a fadiga e melhorar o desempenho físico (ASTORINO; WHITE, 2012).

A caféina (1,3,7 -trimetilxantina) tem sido amplamente utilizada no esporte devido as suas diversas funções ergogênicas (MIELGO-AYUSO et al., 2019), dentre elas o aumento do estado de alerta (CASULA et al., 2015); aumento da capacidade de realizar tarefas específicas relacionadas ao esporte (MIELGO-AYUSO et al., 2019); em indivíduos submetidos a fadiga mental melhorou índices do estado de humor como o aumento da sensação de vigor e consequente aumento do tempo de exaustão durante um teste de ciclismo de carga constante a 80% da potência máxima ($W_{máx}$) (AZEVEDO et al., 2016).

A caféina é uma droga psicotrópica utilizada como um estimulante do SNC, atuando por meio do bloqueio dos receptores de adenosina e revertendo sua influência inibidora no SNC, liberando assim, neurotransmissores excitatórios que vão atuar no aumento da transmissão

sináptica com consequente diminuição da fadiga (KALMAR, 2005; PICKERING; KIELY, 2017; TALLIS; DUNCAN; JAMES, 2015). A cafeína também atua na mobilização intracelular de cálcio no retículo sarcoplasmático e na inibição da fosfodiesterase, porém estes mecanismos só desempenhariam um papel importante em humanos em quantidades tóxicas de cafeína (KALMAR, 2005).

O futebol é uma modalidade esportiva consolidada mundialmente, sendo dessa forma um objeto de estudo muito atrativo dentro da comunidade científica. Numa revisão sistemática, Mielgo-Ayuso et al. (2019), fizeram um levantamento de estudos que avaliaram o uso da cafeína em habilidades específicas do futebol e a suplementação de uma dose moderada de cafeína teve um efeito ergogênico no desempenho de salto, de sprints repetidos e na distância de corrida durante uma simulação de jogo, em contrapartida, houve um aumento de biomarcadores de dano muscular.

Sabe-se que o uso prolongado de 8 semanas de uma mistura de alimentos fontes de cafeína durante o treinamento não provocou mudanças no peso corporal, no percentual de gordura, na massa magra e gorda, no consumo máximo de oxigênio pico (VO_{2pico}) e no tempo de exaustão de corrida à 90% do VO_{2pico} em indivíduos habituados a praticar exercício aeróbico (~ 4 h/sem) e que foram submetidos a um treinamento de 45 min de corrida à 75% da frequência cardíaca máxima equivalente ao VO_{2pico} ($3x/sem$) (MALEK et al., 2006).

Collomp et al. (1990), compararam uma única dosagem de 250 mg de cafeína com 5 dias de suplementação no desempenho durante um teste até a exaustão em ciclo ergômetro à $100 \pm 5\%$ do consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx), porém ambas não foram eficazes em melhorar o desempenho físico mas aumentaram o nível de epinefrina (E) e noradrenalina (NE) na exaustão, apenas a ingestão de cafeína aguda acelerou a eliminação de E e NE e aumentou o lactato sanguíneo.

Levando em consideração as diferentes respostas da cafeína em indivíduos treinados e não treinados (COLLOMP et al., 1992), se faz necessário explorar o comportamento desta em períodos de suplementação variados, em inúmeras modalidades e categorias esportivas, haja a vista diferentes especificidades e fatores ambientais intervenientes (PICKERING; GRGIC, 2019; PICKERING; KIELY, 2017). Durante períodos pré competitivos a cafeína pode ter um efeito de transição (PICKERING; GRGIC, 2019) e o uso agudo alterar respostas de humor e do sono, evidenciadas pelo aumento da ansiedade e período de latência e redução na duração do sono (CHARNEY; HENINGER; JATLOW, 1985; DUNICAN et al., 2018). Características

individuais pré existentes que determinarão se a suplementação da cafeína tornar-se-á benéfica ou maléfica para o desempenho físico (PICKERING; GRGIC, 2019).

Referências

- ACQUAS, E. et al. Caffeine and the Brain: An Overview. **Royal Society of Chemistry**, v. 2, n. 14, p. 247–267, 2012.
- ALVES, R. N.; COSTA, L. O. P.; SAMULSKI, D. M. Monitoramento e prevenção do supertreinamento em atletas. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 12, n. 5, 2006.
- ASTORINO, T. A.; WHITE, A. C. Caffeine and Exercise Performance. **Royal Society of Chemistry Publishing**, n. 2, p. 314–336, 2012.
- AZEVEDO, R. et al. Effects of caffeine ingestion on endurance performance in mentally fatigued individuals. **European Journal of Applied Physiology**, v. 116, n. 11–12, p. 2293–2303, 2016.
- BARATLOO A., ROUHIPOUR A., FOROUZANFAR M.M., et al. The Role of Caffeine in Pain Management: A Brief Literature Review. **Anesthesiology and Pain Medicine**. v. 26;6(3):e33193, 2016
- BARCELOS, R. P. et al. Caffeine effects on systemic metabolism, oxidative-inflammatory pathways, and exercise performance. **Nutrition research (New York, N.Y.)** v. 80 2020.
- BASSINI, A. et al. Caffeine decreases systemic urea in elite soccer players during intermittent exercise. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 45, n. 4, p. 683–90, abr. 2013.
- BEURSKENS, A. J. H. M. et al. Fatigue among working people: validity of a questionnaire measure. **Occupational and Environmental Medicine**, v. 57, n. 5, p. 353–357, 2000.
- BOKSEM, M. A. S.; TOPS, M. Mental fatigue: Costs and benefits. **Brain Research Reviews**, v. 59, n. 1, p. 125–139, 2008.
- BOPPANA, S. H. et al. Caffeine: What Is Its Role in Pain Medicine?. **Cureus** v. 14, n. 6, 2022.
- BOREA, P. A. et al. Pharmacology of Adenosine Receptors: The State of the Art. **Physiological reviews** v. 98, n.3, p. 1591-1625, 2018.
- CADEGIANI, F. A.; KATER, C. E. Hormonal aspects of overtraining syndrome: a systematic review. **BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation**, v. 9, n. 1, p. 14, 2017.
- CARDOSOS, N. Overtraining syndrome. **Current Sports Medicine Reports**, v. 14, n. 3, p. 157–158, 2015.
- CASULA, E. P. et al. Acute hyperammonaemia induces a sustained decrease in vigilance, which is modulated by caffeine. **Metabolic Brain Disease**, v. 30, p. 143–149, 2015.
- CHARNEY, D. S.; HENINGER, G. R.; JATLOW, P. I. Increased anxiogenic effects of caffeine in panic disorders. **Archives of general psychiatry**, v. 42, p. 233–243, 1985.
- CHESLEY, A et al. “Regulation of muscle glycogenolytic flux during intense aerobic exercise after caffeine ingestion.” **The American journal of physiology** vol. 275, n. 2, 1998.

COOPER, A. J. L.; JEITNER, T. M. Central role of glutamate metabolism in the maintenance of nitrogen homeostasis in normal and hyperammonemic brain. **Biomolecules**, v. 6, n. 16, p. 1–33, 2016.

COLLOMP, K. et al. Effect of acute or chronic administration of caffeine on performance and on catecholamines during maximal cycle ergometer exercise. **Comptes rendus des séances de la Société de biologie et de ses filiales**, v. 184, p. 87–92, 1990.

COLLOMP, K. et al. Benefits of caffeine ingestion on sprint performance in trained and untrained swimmers. **European Journal of Applied Physiology**, v. 64, p. 377–380, 1992.

CRISTINA-SOUZA, GISLAINE et al. Caffeine Increases Endurance Performance via Changes in Neural and Muscular Determinants of Performance Fatigability. **Medicine and science in sports and exercise**. v. 54, n. 9., p. 1591-1603, 2022.

DALY, J. W. Mechanisms of action of caffeine. In **Caffeine, Coffee, and Health** (S. Garattini, Ed.), pp. 97–150. Raven Press, New York, 1993.

DO, H. N. et al. Pathways and Mechanism of Caffeine Binding to Human Adenosine A_{2A} Receptor. **Frontiers in molecular biosciences**. vol. 8. 2021.

DOMASZEWSKI P, PAKOSZ P, KONIECZNY M, et al. Caffeine-Induced Effects on Human Skeletal Muscle Contraction Time and Maximal Displacement Measured by Tensiomyography. **Nutrients**. v. 2; n. 13(3):815, 2021.

DUNICAN, I. C. et al. Caffeine use in a Super Rugby game and its relationship to post game sleep. **European Journal of Sport Science**, v. 0, n. 0, p. 1–11, 2018.

FIANI, B. et al. The Neurophysiology of Caffeine as a Central Nervous System Stimulant and the Resultant Effects on Cognitive Function. **Cureus** v. 13, n.5, 2021.

FREDHOLM, B. B. et al. Actions of caffeine in the brain with special reference to factors that contribute to its widespread use. **Pharmacol. Rev**, v. 51, n. 1, p. 83–133, 1999.

FRANCO, R. et al. Structure and function of adenosine receptor heteromers. **Cellular and molecular life sciences : CMLS** v. 78, n.8, p. 3957-3968, 2021.

GRAHAM, T E et al. Caffeine ingestion does not alter carbohydrate or fat metabolism in human skeletal muscle during exercise. **The Journal of physiology** v. 529 Pt 3, 2000.

HANSSON, E.; RÖNNBÄCK, L. Altered neuronal-glial signaling in glutamatergic transmission as a unifying mechanism in chronic pain and mental fatigue. **Neurochemical Research**, v. 29, n. 5, p. 989–996, 2004.

KALMAR, J. M. The Influence of Caffeine on Voluntary Muscle Activation. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 37, n. 12, p. 2113–2119, 2005.

KREHER, J. B.; SCHWARTZ, J. B. Overtraining syndrome: A Practical Guide. **Sports Healthy**, v. 4, n. 2, p. 128–138, 2012.

LIZIANE CARDOSO et al. Caffeine decreases neuromuscular fatigue in the lumbar muscles – a randomized blind study. **medRxiv** 2020.

LIU, Y. J. et al. Research progress on adenosine in central nervous system diseases. **CNS neuroscience & therapeutics** vol. 25, n.9, 2019.

- LLANSOLA, M.; MONTOLIU, C.; CAULI, O. Chronic hyperammonemia , glutamatergic neurotransmission and neurological alterations. **Metabolic Brain Disease**, v. 28, p. 151–154, 2013.
- MAFFETONE, P. B.; LAURSEN, P. B. Athletes: Fit but Unhealthy? **Sports Medicine - Open**, v. 2, n. 1, p. 24, 2016.
- MALEK, M. H. et al. Effects of eight weeks of caffeine supplementation and endurance training on aerobic fitness and body composition. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 20, n. 4, p. 751–755, 2006.
- MARCORA, S. M.; STAIANO, W.; MANNING, V. Mental fatigue impairs physical performance in humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 106, p. 857–864, 2009.
- MIELGO-AYUSO, J. et al. Muscle Damage and Perception of Fatigue in Soccer Players : A Systematic Review. **Nutrients**, v. 11, n. 440, p. 1–15, 2019.
- PAGEAUX, B.; LEPEPERS, R. Fatigue induced by physical and mental exertion increases perception of effort and impairs subsequent endurance performance. **Frontiers in Physiology**, v. 7, 2016.
- PENSGAARD, A. A. M.; DUDA, J. L. J. Sydney 2000: The Interplay Between Emotions, Coping and the Performance of Olympic-Level Athletes. **The Sport Psychologist**, v. 17, n. 3, p. 253–267, 2003.
- PICKERING, C.; KIELY, J. Are the Current Guidelines on Caffeine Use in Sport Optimal for Everyone ? Inter-individual Variation in Caffeine Ergogenicity , and a Move Towards Personalised Sports Nutrition. **Sports Medicine**, 2017.
- PICKERING, C.; GRGIC, J. Caffeine and Exercise : What Next ? **Sports Medicine**, v. 49, n. 7, p. 1007–1030, 2019
- REHOR, P. R. et al. Noncompetitive and Competitive Exercise Programs '. **Perceptual and Motor Skills**, v. 93, n. 1990, p. 249–256, 2001.
- ROSSER J. I., WALSH B., HOGAN M.C. Effect of physiological levels of caffeine on Ca²⁺ handling and fatigue development in Xenopus isolated single myofibers. **The American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**. v. 296(5), 2009.
- SAWYNOK, J.; YAKSH, T. L. Caffeine as an analgesic adjuvant: A review of pharmacology and mechanisms of action. **Pharmacological Reviews**, v. 45, n. 1, p. 43–85, 1993.
- SCHAMNE, JULIO CEZAR et al. Acute Caffeine Intake Reduces Perceived Exertion But Not Muscle Pain during Moderate Intensity Cycling Exercise in Women with Fibromyalgia. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 12, p. 1-8, 2021,
- SMITH, M. R. et al. Mental fatigue impairs soccer-specific physical and technical performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 48, n. 2, p. 267–276, 2016.
- STECKER, R. A. et al. Timing of ergogenic aids and micronutrients on muscle and exercise performance. **Journal of the International Society of Sports Nutrition** v. 16,. 2019.
- TALLIS, J.; DUNCAN, M. J.; JAMES, R. S. What can isolated skeletal muscle experiments

tell us about the effects of caffeine on exercise performance? **British Journal of Pharmacology**, v. 172, n. 15, p. 3703–3713, 2015.

TALANIAN, JASON L, AND LAWRENCE L SPRIET. Low and moderate doses of caffeine late in exercise improve performance in trained cyclists. **Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme** vol. 41, n. 8, 2016:

TANAKA, M.; ISHII, A.; WATANABE, Y. Neural mechanisms underlying chronic fatigue. **Reviews in the Neurosciences**, v. 24, n. 6, p. 617–628, 2013.

TERRY, P. C.; LANE, A. M.; FOGARTY, G. 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.

3. Original article

Title: Caffeine supplementation on 3200 race performance in individuals' mental fatigue induced

Authors: Natally Monteiro de Oliveira¹, Bianca Maria Costa Duda¹, Jean Marcos da Silva¹, Marianna Moura Monte¹, Alisson Marinho¹, Victor José Bastos-Silva^{1,2}, Marcos David-Cavalcante-Silva¹, Thays Ataide-Silva¹, Pedro Balikian Júnior¹, Filipe Antonio de Barros Sousa¹ and Gustavo Gomes De Araujo¹

Affiliations:

¹ Federal University of Alagoas, Maceió, Alagoas, Brazil.

Corresponding author:

Gustavo Gomes de Araujo

Federal University of Alagoas

E-mail: gusta_ef@yahoo.com.br; Tel: +55 82 32141873

ORCID: 0000-0003-4609-069X

Address: Federal University of Alagoas, Institute of Physical Education and Sports/PPGNUT/PPGCS, Avenue Lourival Melo Mota, s/n, Maceió-AL 57072-900, Brazil

Abstract

Street racing has been very popular and has gained more and more adepts to practice sports. However, common people reconcile the workday, the family, the day-to-day with training, which requires a high cognitive demand. These factors can cause mental fatigue and impair physical performance. In this context, caffeine may prove to be effective in reducing mental fatigue, however, its ergogenic effect in a 3200 m race in individuals mental fatigue-induced has not yet been investigated. Thus, this research aimed to investigate the effect of caffeine supplementation associated with mental fatigue on physical performance in a 3200 m race. This is a randomized, cross-over study, in which 10 male volunteers, physically active, aged 27.7 ± 8.9 years, received 6 mg/kg of caffeine or 6 mg/kg of cellulose, after supplementation were induced to mental fatigue through a protocol consisting of a cognitive game on the smartphone (30 min) and the modified Stroop test (30 min). Then, an exercise protocol was performed with 8 laps of 400 m time trial race. A two-way ANOVA was used to compare performance, heart rate, pacing, and mood state between the caffeine and placebo groups at different race times. No significant differences were found regarding physical and cognitive performance. However, an effect of learning was observed on the performance of the modified Stroop test when the first visit was compared to the second, regardless of the supplementation used. In conclusion, caffeine supplementation was not effective in improving physical performance during 3200 m running in physically active subjects subjected to mental fatigue.

Key words: mental fatigue, Stroop, trimethylxanthine, exercise, performance

3.1 Introduction

Sports practice requires the ability to develop important skills such as: producing and sustaining levels of strength, increasing cardiorespiratory endurance, and producing high alert levels, among other fitness capacities (PAGEAUX; LEPERS, 2016). With the popularization of certain sports, such as street racing, the number of amateur competitions has been increasing (LUN et al., 2004). However, race adepts, in addition to practicing sports, also develop work activities (SILVA et al., 2018). Thus, the high cognitive demand during the day can alter or decrease physical abilities, being considered some of the symptoms of Mental Fatigue (BOKSEM; TOPS, 2008).

Mental fatigue represents a psychobiological state caused by long periods of activities that require a high cognitive demand (VAN CUTSEM et al., 2017a). In sports, mental fatigue has been related to excessive activation of sympathetic activity and cortisol secretion (CADEGIANI; KATER, 2017; TANAKA; ISHII; WATANABE, 2013). This mechanism causes mental and physical performance damage associated with mental fatigue and reduced accuracy in the execution of movements (CADEGIANI; KATER, 2017; TANAKA; ISHII; WATANABE, 2013). The main signs of mental fatigue include tiredness even after sleep, psychological disorders such as mood instability, depression and high levels of stress, loss of energy, and difficulty concentrating (NEARY et al., 2008). Mental fatigue has a negative effect on sports practice, especially in individuals who wish to improve performance (VAN CUTSEM et al., 2017a).

Psychological measures have also been used to evaluate a condition of mental fatigue during exercise (AZEVEDO et al., 2016; MARCORA; STAIANO; MANNING, 2009; SMITH et al., 2016). In this context, the mood state can also be negatively affected by the exercise with a competitive character or with high workloads (REHOR et al., 2001; TERRY; LANE; FOGARTY, 2003). Since the competitions could cause constant stress and consequent fluctuations in emotions, impairments in mood can reduce performance (PENSGAARD; DUDA, 2003). In this sense, an attenuation of the mental fatigue effects on exercise improves mood state indices, such as increased vigor and decreased feeling of fatigue, with a consequent improvement in physical performance (AZEVEDO et al., 2016).

Therefore, some ergogenic resources are used to reduce the negative effects of mental fatigue and improve the vigilance and exercise performance (AZEVEDO et al., 2016; CASULA et al., 2015). Ergogenic resources are understood to be substances used in an attempt to increase

physical potency, mental strength and mechanical effectiveness, classified into different types, including mechanical, physiological, psychological, pharmacological or nutritional resources (EDENFIELD, 2020; REHOR et al., 2001). An ergogenic resource widely used to alleviate the negative effects of mental fatigue is caffeine (trimethylxanthine), a psychotropic drug from the group of central nervous system stimulants (PICKERING; GRGIC, 2019). Its effects on the body consist of increasing alertness and reducing the feeling of fatigue and may increase the ability to perform certain tasks (ASTORINO; WHITE, 2012; CASULA et al., 2015; CHENG et al., 2016).

It is postulated that caffeine has central and peripheral mechanisms of action affecting the release of dopamine and some other neurotransmitters such as noradrenaline, acetylcholine, serotonin and glutamate (PICKERING; GRGIC, 2019) that can trigger important metabolic and physiological changes, resulting in improvement on athletic performance (AZEVEDO et al., 2016; HOGERVORST et al., 2008; VAN CUTSEM et al., 2017b). However, aspects such as caffeine supplementation dosage, type of physical exercise, mental fatigue induction protocols, among others, can influence the intended result.

Caffeine high doses (≥ 500 mg) have been associated with a diuretic effect, but regular consumption can lead to tolerance of diuresis (BIRD et al., 2005; NEUHAUSER-BERTHOLD et al., 1997). In healthy individuals with moderate caffeine consumption, dehydration was also not evidenced (KILLER; BLANNIN; JEUKENDRUP, 2014; SILVA et al., 2013). However, this study is a field experiment, which will take place in natural ambient conditions. The possible increase in temperature during exercise can be a dehydration maximizer and perhaps under conditions of exercise in the heat the diuretic effect of caffeine can be observed (CASA; CLARKSON; ROBERTS, 2005; TAYLOR et al., 2016).

Thus, the aim of this study was to evaluate the caffeine supplementation effects on 3200 race performance in individuals mental fatigue induced. We hypothesized that caffeine supplementation will decrease the mental fatigue impairs and improve physical performance in healthy subjects.

3.2 Methods

3.2.1 Subjects

This study used experimental, cross-over, randomized, counterbalanced, and judgment non-probability sampling. The sampling quantity was based on previous studies with similar

themes (AZEVEDO et al., 2016; PAGEAUX; LEPERS, 2016). Participated in this study 10 volunteers, men (age 27.7 ± 8.9 years; height 171.4 ± 4.0 ; body mass 71.27 ± 6.48 kg; body fat percentage 15.11 ± 4.32 %) and healthy. Participants received an explanation of the possible benefits, risks, and discomfort associated with the study and signed a written informed consent before participation. The study was approved by the local Ethics Committee for Human Studies (process 86006817.0.0000.5013).

Were included individuals with similar education level (minimum college degree) and they were classified as active or very active following the international physical activity questionnaire short-form (IPAQ short-form) (FOGELHOLM et al., 2006). To evaluate a previous mental fatigue status, it was utilized Chalder fatigue questionnaire (CHO et al., 2007). Participants were required to respond to the questions following this instruction: We would like to know how you are feeling right now, or have been feeling recently, and not too long ago. If you've been feeling tired for a long time, we want you to compare your current state with the last time you felt good. The Chalder fatigue questionnaire contains 11 questions with 4 alternatives, which were scored by the bimodal method: 0 = less than normal or not more than usual and 1 = more than normal or much more than usual during the last few weeks. A score greater than or equal to 4 indicates that the individual is fatigued and a score less than 4 indicates not fatigued (CHO et al., 2007). Individuals not fatigued in accordance with Chalder fatigue questionnaire were included in this study. Exclusion criteria included: being previously diagnosed with depression, having had a musculoskeletal injury in the last 6 months, having diseases that could interfere with the research results; using ergogenic nutritional resources, or using any medications and presenting hypersensitive to caffeine.

3.2.2 Experimental procedures

The participants realized three visits, in the first, they were familiarized with all study procedures and equipment. The body fat percentage was evaluated following the three-skinfold protocol (JACKSON; POLLOCK, 1978). The subjects answered the IPAQ short-form and Chalder fatigue questionnaire. They also answered a questionnaire about the frequency of consumption of foods, beverages, and other substances that contain caffeine. To become food consumption similar for all participants, a dietary assessment was performed using a 24-hour dietary recall (DR24H) with the aid of a photographic manual of food quantification (CRISPIM, 2017). The dietary surveys were analyzed using the avanutri® software online version (Três Rios, Rio de Janeiro, Brazil) to determine the total energy value (TEV) and macronutrients

chemical composition, in relative values ($\text{g.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$) and percentages (%). The participants were guidelines to follow their habitual food ingestion. They should keep the same food ingestion in subsequent visits, in this way, to control, the DR24H was applied in all visits. Other recommendations were also given to be carried out 24 hours before the experiment: not ingesting caffeine or alcohol; ingesting liquids ($\sim 3 \text{ L.d}^{-1}$); sleeping for approximately eight hours; not practicing physical exercises; not performing activities prolonged mentally demanding; eating 1.5 hours before the experimental visit.

In the second and third visits, the participants' hydration status was assessed by urine color, specific gravity urinary (USG), urinary volume, and change in body mass. The urine color indices were determined using the Armstrong et al. (1994) scale. The USG was measured using reagent strips for urinalysis (Biocolor/Bioeasy®, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil). Hydration status was classified according to the protocol of Casa et al. (2000).

The rating of perceived exertion (RPE) was recorded using the Borg 6-20-point category scale (Borg and Noble 1974). The comfort and thermal sensations scales evaluated the sensations in different climatic conditions (GAGGE; STOLWIJK; HARDY, 1967). Sense of mood was assessed using the Brunel Mood Scale (BRUMS), which contains 24 simple mood indicators that are part of six subscales, each containing four items: angry (irritated, annoyed, anger, and grumpy), confusion (confused, insecure, disoriented, and undecided), depression (depressed, sad, unhappy, and discouraged), fatigue (fatigued, exhausted, sleepy, and tired), tension (worried, tense, terrified, and anxious) and vigor (excited, willing, alert, and energetic). Subjects were asked as follows: How do you feel now? They answered how they felt about the indicators, according to a scale of 0 - 4, (not at all to extremely) (ROHLFS et al., 2004; TERRY; LANE; FOGARTY, 2003).

The blood pressure was measured using an automatic monitor (Omron Hen 629, Beijing, China). The monitor digital was used according to the manufacturer's instructions in the user manual. Grip strength was measured by using a Jamar dynamometer (Asimow Engineering ®). The participants were comfortably seated, positioned with the shoulder adducted, the elbow flexed at 90° , and the forearm in a neutral position, and, finally, the wrist position can vary from 0 to 30° of extension (FESS, 1992). Three alternate measurements of the right and left hand were taken and the highest value was considered. All the measurements previously described occurred during resting, post-mental fatigue induction (post-MFI), and post-3200 m race.

After that, the explosive force with a vertical component was assessed by squat jump using a force platform (Cefise®, Nova Odessa, São Paulo, Brazil). The subjects realized 3 subsequent jumps. After the "get ready" voice command they performed a squat to 90°, and after the "can jump" voice signal they jumped with their hands on the waist using the legs' maximal force. The force signal (Fz) was measured using the software Matlab version 4.6.0 (The MathWorks®, Inc, United States). The squat jump occurred during resting and post-3200 m race at the laboratory.

Each participant had their session order randomized using the online software research randomizer (Geoffrey C. Urbaniak and Scott Plous). Each experimental session was performed, at least 48 hours apart. Supplementation was administered in a double-blind manner. The caffeine and placebo capsules were coded and provided by a staff member who did not realize the statistical analyses. The caffeine-supplemented group (CAF) received 6 mg.kg⁻¹ of anhydrous caffeine with 250 ml of water and the placebo-supplemented group (PLA) received 6 mg.kg⁻¹ of anhydrous cellulose with 250 ml of water.

Immediately after the supplementation, the participants performed a protocol of mental fatigue induction. The mental fatigue induction consisted of a protocol lasting 60 minutes and was divided into two moments. The first moment lasted 30 minutes, in which the subject performed the "Brain it on" game on the smartphone. Which is an application that consists of cognitive challenges, being necessary to perform them to pass the level. To fulfill the challenges, it was necessary to make free drawings to resolve tasks such as: "Put the ball in the orange box"; "Make the ball hit the left wheel"(GRECO et al., 2017). Immediately after that, the subjects were induced to mental fatigue using a printed version of the modified Stroop test, lasting 30 minutes. Participants were given a notebook with four words (red, blue, green, yellow) printed repeatedly in random order. Participants were instructed to verbally respond to each word. The correct answer corresponded to the color in which the words were printed (red, blue, green, yellow) instead of their real meaning. However, when the printed color was red, the real meaning of the word should be said. An evaluator monitored all responses (PAGEAUX et al., 2014). Cognitive performance was determined just by considering the Stroop test using errors and successes during the 30 minutes.

The exercise protocol was performed on an athletic track and consisted of 8 laps of a 400 m race in lane 1, totaling 3.200 m. In the sessions, the subjects performed active stretching for five minutes and warmed up a trotting of 400m. The running time every 400 m was

measured using a manual stopwatch (smartphone j4+, Samsung, São Paulo, Brazil). Heart rate was measured at each lap using a heart rate monitor (Polar Electro Oy, Kempele, Finland) and the environmental temperature was accessed using a local meteorology site (Figure1).

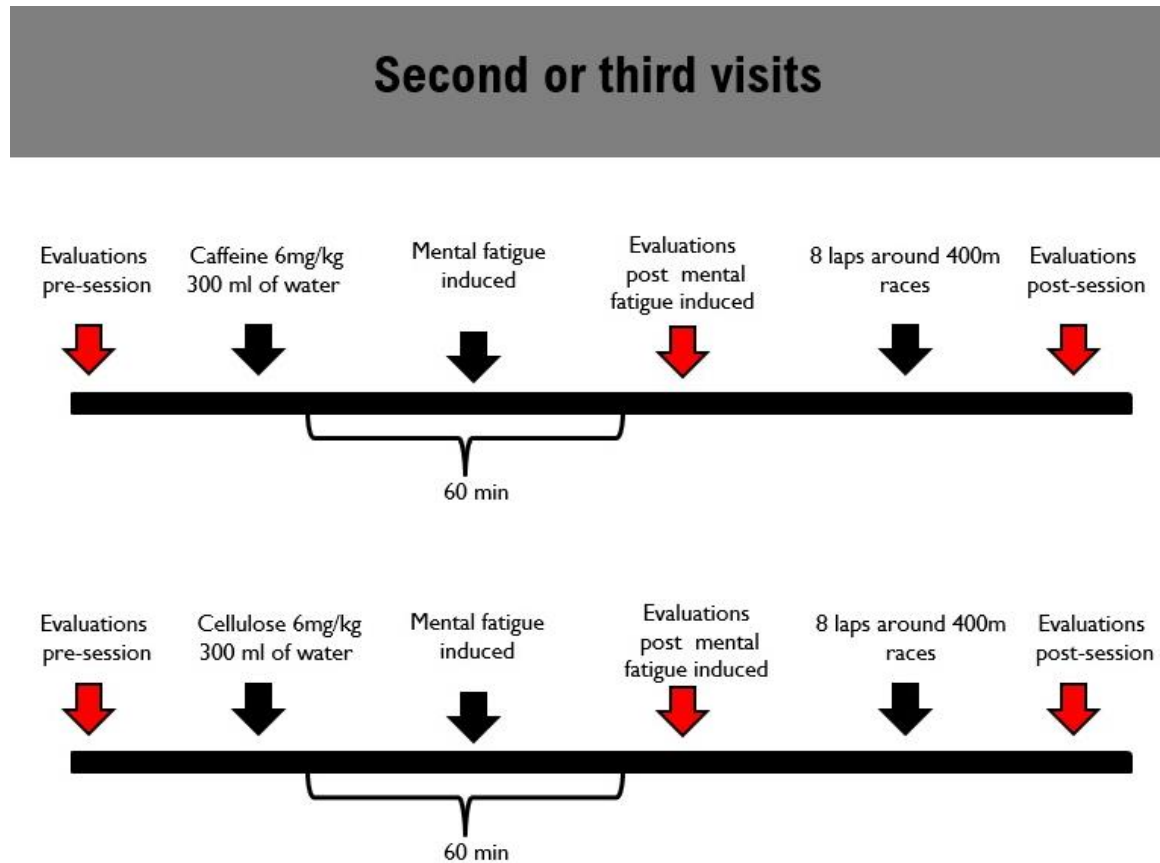


Figure 1. Experimental procedures.

3.2.3 Statistical Analyses

Data were expressed as mean and standard deviation (SD). For these data, the Shapiro Wilk test will be applied, aiming to determine the normality of the data distribution. The homogeneity of variances by Levene's test. Differences between cognitive performance on the Stroop test were verified by a one-way analysis of variance (ANOVA). The effects of supplementation in the Caf and Pla groups at different times of the experiment were tested using two-way ANOVA. Tukey's test was used as a post-hoc analysis. The effect size (ES) was calculated to determine the magnitude of the differences. Small, moderate and large effects were considered for values 0.2, 0.6 and 1.2, respectively (BATTERHAM; HOPKINS, 2006). All analyzes were performed using the Statistica software version 10 for Windows (StatSoft, Germany, Europe). In any condition, the significance level adopted was $P < 0.05$.

3.3 Results

We evaluated the caffeine supplementation on exercise performance in individuals fatigued mentally. However, 6mg/kg caffeine supplementation it was not able to improve the physical performance in 3200 m race (Group effect: $F = 0.005$; $P = 0.09$; $ES = 0.00003$. Time effect: $F = 2.43$; $P = 0.02$; $ES = 0.10$. Time x group interaction: $F = 0.07$; $P = 1.00$; $ES = 0.003$) (Figure 2). The race total time between the groups also did not change (Pla: 16.06 ± 2.30 min; Caf: 15.86 ± 2.35 ; $P = 0.5$)

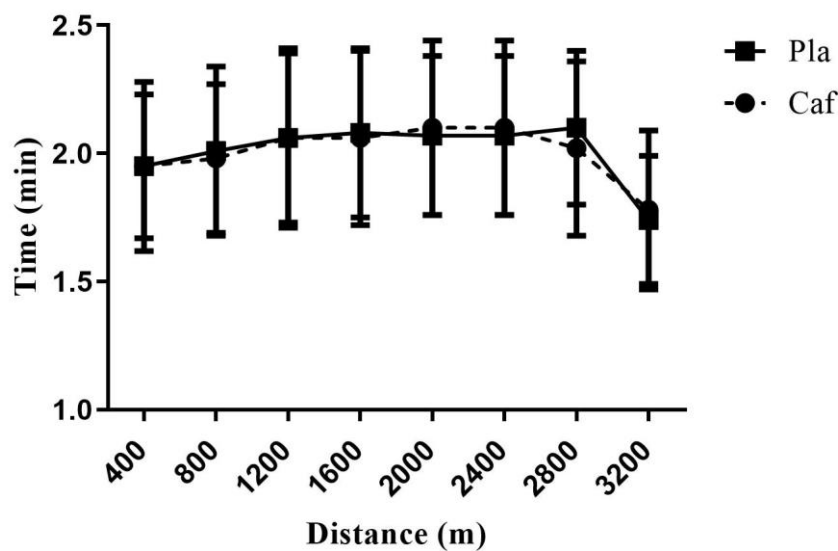


Figure 2. Physical performance in 3200 m race. Values are described as mean $\pm$ SD. Pla: placebo group. Caf: caffeine group. In the race time (min) in distinct race distances (m) within the groups and between Pla and Caf were no found differences (Tukey: $P > 0.05$).

The subjects performed varied pacing strategy (“J” curve) and the achieved speed to complete the different race distances it was similar between the groups (Group effect: $F = 0.006$; $P = 0.93$; $ES = 0.00004$. Time effect: $F = 3.56$; $P = 0.001$; $ES = 0.14$. Time x group interaction: $F = 0.08$; $P = 0.01$; $ES = 0.003$) (Figure 3).

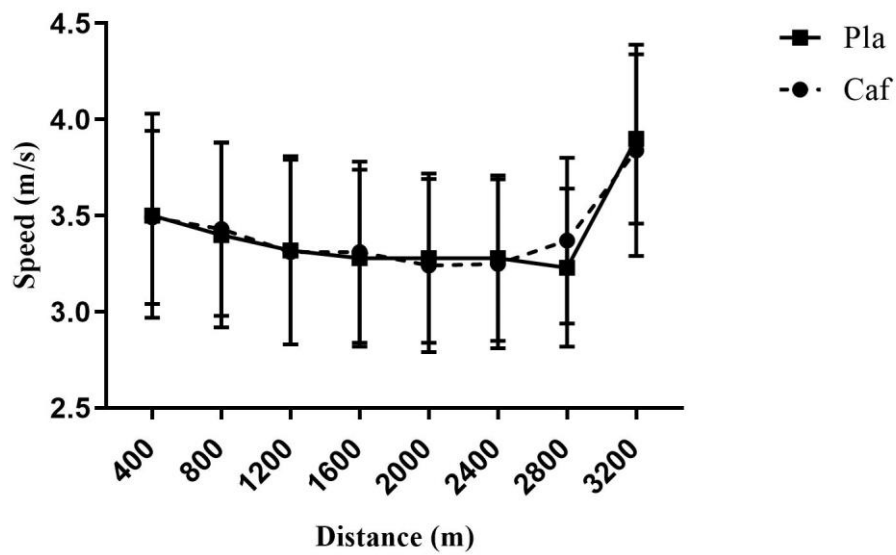


Figure 3. Pacing strategy in 3200 m race. Values are described as mean $\pm$ SD. Pla: placebo group. Caf: caffeine group. It was no found difference in performed speed (m/s) in distinct race distances (m) within the groups and between Pla and Caf (Tukey: $P > 0.05$).

Within the Caf and Pla groups, the HR resting and HR post mental fatigue induction were similar, at all following times the HR values were higher than resting and post mental fatigue induction HR. In both groups, the HR in 3200 m was higher in relation to 400 m (Group effect: $F = 1.26$; $P = 0.26$; $ES = 0.006$. Time effect: $F = 221.66$; $P = 0.0001$; $ES = 0.92$. Time $\times$ group interaction: $F = 0.23$; $P = 0.1$; $ES = 0.92$) (Figure 4).

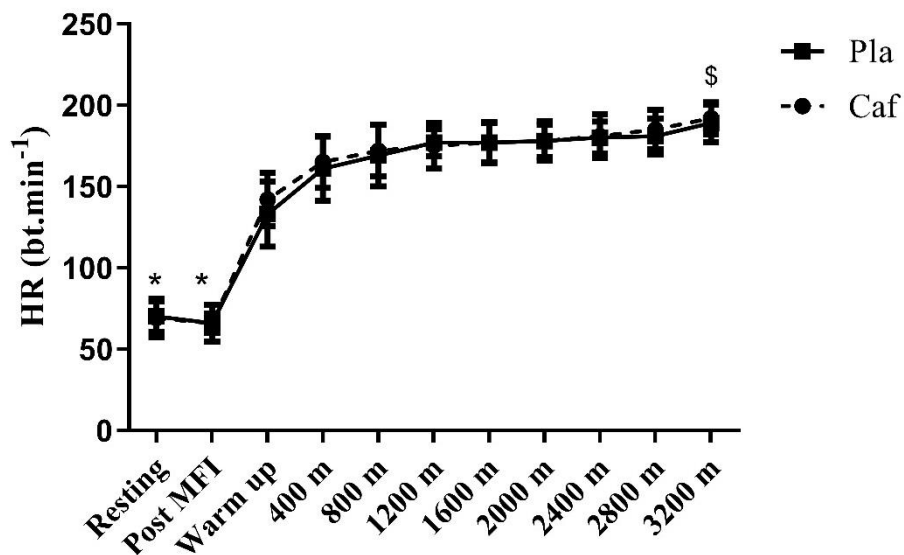


Figure 4. Heart rate alterations in experimental protocol within Pla and Caf groups. Values are described as mean $\pm$ SD. Pla: placebo group. Caf: caffeine group. HR: heart rate. Post-MFI: post-mental fatigue induction. *: intragroup significant difference in HR resting and HR Post-MFI in relation to the following times ($P < 0.05$). \$: intragroup significant difference between HR 400 m and 3200 m ($P < 0.05$).

Cognitive performance on the Stroop test was similar for both groups. There was no difference in correct and wrong answer numbers ($P = 0.61$; $P = 0.91$, respectively) when comparing the Caf and Pla groups. Regardless of the intervention, caffeine or placebo supplementation, an increase in the number of words answered correctly was observed in the second visit when compared to the first ($P = 0.04$). Following the same behavior, the total number of wrong answers decreased in the second visit compared to the first ($P = 0.02$). A learning effect was attributed to these results (Figure 5). (Group effect to correct answers: $F = 3.04$; $P = 0.04$; $ES = 0.20$; group effect to wrong answers $F = 3.20$; $P = 0.03$; $ES = 0.21$). The status mood did not present a significant difference when comparing both groups (Table 1). Only the fatigue status it was higher after the exercise when comparing resting and post MFI within Caf ($P = 0.002$; $P = 0.017$) and Pla groups ($P = 0.004$; $P = 0.02$).

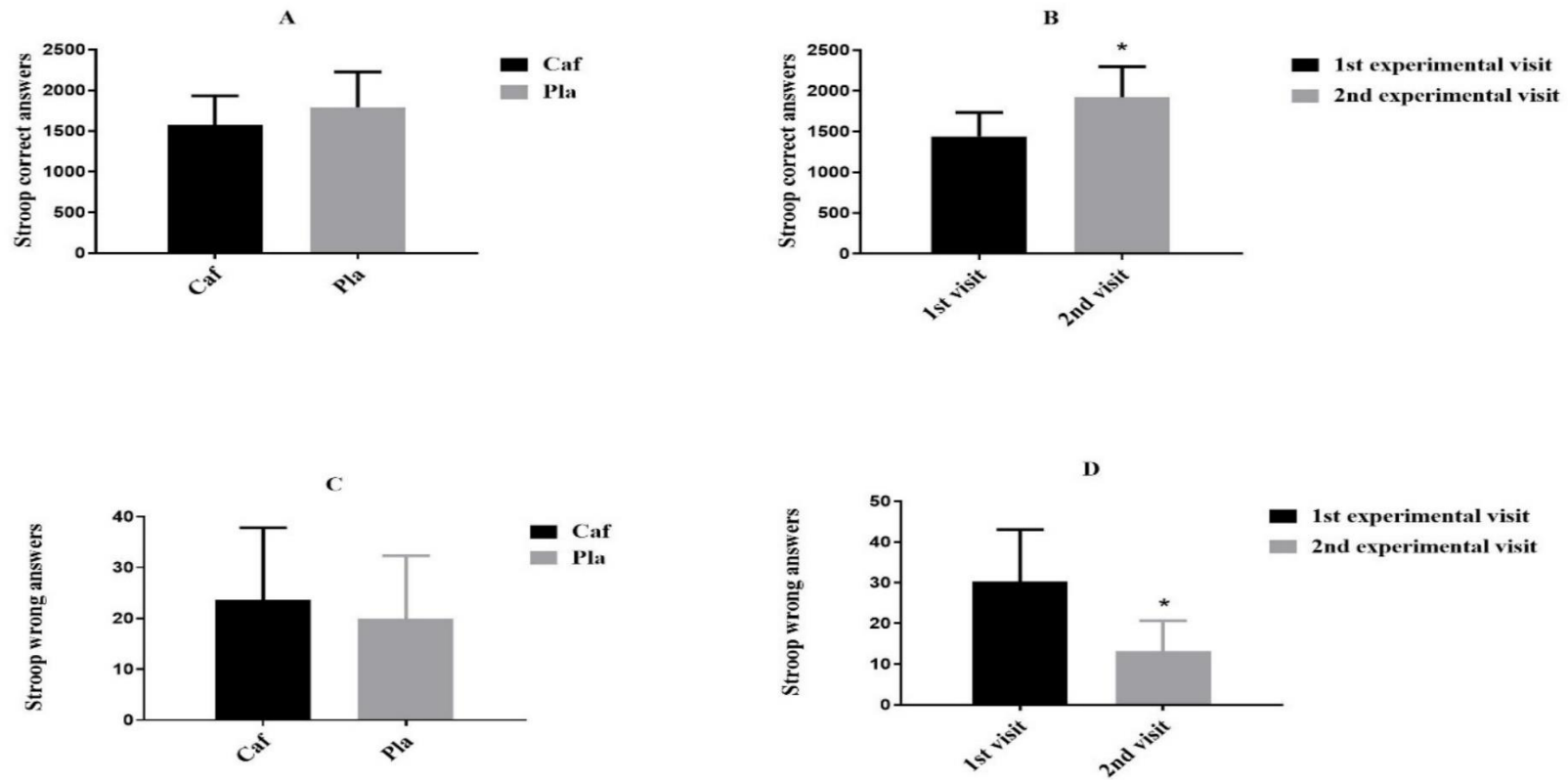


Figure 5. Cognitive performance in the Stroop test. Values are described as mean $\pm$ SD. Caf: caffeine group. Pla: placebo group. 1st visit: first experimental visit. 2nd visit: second experimental visit. *: significant difference ($p < 0.05$). A: comparison of total correct answers in Stroop test between Caf and Pla. B: learning effect in relation correct answers' rise in Stroop test in the second visit when compared with the first visit independently Caf or Pla condition. C: comparison of total wrong answers in Stroop test between Caf and Pla. D: learning effect in relation to errors decrease in Stroop test in the second visit when compared with the first visit independently Caf or Pla condition.

Table 1. Mood status in resting, post-MFI and post 3200 m.

Group	Mood	Resting	Post- MFI	Post 3200 m	Time x group interaction
Caf	Tension	1.8 ± 1.4	3.1 ± 2.3	1.5 ± 1.2	F = 0.26; P = 0.76; ES = 0.009
Pla	Tension	1.8 ± 1.6	2.3 ± 2.4	1.4 ± 1.3	
Caf	Depression	1 ± 1.0	0.6 ± 0.8	0.4 ± 0.6	F = 0.08; P = 0.91; ES = 0.003
Pla	Depression	1 ± 2	0.3 ± 0.6	0.2 ± 0.6	
Caf	Anger	1 ± 1.9	1.7 ± 2.7	0.6 ± 0.8	F = 0.01; P = 0.98; ES = 0.0004
Pla	Anger	0.4 ± 0.6	1.3 ± 2.9	0.1 ± 0.3	
Caf	Vigor	7 ± 3.1	7.5 ± 3.3	6.5 ± 2.7	F = 1.12; P = 0.33; ES = 0.03
Pla	Vigor	8.1 ± 3.7	6.7 ± 3.2	4.5 ± 2.3	
Caf	Fatigue	1.8 ± 2.8	2.5 ± 1.5	6.4 ± 3.2*	F = 0.007; P = 0.1; ES = 0.0002
Pla	Fatigue	1.9 ± 2.8	2.6 ± 1.5	6.5 ± 3.2*	
Caf	Confusion	0.3 ± 0.4	1.9 ± 2.4	1.5 ± 1.9	F = 0.01; P = 0.98; ES = 0.003
Pla	Confusion	0.5 ± 0.8	1.9 ± 1.8	1.7 ± 2.8	

Values are described as mean ± SD. Caf: caffeine group. Pla: placebo group. Post MFI: post mental fatigue induction.

*Fatigue presented a significantly increase Post 3200m in comparison with resting and post MFI within Caf and Pla groups (P<0.05)

In relation to the hydration status, the urine color did not differ between the groups in resting, post-MFI and post 3200 m (Caf and Pla resting 3 ± 1.70 ; 4 ± 1.71 . Caf and Pla post-MFI: 4 ± 1.70 ; 4 ± 1.77 . Caf and Pla post 3200 m: 4 ± 1.43 ; 4 ± 1.9 . Group effect: $F = 0.16$; $P = 0.68$; $ES = 0.003$. Time effect: $F = 0.05$; $P = 0.94$; $ES = 0.002$. Time x group interaction: $F = 0.04$; $P = 0.95$; $ES = 0.001$). As well as the urine-specific gravity did not change significantly between the groups in different experimental times (Caf and Pla resting: 1017 ± 7.89 ; 1016 ± 6.99 . Caf and Pla post-MFI: 1015.50 ± 6.43 ; 1013.50 ± 8.51 . Caf and Pla post 3200 m: 1016.50 ± 7.09 ; 1016.50 ± 7.47 . Group effect: $F = 0.1$; $P = 0.60$; $ES = 0.005$. Time effect: $F = 0.1$; $P = 0.61$; $ES = 0.01$. Time x group interaction: $F = 0.1$; $P = 0.91$; $ES = 0.003$). The subjects were classified between minimal and significant dehydration levels (Figure 5).

In the resting the urinary volume did not present difference between Caf (138.50 ± 108.55) and Pla (103.75 ± 57.92) ($P = 0.98$) as well as in the post MFI (Caf: 215.84 ± 167.06 ; Pla: 197.05 ± 173.28 ; $P = 0.1$) and post 3200 m (Caf: 54.90 ± 23.69 ; Pla: 61.94 ± 45.09 ; $P = 0.1$). Although the urinary volume post-MFI in Caf was higher compared it with post 3200 m in Caf ($P = 0.04$) we hypothesized that maybe a possible caffeine influences on diuresis is related to physiological individuality, since subjects' responses did not show a specific pattern related to supplementation (Figure 6). (Group effect: $F = 0.25$; $P = 0.61$; $ES = 0.004$. Time effect: $F = 7.87$; $P = 0.009$; $ES = 0.22$. Time x group interaction: $F = 0.15$; $P = 0.85$; $ES = 0.005$). The body mass did not change significantly between Caf and Pla group in all experiment times (Caf and Pla resting: 70.98 ± 6.82 ; 71.04 ± 7.40 . Caf and Pla post-MFI: 70.71 ± 6.84 ; 70.85 ± 7.30 . Caf and Pla post 3200 m: 70.24 ± 6.84 ; 70.08 ± 7.32 . Group effect: $F = 0.0001$; $P = 0.1$; $ES = 0.0001$. Time effect: $F = 0.077$; $P = 0.92$; $ES = 0.002$. Time x group interaction: $F = 0.002$; $P = 0.1$; $ES = 0.0001$) (Figure 6).

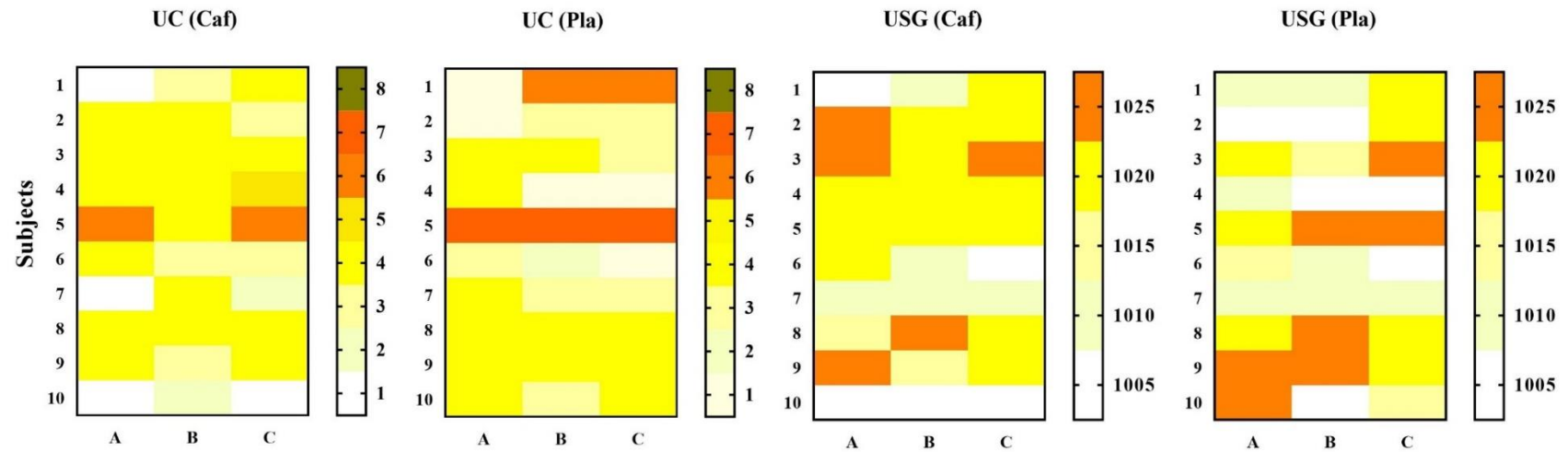


Figure 4. The hydration status in resting, post MFI and post 3200 m. Values are expressed as absolute and individual. Caf: caffeine group. Pla: placebo group. UC: urine color (Armstrong et al. 1994; Casa et al. 2000). USG: urine specific gravity. A: resting. B: post mental fatigue induction. C: post 3200 m. 1 – 8: 1-2 UC and USG < 1010: well hydrated. 3-4 UC and USG 1010-1020: minimal dehydration. 5-6 UC and USG 1021-1030: significant dehydration. 7-8 UC and USG > 1030: serious dehydration.

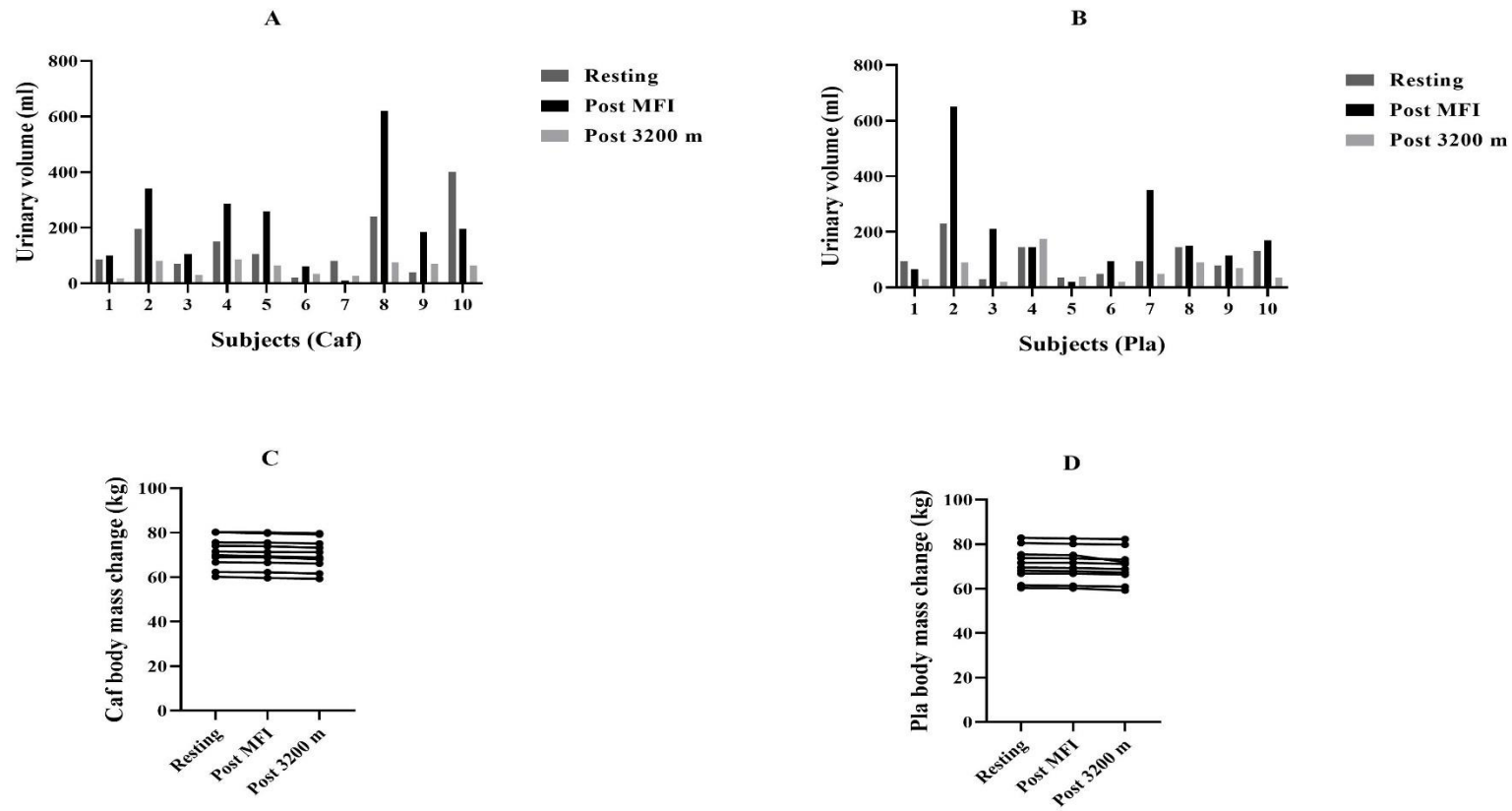


Figure 6. The urinary volume and body mass change in resting, post MFI and post 3200 m. Values are expressed as absolute and individual. Post MFI: post mental fatigue induction. Caf: caffeine group. Pla: placebo group. Diuresis presented specific alterations in each individual independently of caffeine supplementation. The body mass did not change significantly ($p > 0.05$).

The resting Caf systolic blood pressure raised after post 3200 m in both Caf and Pla ($P = 0.0005$; $P = 0.006$). The Caf systolic blood in post 3200 m it was higher than Caf and Pla systolic blood resting ($P = 0.0005$; $P = 0.03$) and Pla post MFI ($P = 0.0003$) (Group effect: $F = 1.42$; $P = 0.23$; $ES = 0.01$. Time effect: $F = 18.30$; $P = 0.0001$; $ES = 0.43$. Time x group interaction: $F = 1.89$; $P = 0.13$; $ES = 0.07$). The Caf and Pla diastolic blood pressure did not present significantly difference (Group effect: $F = 0.09$; $P = 0.76$; $ES = 0.001$. Time effect: $F = 3.12$; $P = 0.03$; $ES = 0.11$. Time x group interaction: $F = 0.28$; $P = 0.83$; $ES = 0.01$). As well as grip strength right and left hand did not change significantly (Group effect: $F = 0.07$; $P = 0.78$; $ES = 0.001$. Time effect: $F = 0.14$; $P = 0.93$; $ES = 0.005$. Time x group interaction: $F = 0.30$; $P = 0.82$; $ES = 0.01$) (Group effect: $F = 0.01$; $P = 0.89$; $ES = 0.0002$. Time effect: $F = 0.10$; $P = 0.95$; $ES = 0.004$. Time x group interaction: $F = 0.32$; $P = 0.80$; $ES = 0.01$) (Table 2).

The environment temperature did not present difference between the both groups (Caf: 26.1 ± 1.10 °C; Pla: 26.7 ± 1.16 °C; $P = 0.35$). In relation the subjective variables the Caf RPE post 3200 m it was higher than Caf and Pla RPE resting ($P = 0.0001$; $P = 0.0001$) and RPE post MFI ($P = 0.0001$; $P = 0.0001$) (Group effect: $F = 0.18$; $P = 0.66$; $ES = 0.002$. Time effect: $F = 95.23$; $P = 0.0001$; $ES = 0.79$. Time x group interaction: $F = 0.50$; $P = 0.68$; $ES = 0.02$). Caf comfort sensation post 3200 m was higher than Caf and Pla comfort sensation in resting (0.0001 ; 0.0001) and post MFI (0.0001 ; 0.0003) (Group effect: $F = 1.39$; $P = 0.24$; $ES = 0.01$. Time effect: $F = 39.32$; $P = 0.0001$; $ES = 0.62$. Time x group interaction: $F = 0.17$; $P = 0.90$; $ES = 0.007$). The same happened with thermal sensation for Caf post 3200 m was higher than Caf and Pla thermal sensation in resting ($P = 0.0001$; $P = 0.0001$) and post MFI ($P = 0.0003$; $P = 0.0003$) (Group effect: $F = 1.81$; $P = 0.18$; $ES = 0.02$. Time effect: $F = 24.32$; $P = 0.0001$; $ES = 0.50$. Time x group interaction: $F = 0.38$; $P = 0.76$; $ES = 0.01$) (Table 2).

Table 2. Systolic and diastolic blood pressure, hand grip strength, subjective perception of effort, comfort sensation and thermal sensation in resting, post MFI and post 3200 m.

	Caf			Pla		
	Resting	Post- MFI	Post 3200 m	Resting	Post MFI	Post 3200 m
Systolic blood pressure (mmHg)	122 ± 9.90*	131 ± 17.49	150 ± 12.61\$	130 ± 9.72	121 ± 12.37	145 ± 18.46
Diastolic blood pressure (mmHg)	69 ± 11.05	74 ± 9.99	78 ± 8.34	70 ± 6.52	75 ± 12.13	79 ± 12.48
Grip strength right hand (kgf)	42.13 ± 4.42	42.03 ± 5.29	42.10 ± 6.97	42.43 ± 4.94	41.02 ± 5.02	40.17 ± 6.77
Grip strength left hand (kgf)	40.90 ± 4.69	39.97 ± 5.19	40.55 ± 6.88	40.37 ± 5.02	39.65 ± 5.88	38.83 ± 7.74
RPE	7 ± 0.52	9 ± 3.16	19 ± 0.79#	6 ± 1.66	6 ± 2.99	17 ± 1.25
Comfort sensation	1 ± 0.00	2 ± 0.85	3 ± 0.67**	1 ± 0.00	2 ± 1.03	3 ± 0.79
Thermal sensation	4 ± 0.85	4 ± 0.79	5 ± 0.84***	4 ± 0.82	4 ± 0.63	6 ± 0.84

Values are described as mean ± SD. Caf: caffeine group. Pla: placebo group. Post MFI: post mental fatigue induction. RPE: rating of perceived exertion. *significant difference between Caf systolic blood pressure resting and Caf/Pla post 3200 m ($P < 0.05$). \$significant difference between Caf systolic blood pressure post 3200 m and Caf/Pla resting and Pla post-MFI ($P < 0.05$). #significant difference between Caf RPE post 3200 m and Caf/Pla RPE resting and Caf/Pla RPE post-MFI ($P < 0.05$). **significant difference between Caf comfort sensation post 3200 m and Caf/Pla comfort sensation resting and post MFI ($P < 0.05$). ***significant difference between Caf thermal sensation post 3200 m and Caf/Pla thermal sensation resting and post MFI ($P < 0.05$).

3.4 Discussion

In our study the caffeine did not improve physical performance in subjects mental fatigue induced, however, it is postulated that caffeine can reduce the perception of exertion and pain during exercise, thus allowing individuals to perform higher workloads for a longer period. In the literature, the effectiveness of caffeine in improving the athletic performance of individuals who demonstrate a high level of physical and mental exhaustion in prolonged exercises is widely described (AZEVEDO et al., 2016; SALINERO; LARA; DEL COSO, 2019; VAN CUTSEM et al., 2017a). In our study, the time race test was approximately 20 minutes, but the ergogenic caffeine effect on exercise performance lasting less than one hour yet is not well understood. Appears to be dependent on the duration of the exercise, protocol used and the training status of the subjects studied (DAVIS; GREEN, 2009).

Caffeine supplementation has also improvement the cognitive performance (AZEVEDO et al., 2016; HOGERVORST et al., 2008; VAN CUTSEM et al., 2017b). Caffeine and maltodextrin mouth rinse (0.3 g / 25 ml Caf; 1.6 g / 25 ml Malt) also improved reaction time during an extended cognitive task using the Stroop test, in which 10 physically active men, performed 90 minutes of mental fatigue induction (VAN CUTSEM et al., 2017b). Although in this study the mental fatigue induction protocol had a duration of 60 minutes, the complexity of the first task is simple comparing with the second, perhaps a longer time of induction of mental fatigue through the modified Stroop is necessary. The observed learning effect leads us to postulate that individuals quickly adapt to the task and it does not leave them mentally fatigued. A method that quantitatively measures the level of mental fatigue is necessary for future studies, to establish a real state of acute mental fatigue.

In a study with cyclists induced to mental fatigue that performed a time trial race 20 km, the caffeine supplementation (5 mg/kg) improved the performance in fatigued cyclists mentally, reducing the time by approximately 1.7% when compared to placebo (FRANCO-ALVARENGA et al., 2019).

The positive caffeine effect has also been appeared in association with other ergogenic resources to improve performance and reduce RPE during prolonged exercise (VAN CUTSEM et al., 2017b). As stated, the ergogenic power of caffeine in endurance exercise performance has been widely demonstrated (AZEVEDO et al., 2016; SALINERO; LARA; DEL COSO, 2019; VAN CUTSEM et al., 2017a) but the literature is not as consistent on the effects of caffeine in high-intensity, short-duration exercise, which may be explained by discrepancies in

exercise protocols, dosages, training levels, and habitual caffeine intake found in these studies (DAVIS; GREEN, 2009).

Caffeine dosage around 3 to 6 mg/kg demonstrates positive effects on exercise performance (DAVIS; GREEN, 2009). Overdosing does not appear to exert additional ergogenic effects but may have side effects that would impair performance (PICKERING; GRGIC, 2019). Therefore, it can be said that in situations where the use of the aerobic via is predominantly, caffeine has a positive result in increasing performance, but there are inter-individual variations that be considered becoming the caffeine ergogenic effect more controversy (PICKERING; KIELY, 2017).

3.5 Conclusion

In conclusion, caffeine or placebo groups presented a learning effect regarding the increase in hits and decrease in errors in the Stroop test on the second visit compared to the first. Caffeine supplementation associated with mental fatigue also did not improve physical performance in a 3.200 m race.

References

- ARMSTRONG, L. et al. Urinary Indices of Hydration Status. **International Journal of Sport Nutrition**, v. 4, p. 265–279, 1994.
- ASTORINO, T. A.; WHITE, A. C. Caffeine and Exercise Performance. **Royal Society of Chemistry Publishing**, n. 2, p. 314–336, 2012.
- AZEVEDO, R. et al. Effects of caffeine ingestion on endurance performance in mentally fatigued individuals. **European Journal of Applied Physiology**, v. 116, n. 11–12, p. 2293–2303, 2016.
- BATTERHAM, A. M.; HOPKINS, W. G. Making Meaningful Inferences About Magnitudes. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 1, n. 1, p. 50–57, 2006.
- BIRD, E. T. et al. Caffeine ingestion and lower urinary tract symptoms in healthy volunteers. **Neurourology and Urodynamics**, v. 24, n. 7, p. 611–615, 2005.
- BOKSEM, M. A. S.; TOPS, M. Mental fatigue: Costs and benefits. **Brain Research Reviews**, v. 59, n. 1, p. 125–139, 2008.
- CADEGIANI, F. A.; KATER, C. E. Hormonal aspects of overtraining syndrome: a systematic review. **BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation**, v. 9, n. 1, p. 14, 2017.
- CASA, D. J. et al. National athletic trainers' association position statement: Fluid replacement for athletes. **Journal of Athletic Training**, v. 35, n. 2, p. 212–224, 2000.
- CASA, D. J.; CLARKSON, P. M.; ROBERTS, W. O. American College of Sports Medicine

Roundtable on Hydration and Physical Activity : Consensus Statements. **Current Sports Medicine Reports**, v. 5, p. 115–127, 2005.

CASULA, E. P. et al. Acute hyperammonaemia induces a sustained decrease in vigilance, which is modulated by caffeine. **Metabolic Brain Disease**, v. 30, p. 143–149, 2015.

CHENG, C.-F. et al. Caffeine ingestion improves power output decrement during 3-min all-out exercise. **European journal of applied physiology**, v. 116, n. 9, p. 1693–1702, set. 2016.

CHO, H. J. et al. Cross-cultural validation of the Chalder Fatigue Questionnaire in Brazilian primary care. **Journal of Psychosomatic Research**, v. 62, n. 3, p. 301–304, 2007.

CRISPIM, S. P. **Manual fotogr fico de quantificação alimentar**. [s.l.: s.n.].

DAVIS, J. K.; GREEN, J. M. Caffeine and Anaerobic Performance: Ergogenic Value and Mechanisms of Action. **Sports Medicine**, v. 39, n. 10, p. 813–832, 2009.

EDENFIELD, K. M. Sports Supplements: Pearls and Pitfalls. **Primary Care - Clinics in Office Practice**, v. 47, n. 1, p. 37–48, 2020.

FESS, E. N. In: CASANOVA, J. (Ed.). **Grip strength: Clinical Assessment Recommendations**. 2nd. ed. [s.l.] Chicago: American Society of Hand Therapists, 1992.

FOGELHOLM, M. et al. International physical activity questionnaire: Validity against fitness. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 38, n. 4, p. 753–760, 2006.

FRANCO-ALVARENGA, P. E. et al. Caffeine improved cycling trial performance in mentally fatigued cyclists, regardless of alterations in prefrontal cortex activation. **Physiology and Behavior**, v. 204, n. December 2018, p. 41–48, 2019.

GRECO, G. et al. Negative effects of smartphone use on physical and technical performance of young footballers. **Journal of Physical Education and Sport**, v. 17, n. 4, p. 2495–2501, 2017.

HOGERVORST, E. et al. Caffeine improves physical and cognitive performance during exhaustive exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 40, n. 10, p. 1841–1851, 2008.

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **The British journal of nutrition**, v. 40, p. 497–504, 1978.

KILLER, S. C.; BLANNIN, A. K.; JEUKENDRUP, A. E. No evidence of dehydration with moderate daily coffee intake : a counterbalanced cross-over study in a free- living population. **PloS one**, v. 9, n. 1, p. 1–8, 2014.

LUN, V. et al. Relation between running injury and static lower limb alignment in recreational runners. **British Journal of Sports Medicine**, v. 38, n. 5, p. 576–580, 2004.

MARCORA, S. M.; STAIANO, W.; MANNING, V. Mental fatigue impairs physical performance in humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 106, p. 857–864, 2009.

NEARY, J. P. et al. Prefrontal cortex oxygenation during incremental exercise in chronic fatigue syndrome. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 28, n. 6, p. 364–372, 2008.

- NEUHAUSER-BERTHOLD, M. et al. Coffee consumption and total body water homeostasis as measured by fluid balance and bioelectrical impedance analysis. **Annals of nutrition & metabolism**, v. 41, p. 29–36, 1997.
- PAGEAUX, B. et al. Response inhibition impairs subsequent self-paced endurance performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 114, n. 5, p. 1095–1105, 2014.
- PAGEAUX, B.; LEPEERS, R. Fatigue induced by physical and mental exertion increases perception of effort and impairs subsequent endurance performance. **Frontiers in Physiology**, v. 7, 2016.
- PENSGAARD, A. A. M.; DUDA, J. L. J. Sydney 2000: The Interplay Between Emotions, Coping and the Performance of Olympic-Level Athletes. **The Sport Psychologist**, v. 17, n. 3, p. 253–267, 2003.
- PICKERING, C.; GRGIC, J. Caffeine and Exercise : What Next ? **Sports Medicine**, v. 49, n. 7, p. 1007–1030, 2019.
- PICKERING, C.; KIELY, J. Are the Current Guidelines on Caffeine Use in Sport Optimal for Everyone ? Inter-individual Variation in Caffeine Ergogenicity , and a Move Towards Personalised Sports Nutrition. **Sports Medicine**, 2017.
- REHOR, P. R. et al. Noncompetitive and Competitive Exercise Programs '. **Perceptual and Motor Skills**, v. 93, n. 1990, p. 249–256, 2001.
- ROHLFS, I. C. P. D. M. et al. Aplicação de instrumentos de avaliação de estados de humor na detecção da síndrome do excesso de treinamento. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 10, n. 2, p. 176–181, 2004.
- SALINERO, J. J.; LARA, B.; DEL COSO, J. Effects of acute ingestion of caffeine on team sports performance: a systematic review and meta-analysis. **Research in Sports Medicine**, v. 27, n. 2, p. 238–256, 2019.
- SILVA, A. M. et al. Total body water and its compartments are not affected by ingesting a moderate dose of caffeine in healthy young adult males. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 38, p. 626–632, 2013.
- SILVA, A. M. R. DA et al. Factors associated to the practice of physical activity by Brazilian workers. **Saúde em Debate**, v. 42, n. 119, p. 952–964, 2018.
- SMITH, M. R. et al. Mental fatigue impairs soccer-specific physical and technical performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 48, n. 2, p. 267–276, 2016.
- TANAKA, M.; ISHII, A.; WATANABE, Y. Neural mechanisms underlying chronic fatigue. **Reviews in the Neurosciences**, v. 24, n. 6, p. 617–628, 2013.
- TAYLOR, L. et al. The Impact of Different Environmental Conditions on Cognitive Function : A Focused Review. **Frontiers in Physiology**, v. 6, p. 1–12, 2016.
- TERRY, P. C.; LANE, A. M.; FOGARTY, G. 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.
- VAN CUTSEM, J. et al. The Effects of Mental Fatigue on Physical Performance: A

Systematic Review. **Sports Medicine**, v. 47, n. 8, p. 1569–1588, 2017a.

VAN CUTSEM, J. et al. A caffeine-maltodextrin mouth rinse counters mental fatigue. **Psychopharmacology**, v. 235, n. 4, p. 947–958, 2017b.

4. Original article

Title: Responsiveness to acute caffeine supplementation in football professionals is greater than placebo football Professionals and Under-players on muscle strength and power

Authors: Natally Monteiro de Oliveira¹, Alisson Marinho¹, Higor Spineli¹, Victor José Bastos-Silva^{1,2}, Marcos David-Cavalcante-Silva¹, Thays Ataide-Silva¹, Pedro Balikian Júnior¹, Eduardo Seixas Prado¹, Filipe Antonio de Barros Sousa¹ and Gustavo Gomes De Araujo¹

Affiliations:

¹ Federal University of Alagoas, Maceió, Alagoas, Brazil.

² Cesmac University Center, Maceió, Alagoas, Brazil.

Corresponding author:

Gustavo Gomes de Araujo

Federal University of Alagoas

E-mail: gusta_ef@yahoo.com.br; Tel: +55 82 32141873

ORCID: 0000-0003-4609-069X

Address: Federal University of Alagoas, Institute of Physical Education and Sports/PPGNUT/PPGCS, Avenue Lourival Melo Mota, s/n, Maceió-AL 57072-900, Brazil

Abstract

Caffeine has been widely used as an ergogenic resource in sports. Previous studies have been raised that the ergogenic effects of caffeine may be potentiated in highly trained athletes, but in football players, there is no consolidated evidence in the literature. The aim of this study was to evaluate the effects of acute caffeine supplementation on physical fitness performance among under and professional football players. Eighty-one football athletes participated in this study, who were divided into 4 groups according to the type of supplementation and category: caffeine-professional (Caf-P) (n=17), placebo-professional (Pla-P) (n=12), caffeine-under (Caf-U) (n= 26), and placebo-under (Pla-U) (n=26). In a randomized and double-blind manner, the athletes received 6 mg/kg of caffeine or 6 mg/kg of cellulose. After 60 min the players performed a battery of tests to assess flexibility, strength, speed, power, and cardiorespiratory capacity. Caf-P (74.3 ± 12.3 kgf) improved ($P = 0.02$) left knee maximum voluntary isometric contraction compared to Pla-P (62.9 ± 18.3 kgf). The maximum speed in Caf-P (57.2 ± 7.09) was higher ($P = 0.04$) than Pla-P (52 ± 8.74) and higher ($P = 0.04$) in Caf-U (57.4 ± 6.53) than Pla-U (53.3 ± 6.76). The average speed (km/h) increased ($P = 0.002$) in Caf-U (35.6 ± 2.55) in relation to Pla-U (33.3 ± 3.56). Caffeine raised performance in physical capacity variables when compared to placebo in both groups. But professional athletes performed improved physical performance, in relation to under-football athletes.

Key words: Trimethylxanthine, football, exercise

4.1 Introduction

Football is a team sport considered, due to its influence on sports science and economical aspects, the most popular worldwide modality. During a football match, the athletes perform several high-intensity efforts (e.g., sprints, accelerations, decelerations, jumping, and kicking) separated by low-intensity movements (e.g., walking and jogging) (STØLEN et al., 2005). Athletes need a high degree of physical fitness to attend to the metabolic demand imposed by these actions and achieve high performance during the competition (MOHR; KRUSTRUP; BANGSBO, 2005). Physical fitness depends upon aerobic and anaerobic power and endurance, strength and power, and speed and agility (STØLEN et al., 2005). Thus, developing these performance variables is extremely necessary to agree with the metabolic demand required during a football match. Some physical and physiological tests are recommended to understand real deficiencies in each performance component of football athletes. Generally, the tests used in football science are the yo-yo test, Wingate test, sprint test, change of directions test, maximal strength tests, and jumping tests (STØLEN et al., 2005; SVENSSON; DRUST, 2005). Therefore, there are wide to assess and develop performance in football. In addition, some strategies are also used allowing the athletes to achieve full performance in the tests and training sessions (MUJIKÁ et al., 2018). Among them, it is the use of nutritional ergogenic substances to improve soccer performance.

Although there are many substances used to improve exercise performance, caffeine is the most popular ergogenic in sports science (AGUILAR-NAVARRO et al., 2019). This popularity is related to strong scientific evidence regarding its benefits in the wide range of exercise protocols and tests (GRGIC et al., 2019a). Strong evidence is based upon several mechanisms of action of caffeine in body tissues and systems (GRGIC et al., 2019a). The main effects of caffeine occur on the central nervous system (MEEUSEN; ROELANDS; SPRIET, 2013). Caffeine binds to adenosine receptors in the brain reversing the adenosine effects (MEEUSEN; ROELANDS; SPRIET, 2013), as a result increasing neuro excitability (WALTON; KALMAR; CAFARELLI, 2003), dopamine release (LEE et al., 2019), b-endorphin release (LAURENT et al., 2000), and reducing pain and effort (DOHERTY; SMITH, 2004, 2005). Other mechanisms are distributed throughout the body, such as powerful skeletal muscle contractions (TARNOPOLSKY; CUPIDO, 2000) and recruitment (FELIPPE et al., 2018), increase oxygen saturation (RUÍZ-MORENO et al., 2020), and change the breathing pattern (MARINHO et al., 2022). These systemic responses justify the high consumption of

caffeine in the sports science and coach community. Recent findings have suggested that caffeine ingestion improves power (GRGIC, 2018), strength, muscular endurance (GRGIC et al., 2019b), and endurance (SOUTHWARD; RUTHERFURD-MARKWICK; AJMOL, 2018) exercise protocols. Thus, caffeine seems to be a good strategy to improve exercise performance.

Due to the practical benefit of caffeine ingestion on exercise-specific tests, some studies assessed the effects of caffeine consumption on determinants of football performance tests (MIELGO-AYUSO et al., 2019). A systematic review concluded that caffeine improved soccer players' jump performance, repeated sprint performance, and running distance (MIELGO-AYUSO et al., 2019). However, this study did not consider age categories within the analysis, which may represent different benefits regarding caffeine ingestion. For example, height countermovement jump increased by 3.8% in professional players (APOSTOLIDIS et al., 2019) and 8.6% in under-17 soccer players (ELLIS et al., 2019). One of the differences related to age category may be attributed to the training status between professionals and youth athletes. Past evidence suggests that caffeine presents larger ergogenic effects in low training status than in high training status (BOYETT et al., 2016; BROOKS; WYLD; CHRISMAS, 2015). As youth players show low task performance than professional players, it is expected that a high degree of improvement on soccer tests, after caffeine ingestion, occurs in youth players. However, whether this response with ingestion of caffeine indeed depends on age-category status training needs to be tested.

We tested this assumption in the present study whether caffeine effects are different between professionals and under-17 football players. Based on the arguments aforementioned, we hypothesized that under-17 football player presents larger gains in football test performance after caffeine ingestion.

4.2 Methods

4.2.1 Design study and participants

This research was an experimental design, randomized, double-blinded, and placebo-controlled. The sample was obtained by convenience. The random sample was realized using the research randomizer website (<https://www.randomizer.org/>) for the determination of supplementation order. Eighty-one volunteer football athletes participated in this study and were divided into four independent groups according to the type of supplementation and category: caffeine-professional (Caf-P) (n=17), placebo-professional (Pla-P) (n=12), caffeine-

under (Caf-U) (n= 26), placebo-under (Pla-U) (n=26). All athletes were part of teams from Brazilian football's second division. Professional athletes, young athletes, and their parents were informed previously about the study and experimental risks and written consent was obtained. The experimental procedures were conducted in accordance with the Declaration of Helsinki (2008) and approved by the Alagoas Federal University Ethics Committee.

4.2.2 Experimental procedures

Athletes visited the laboratory once during the afternoon period (1:00 PM). First, in a random way, Caf-P and Caf-U groups received a capsule supplementation containing 6 mg.kg⁻¹ of anhydrous caffeine with a cup of water (250 ml). The Pla-P and Caf-U groups received a capsule containing 6 mg.kg⁻¹ of cellulose with a cup of water (250 ml). Athletes rested for 1 hour, in this period they answered 24-hour dietary recall and weekly caffeine food sources intake questionnaires. Previously they were instructed to keep their habitual food and caffeine ingestion. An anthropometric evaluation was realized, and the weight and height were obtained (Welmy®, Santa Bárbara d'Oeste, São Paulo, Brazil). As well as the right and left thigh medial circumferences were accessed (Sanny®, São Paulo, Brazil). For the body fat percentage (%bf) quantification, triceps, subscapular, suprailiac, and abdominal skinfolds were measured and calculated by the following equation: %bf = 5,783 + 0,153 x (4 skinfolds sum) (FAULKNER, 1968). On the experiment day, the athletes did not realize any exercise. One hour later the supplementation they performed a set of tests (with water ingestion *ad libitum*): sit and reach test, dynamometer scapular test, squat jump, the thigh maximum voluntary isometric contraction, lumbar dynamometry, Wingate anaerobic test, 20 minutes of recovery and Yoyo endurance test level 2 (Figure 1).

4.2.3 Sit and reach test

The hamstring muscle flexibility was obtained through the sit-and-reach test. The test was carried out on a bench, measuring 64 cm in length, 40 cm in width, and, 30.5 cm in height, with a 63.5 cm measuring tape in its extension (Sanny®, São Paulo, Brazil). The zero point is at the extremity closest to the athlete and at the 23 cm point is the support for the feet (adapted from WELLS; DILLON, 1952).

The athlete was positioned in front of the bench, sitting on the floor with legs extended. With arms raised ears parallel, and hands overlapping, they performed lumbar spine flexion, without moving their knees. The athlete should touch the maximum point of the scale with the

extremity distal of the third phalanx. Three attempts were made and the one with the greatest reach was considered.

4.2.4 Dynamometry scapular test

The scapular protraction strength was evaluated through a manual dynamometer with 100 kgf capacity (Crown, Oswaldo Filizola, São Paulo, Brazil). The athlete was standing, with the lower-body abducted at shoulder width. He was asked to hold the dynamometer in the indicated space, with both hands closed in the neutral position. With shoulders abducted, elbows flexed, and forearms and wrists aligned, traction was performed to the sides, with approximately 20 centimeters of the distance between the hands. A maximum isometric contraction was maintained until the pointer stopped. A 20-second recovery period was established between the 3 trials. The highest value reached was considered a performance measure of the scapulae protraction strength.

4.2.5 Squat jump

The examiner explained and performed the squat jump for the athlete. He learned to position himself crouched at 90° in relation to the knee joint, keeping his hands fixed on the iliac crest during the entire execution of the jump. At the sound of the command “prepare” the athlete squatted down and 3 seconds later at the sound of the command “jump”, the athlete jumped reaching a maximum, fast, and powerful extension of the lower limbs. On landing, while the athlete looked forward keeping balance, he flexed his knees slightly and held upright. The athlete performed 3 jumps with an interval of 5 seconds between executions. Jumps were performed on a force platform (EMGSystem do Brazil Ltda., São José dos Campos, São Paulo) measuring 50 cm wide and 50 cm long, with four power cells. The acquisition frequency used was 100 Hz; in order to minimize noise, a 23 Hz low-pass filter was used. The strength and power jump variables were analyzed using the MatLab software, 2018 version (MathWorks Inc, Natick Massachusetts, EUA). The variables measured will be described below:

The jump flight time was calculated using the force curve, for which it was considered the athlete's aerial trajectory when the values recorded by the force platform were equal to or less than zero. The athlete's velocity was calculated at the take-off time using the flight time. The maximum jump height was calculated from the take-off speed.

Work was considered the product of the athlete's force applied on the platform and the distance for him moved in the direction of the beginning place the force was applied. Power

was considered the maximal power attained from the beginning of force application to maximal velocity is attained.

Peak force was the moment in the force-time curve during the squat jump. It measured the time required for attaining the peak force during the squat jump (T peak force). The peak power and rate of force development (Peak RFD) was considered the maximum rate of force development from the beginning of force application to the peak force attained. From there, it was calculated time required for attaining the peak power and rate of force development (Peak TRFD).

4.2.6 Thigh maximum voluntary isometric contraction and lumbar dynamometry

In order, to obtain the strength measurement during a quadriceps femoris muscle maximum voluntary isometric contraction (MVIC), the athlete was seated with his back resting on a Bonnet bench without mechanical resistance. His knees were flexed at 90° and his thighs were strapped to the chair. A specific strap for strength training was placed around the ankle's limb to be evaluated. The strap was coupled to a load cell using an iron chain, which was fixed in the chair base. Three MVIC 60° of knee extension were performed alternately on both limbs. The MVIC lasted 5 seconds and 10 seconds of recovery was established for each limb. During the execution of the tests, the athletes were stimulated with verbal encouragement to produce the maximum force possible.

After 30 seconds the lumbar dynamometry was evaluated, and the athlete was positioned on a platform coupled to a load cell. The base of the platform contained a chain and handle for hands. The athlete was standing with his hands resting on the anterior region of the thighs. The handle was adjusted five centimeters below the middle fingers, during the test the knees were semi-flexed. The athlete was asked to hold the handle with his hands and exert maximum traction force, perpendicularly to the platform. There was no contact between the handle or the hands with any other part of the subject's body. They performed 3 trials lasting 5 seconds and 30 seconds of recovery between each trial.

The maximum voluntary isometric strength of the knee extensor muscles and lumbar dynamometer were evaluated with the aid of a strength transducer, type force cell, with a capacity of 2000 N (EMG System from Brazil Ltda., São José dos Campos, São Paulo). The force signals were obtained through the DAQ module, amplifier, and Hall effect sensor, set to record data at 1000 Hz. The force sensors were calibrated using known weights before the

beginning test. The force signals were filtered using a low-pass, fourth-order Butterworth filter, with a 10 Hz cutoff frequency determined by spectral analysis (fast Fourier transform). Subsequently, for signal analysis, was used MatLab software, 2018 version (MathWorks Inc., Natick, Massachusetts, United States). The highest strength value obtained among the three attempts was recorded.

4.2.7 Wingate anaerobic test

To assess anaerobic capacity, the Wingate test was performed, including 30 seconds of total effort on a cycle ergometer with mechanical brake (Biotec 2100®, CEFISE). A priori, the torque was measured by calibrating the dynamometer with known weights, in sequence, to match the torque performed on the system to the load applied to the cycle ergometer. For the power calibration, $W = (Kgfm \cdot 6 \cdot rpm) / 6.12$ was used, where “W” is the power, “Kgfm” is the kilogram-force per meter unit, and “rpm” is the number of revolutions per minute established.

Initially, the athlete performed a 5 minutes warm-up, with a 2.5 kg fixed load and 90 rpm (150 watts). At the end of 2 and 4 minutes, he performed two trials of 6-second sprints all outs. Then a no-load cycle was started and a 5 seconds countdown started. A flying unloaded start began at 3 seconds. In the 0 seconds count, a resistance equivalent to 7.5% of the body mass was added, and the athlete performed a total effort for 30 seconds (MARINHO et al., 2020).

The data of maximum power (W), average power (W), minimum power (W), fatigue index % (power), slope (power), R2 (power), maximum speed (km/h), average speed (km/h), minimum speed (km/h), fatigue index % (speed), slope (speed), R2 (speed) were calculated using a custom code in MatLab 2018 (MathWorks Inc, USA).

4.2.8 Yoyo endurance test level 2

The YoYo endurance test level 2 was used to evaluate the aerobic capacity, the test was performed continuously (BANGSBO, 1996). The athlete was instructed to run continuously over a distance of 20 meters in the round-trip format, in which the speed was increased according to a sound stimulus. The athlete continued running for as long as he can. On the second time that the athlete did not reach either line before the audio signal his test was finished. The athlete's score was the total distance covered in the last complete successful shuttle and the maximum oxygen consumption (VO₂max) was estimated according to test performance.

4.2.9 Statistical analysis

Data were expressed as mean and standard deviation (SD). For these data, the Shapiro-Wilk test was applied, aiming to determine the data normality distribution; and the homogeneity of variances by Levene's test. The supplementation effects in different groups were tested using one-way ANOVA (treatment x group). Fisher's LSD test was used as a post hoc analysis. Effect size (ES) was calculated to determine the magnitude of significant differences in performance. Small, moderate, and large effects were considered for values 0.2, 0.6, and 1.2, respectively (Batterham; Hopkins, 2006). All analyses were performed using Statistica software, version 10.0 for Windows (Copyright© 2020, Informer Technologies, Inc, United States of America). In any condition, the significance level adopted was $P < 0.05$.

4.3 Results

Our study compared the ergogenic effect of caffeine supplementation on the physical capacity of professional and under-football players. Regarding the sample characterization, the age in Caf-P was higher than in Pla-P ($P = 0.009$), Caf-U ($P < 0.001$) and Pla-U ($P < 0.001$) ($F = 30.17$; $P < 0.001$; $ES = 0.54$). The body mass between Caf-P and Pla-P was similar ($P = 0.24$) but the body mass in Caf-P was higher than Caf-U ($P = 0.004$) and Pla-U ($P = 0.04$) ($F = 3.76$; $P = 0.01$; $ES = 0.12$). The height ($F = 1.32$; $P = 0.27$; $ES = 0.04$) and the body fat percentage ($F = 0.75$; $P = 0.52$; $ES = 0.02$) did not present a difference in all groups. Daily caffeine consumption was similar between groups ($F = 0.56$; $P = 0.64$; $ES = 0.03$) (Table 1).

Table 1. Sample characterization

	Caf - P	Pla - P	Caf - U	Pla - U
Age (years)	22.5 ± 3.14*	20.2 ± 2.08	16.7 ± 1.72	16.7 ± 2.23
Body mass (kg)	72.5 ± 7.11**	68.5 ± 7.18	64.2 ± 9.11	64.1 ± 11.0
Height (cm)	176 ± 6.88	174 ± 4.89	175 ± 7.17	172 ± 7.18
Body fat (%)	12.7 ± 3.06	12.2 ± 2.40	12.1 ± 2.22	13.2 ± 3.35
Caffeine (mg)	237 ± 240	295 ± 228	214 ± 208	319 ± 283

Values are described as mean ± SD. Caf-P: Caffeine professional football group. Pla-P: Placebo professional football group. Caf-U: Caffeine under-football group. Pla-U: Placebo under-football group. *Caf-P age were significantly higher than Pla-P, Caf-U and Pla-U. **Caf-P body mass was significantly higher than Caf-U and Pla-U (Fisher's LSD post-hoc $P < 0.05$).

The hamstring muscles flexibility did not change between the groups (Caf-P: 33.1 ± 6.81 cm; Pla-P: 33.0 ± 6.08 cm; Caf-U: 33.3 ± 5.59 cm; Pla-U: 31.2 ± 7.55 cm; $F = 0.47$; $P = 0.70$; $ES = 0.02$). The maximum scapular strength in Caf-P (26.3 ± 4.38 kgf) was higher than Caf-U (22.3 ± 5.29 kgf; $P = 0.01$) and Pla-U (20.7 ± 4.63 kgf; $P = 0.001$). The maximum scapular strength in Pla-P (25.4 ± 4.94 kgf) was higher only when compared with Pla-U ($P = 0.007$) ($F = 5.59$; $P = 0.002$; $ES = 0.19$).

In relation to squat jump (SJ) performance, the jump height in Caf-P was higher only when compared with the Pla-U group ($P = 0.004$) ($F = 3.02$; $P = 0.03$; $ES = 0.10$). The work SJ ($F = 7.01$; $P < 0.0001$; $ES = 0.21$) and power SJ ($F = 6.58$; $P < 0.001$; $ES = 0.20$) values followed the same way, in Caf-P they were higher than those found in Caf-U ($P < 0.001$; $P < 0.0001$, respectively) and Pla-U ($P < 0.0001$; $P < 0.0001$, respectively). The work SJ and power SJ presented higher values in Pla-P compared to Pla-U ($P = 0.03$; $P = 0.04$, respectively). The peak force SJ did not change significantly between the groups ($F = 0.58$; $P = 0.62$; $ES = 0.02$). The T peak force SJ in Caf-P and Pla-P were higher than in Caf-U ($P < 0.001$; $P < 0.0001$, respectively) and Pla-U ($P < 0.0001$; $P < 0.0001$, respectively) ($F = 13.28$; $P < 0.0001$; $ES = 0.34$). The impulse SJ was higher in Caf-P and Pla-P when compared with Caf-U ($P < 0.0001$; $P < 0.0001$, respectively) and Pla-U ($P < 0.0001$; $P < 0.0001$, respectively) ($F = 19.59$; $P < 0.0001$; $ES = 0.43$). The Peak RFD SJ did not present difference in all groups ($F = 0.41$; $P = 0.74$; $ES = 0.01$). The Peak TRFD SJ in Caf-P and Pla-P were higher than in Caf-U ($P = 0.008$; $P < 0.0001$, respectively) and Pla-U ($P < 0.001$; $P < 0.0001$, respectively) ($F = 8.86$; $P < 0.0001$; $ES = 0.26$).

Table 2. Squat jump performance between Caf-P, Pla-P, Caf-U, and Pla-U groups.

	Squat jump			
	Caf - P	Pla - P	Caf - U	Pla - U
Jump height (m)	0.34 ± 0.05*	0.33 ± 0.04	0.31 ± 0.03	0.33 ± 0.04
Work (J)	245 ± 40.1**	223 ± 34.3***	200 ± 29.5	191 ± 50.7
Power (W)	921 ± 100**	856 ± 99.4***	788 ± 101	764 ± 157
Peak force (N)	1042 ± 263	928 ± 119	988 ± 262	1023 ± 250
T peak force (s)	0.464 ± 0.219#	0.555 ± 0.125	0.310 ± 0.112	0.290 ± 0.096
Impulse	412 ± 111#	384 ± 77.8	254 ± 75.7	253 ± 66.2
Peak RFD (N/s)	56207 ± 35658	69487 ± 29178	57311 ± 34536	61603 ± 36057
Peak TRFD (s)	0.428 ± 0.212#	0.495 ± 0.146	0.310 ± 0.096	0.275 ± 0.113

Values are described as mean ± SD. Caf-P: Caffeine professional football group. Pla-P: Placebo professional football group. Caf-U: Caffeine under-football group. Pla-U: Placebo under-football group. Power: maximal power attained from the beginning of force application to maximal velocity is attained. Peak force: peak force in the force-time curve during squat jump. T peak force: Time required for attaining the peak force during squat jump. Peak RFD: peak power and rate of force development (maximum rate of force development from the beginning of force application to the peak force is attained). Peak TRFD: time required for attaining the peak power and rate of force development. *Significant difference between Caf-P and Pla-U. **Significant difference in Caf-P when compared with Caf-U and Pla-U. ***Significant difference in Pla-P when compared with Pla-U. #Significant difference in Caf-P and Pla-P when compared with Caf-U and Pla-U (Fisher's LSD post-hoc $P < 0.05$).

The maximum voluntary isometric contraction of the right knee was higher in Caf-P (73.7 ± 11.0 kg) than in Caf-U (58.4 ± 12.1 kgf; $P = 0.001$) and Pla-U (54.9 ± 14.3 kgf $P < 0.001$). The contraction force in Pla-P (64.9 ± 12.2 kgf) was higher only when compared with Pla-U ($P = 0.02$) ($F = 8.68$; $P < 0.0001$; $ES = 0.24$). But in the left knee, the maximum voluntary isometric contraction was higher in Caf-P (74.3 ± 12.3 kgf) when compared with Pla-P (62.9 ± 18.3 kgf; $P = 0.02$), Caf-U (54.2 ± 11.0 kgf; $P < 0.0001$) and Pla-U (51.2 ± 13.8 kgf; $P < 0.0001$) groups. In the same way, the contraction force was higher in Pla-P only when compared with Pla-U ($P = 0.01$) ($F = 12.31$; $P < 0.0001$; $ES = 0.31$) (Figure1).

Regarding the right thigh circumference, there was no difference between the Caf-P (54.5 ± 5.9 cm) and Pla-P (54.4 ± 3.2 cm) ($P = 0.95$) groups, the same occurred between Caf-U (50.0 ± 5.0 cm) and Pla-U (50.7 ± 5.3 cm) ($P = 0.60$). But Caf-P and Pla-P values were higher when compared with Caf-U ($P = 0.006$; $P = 0.01$, respectively) and Pla-U ($P = 0.02$; $P = 0.04$, respectively) ($F = 4.02$; $P = 0.01$; $ES = 0.13$). A similar way happened with the left thigh circumference: Caf-P (54.2 ± 5.7 cm) and Pla-P (53.6 ± 4.2 cm) values were greater than in

Caf-U (49.3 ± 4.7 cm) ($P = 0.002$; $P = 0.01$, respectively) and Pla-U (50.0 ± 5.1 cm) ($P = 0.009$; $P = 0.04$, respectively). The Caf-P and Pla-P ($P = 0.7$) were not different as well as in Caf-U and Pla-U groups ($P = 0.6$) ($F = 4.55$; $P = 0.005$; $ES = 0.15$).

The lumbar dynamometer performance was greater in Caf-P (137.3 ± 19.4 kgf) when compared with Caf-U (119.2 ± 19.5 kgf; $P = 0.03$) and Pla-U (120.4 ± 31.0 kgf; $P = 0.04$). The lumbar force in Pla-P (119.4 ± 41.0 kgf) did not present difference between the others groups ($P > 0.05$) ($F = 1.91$; $P = 0.13$; $ES = 0.06$) (Figure1).

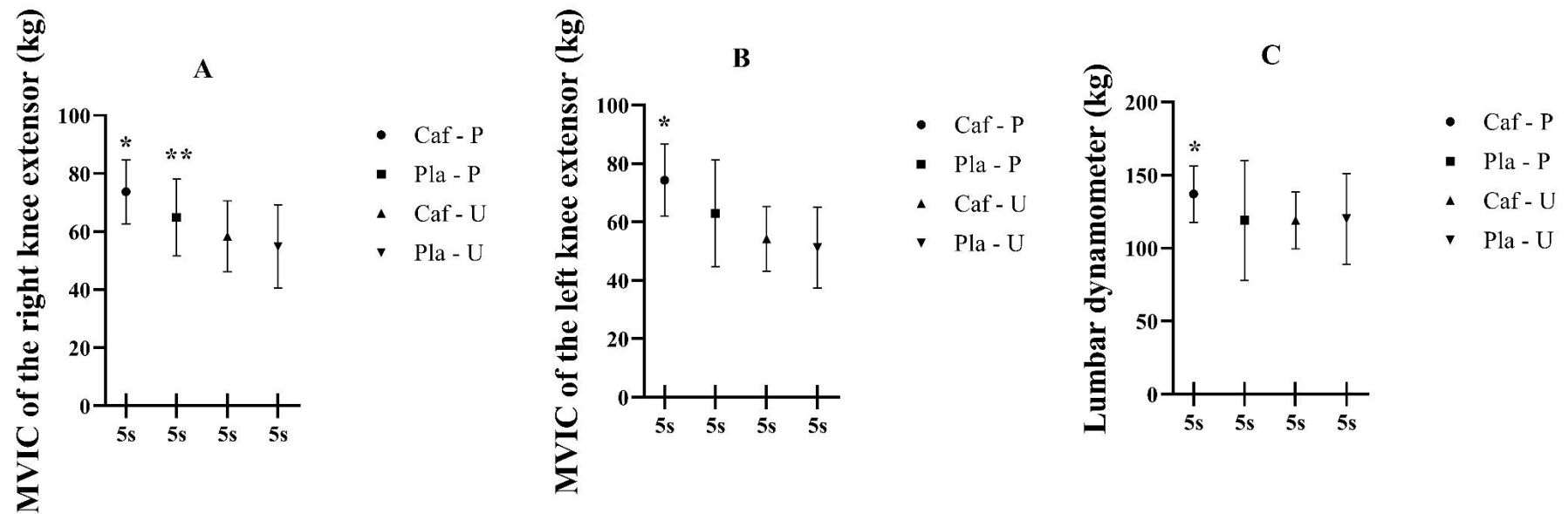


Figure 1. Maximum voluntary isometric contraction of the right and left knee, lumbar force, between Caf-P, Pla-P, Caf-U, and Pla-U groups. Values are described as mean $\pm$ SD. Caf-P: Caffeine professional football group. Pla-P: Placebo professional football group. Caf-U: Caffeine under-football group. Pla-U: Placebo under-football group. MVIC: maximum voluntary isometric contraction. 5s: contraction time. A: *The right knee MVIC was significantly higher in Caf-P in comparison with Caf-U and Pla-U. **The right knee MVIC in Pla-P was significantly higher in comparison with Pla-U. B: *The left knee MVIC was significantly higher in Caf-P in comparison with Pla-P, Caf-U and Pla-U. C: *The lumbar dynamometer was significantly higher in Caf-P in comparison with Caf-U and Pla-U (Fisher's LSD post-hoc $P < 0$).

In relation to Wingate test performance, the maximum power in Caf-P was higher than in Pla-U ($P = 0.005$) ($F = 2.76$; $P = 0.04$; $ES = 0.09$). The average power in Caf-P was higher than in Caf-U ($P = 0.01$) and Pla-U ($P < 0.01$). The Pla-P group presented an average power greater than Pla-U ($P = 0.01$) ($F = 5.34$; $P = 0.002$; $ES = 0.16$). The minimum power in Caf-P was greater than in Caf-U ($P = 0.03$) and Pla-U ($P = 0.004$) ($F = 3.10$; $P = 0.03$; $ES = 0.10$). The fatigue index (power) ($F = 0.50$; $P = 0.67$; $ES = 0.01$), slope (power) ($F = 1.07$; $P = 0.36$; $ES = 0.039$), and R^2 (power) ($F = 0.87$; $P = 0.46$; $ES = 0.03$) did not present a significant difference between the groups. The maximum speed in Caf-P was higher than that found in Pla-P ($P = 0.04$). The same occurred for Caf-U in relation to Pla-U ($P = 0.04$). Still about this variable, the Caf-U value was higher than in Pla-P ($P = 0.02$) ($F = 2.81$; $P = 0.04$; $ES = 0.09$). The average speed in Caf-P was greater than in Caf-U ($P = 0.04$) and Pla-U ($P < 0.0001$). In Caf-U was higher than Pla-U ($P = 0.002$). In Pla-P the average speed was higher than in Pla-U ($F = 8.07$; $P < 0.0001$; $ES = 0.23$). The minimum speed was higher in Caf-P than in Pla-U ($P = 0.01$) ($F = 2.0$; $P = 0.11$; $ES = 0.07$). The fatigue index (speed) ($F = 0.50$; $P = 0.67$; $ES = 0.01$), slope (speed) ($F = 1.0$; $P = 0.39$; $ES = 0.03$), R^2 (speed) ($F = 0.01$; $P = 0.74$; $ES = 0.01$) did not present difference in all groups (Table 3)

Table 3. Wingate test performance in Caf – P, Pla – P, Caf – U, and Pla – U groups.

	Wingate test			
	Caf - P	Pla - P	Caf - U	Pla - U
Maximum power (W)	913 ± 57.2*	832 ± 131	854 ± 115	798 ± 178
Average power (W)	600 ± 66.7*	573 ± 74.4**	533 ± 85.1	502 ± 100
Minimum power (W)	355 ± 105*	344 ± 90.6	318 ± 93.5	297 ± 88.6
Fatigue index % (power)	61.2 ± 12.1	58.1 ± 11.8	62.1 ± 12.3	62.8 ± 10.6
Slope (power)	-15.2 ± 3.97	-13.1 ± 5.34	-13.9 ± 4.37	-12.9 ± 4.23
R2 (power)	0.823 ± 0.231	0.771 ± 0.241	0.830 ± 0.165	0.780 ± 0.208
Maximum speed (km/h)	57.2 ± 7.09 [#]	52 ± 8.74	57.4 ± 6.53 ^{\$@}	53.3 ± 6.76
Average speed (km/h)	37.3 ± 1.80***	35.6 ± 1.79**	35.6 ± 2.55 ^{\$}	33.3 ± 3.56
Minimum speed (km/h)	22.1 ± 5.78*	21.4 ± 4.89	21.3 ± 5.63	19.7 ± 5.07
Fatigue index % (speed)	61.2 ± 12.1	58.1 ± 11.8	62.1 ± 12.3	62.8 ± 10.6
Slope (speed)	-0.966 ± 0.316	-0.822 ± 0.345	-0.934 ± 0.274	-0.851 ± 0.246
R2 (speed)	0.823 ± 0.231	0.771 ± 0.241	0.830 ± 0.165	0.780 ± 0.208

Values are described as mean ± SD. Caf-P: Caffeine professional football group. Pla-P: Placebo professional football group. Caf-U: Caffeine under-football group. Pla-U: Placebo under-football group. *Significant difference between Caf-P and Pla-U. **Significant difference between Pla-P and Pla-U. # Significant difference between Caf-P and Pla-P. \$ Significant difference between Caf-U and Pla-U. @Significant difference between Caf-U and Pla-P. ***Significant difference in Caf-P between in Caf-U and Pla-U (Fisher's LSD post-hoc P<0.05)

The performance in yoyo endurance test level 2 for $\text{VO}_2\text{máx}$ (Caf-P: 45.32 ± 4.92 ml $\text{O}_2/\text{kg}/\text{min}$; Pla-P: 44.60 ± 2.38 ml $\text{O}_2/\text{kg}/\text{min}$; Caf-U: 43.84 ± 4.67 ml $\text{O}_2/\text{kg}/\text{min}$; Pla-U: 42.40 ± 4.50 ml $\text{O}_2/\text{kg}/\text{min}$; $F = 1.45$; $P = 0.23$; $ES = 0.05$) it was not significantly different in all groups. The accumulated distance in Caf-P was higher than in Pla-U ($P = 0.04$) (Caf-P: 1731 ± 313 m; Pla-P: 1691 ± 161 m; Caf-U: 1638 ± 289 m; Pla-U: 1543 ± 273 m; $F = 1.45$; $P = 0.23$; $F = 1.60$; $P = 0.19$; $ES = 0.06$) (Figure 2).

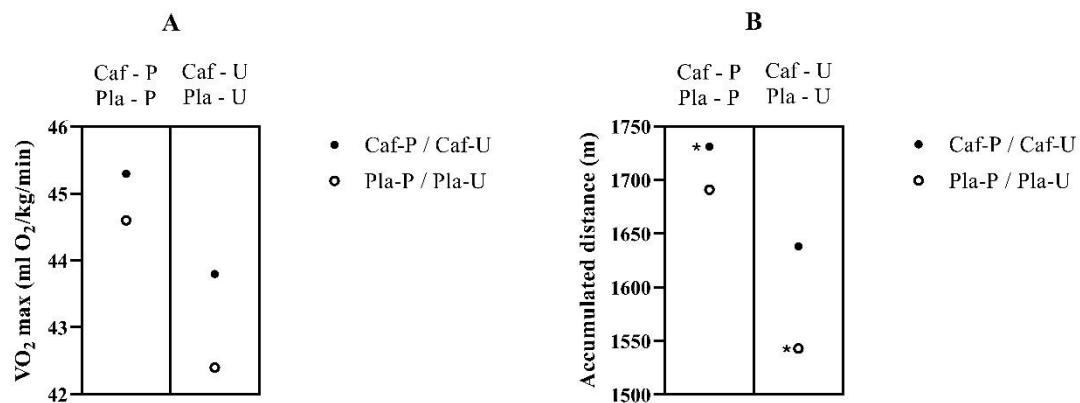


Figure 2. Performance in yoyo endurance test level 2 in Caf-P, Pla-P, Caf-U, and Pla-U. Values are described as mean $\pm$ SD. Caf-P: Caffeine professional football group. Pla-P: Placebo professional football group. Caf-U: Caffeine under-football group. Pla-U: Placebo under-football group. $\text{VO}_2\text{máx}$ (ml $\text{O}_2/\text{kg}/\text{min}$): maximum oxygen consumption (milliliters of oxygen per kilogram per minute). * Difference between Caf-P and Pla-U (Fisher's LSD post-hoc $P < 0.05$).

4.4 Discussion and conclusion

Our study investigated the effects of caffeine intake on the neuromuscular, anaerobic and aerobic performance of professional and under-football players. Initially we found that professional players have greater body mass and age when compared to under-players. Systematized studies have shown that elite group players generally have relatively higher mean values of age, weight and height and, consequently, a higher BMI than non-elite group players (GOMEZ-CAMPOS et al., 2023).

Although an ergogenic effect of caffeine was not observed on the scapular strength tests, we found significant differences between participants varying in training status. An interesting finding is that in the scapular strength test, the amateur group that used caffeine did not have a significant difference from the professional group. The

caffeine effects on athletes of different fitness levels have previously been investigated in a limited number of studies with contrasting results. However, few have explored the effects of caffeine with participants stratified according to training status on strength exercise outcomes. Brooks et al., (2015) examined 1 maximal repetition (RM) squat performance in a controlled trial or after consumption of 5 mg/kg of caffeine or placebo in 14 participants (seven trained and seven untrained). Similar to our scapular strength result, caffeine ingestion increased 1RM squat strength when compared to control, but only in the untrained group.

Our study showed that pre-exercise caffeine intake did not improve jump height when compared to placebo. Similar findings were observed for other variables related to jumping. However, there was a significant effect on training status, with higher impulse values observed in the professional group. These results corroborate the suggestion that potentially training status may not moderate the ergogenic effects of caffeine on jumping performance (BERJISIAN et al., 2022).

Corroborating to our hypothesis, there was also difference in maximum voluntary isometric contraction and lumbar strength. Caffeine use is associated with increased voluntary strength during due to an enhanced neural drive to the knee extensors, as is usually evidenced by increased normalized muscle activity during torque development (BEHRENS et al., 2015; PARK et al., 2008).

Finally, also in accordance to the current literature (SAN JUAN et al., 2019; SUN et al., 2022), our results showed difference in the variables obtained in Wingate. Potential influences of caffeine during short-term high-intensity exercise include a direct effect on skeletal muscle, an impact on excitation-contraction coupling affecting neuromuscular transmission, and an increased mobilization of intracellular calcium from the sarcoplasmic reticulum. In conclusion caffeine raised performance in physical capacity variables when compared to placebo in both groups. But professional athletes performed improved physical performance, in relation to under-football athletes.

References

AGUILAR-NAVARRO, M. et al. Urine caffeine concentration in doping control samples from 2004 to 2015. **Nutrients**, v. 11, n. 2, p. 1–11, 2019.

APOSTOLIDIS, A. et al. Caffeine supplementation: ergogenic in both high and low caffeine responders. **International journal of sports physiology and performance**, v. 14, n. 5, p. 650-657, 2019.

BATTERHAM, A. M.; HOPKINS, W. G. Making Meaningful Inferences About Magnitudes. **International Journal of Sports Physiology and Performance** v. 1, n. 1, p. 50-57, 2006.

BANGSBO J. **Yo-Yo tests**. HO+Storm, Copenhagen, Denmark and Tocano Music A/S, Smorum, Denmark. 1996.

BEHRENS M, et al. Caffeine-induced increase in voluntary activation and strength of the quadriceps muscle during isometric, concentric and eccentric contractions. **Scientific Reports**. v.13, n. 5, p. 10209, 2015.

BERJISIAN E, NADERI A, MOJTAHEDI S, et al. Are Caffeine's Effects on Resistance Exercise and Jumping Performance Moderated by Training Status? **Nutrients**. 6;14(22):4840, 2022.

BOYETT, J. C. et al. Time of Day and Training Status Both Impact the Efficacy of Caffeine for Short Duration Cycling Performance. **Nutrients**, v. 8, n. 10, 2016.

BROOKS, J. H.; WYLD, K.; CHRISMAS, B. C. Acute effects of caffeine on strength performance in trained and untrained individuals. **Journal Athletics Enhancement**, 2015.

DOHERTY, M.; SMITH, P. M. Effects of caffeine ingestion on exercise testing: A meta-analysis. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 14, n. 6, p. 626–646, 2004.

DOHERTY, M.; SMITH, P. M. Effects of caffeine ingestion on rating of perceived exertion during and after exercise: a meta-analysis. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v.15, n. 2, p. 69–78, 2005.

ELLIS, M. et al. Low Doses of Caffeine: Enhancement of Physical Performance in Elite Adolescent Male Soccer Players. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 14, n. 5, p. 569–575, 2019.

FAULKNER JA. 1968. Physiology of swimming and diving. In: Falls H. **Exercise physiology**. Baltimore: Academic Press: 415-446.

FELIPPE, L. C. et al. Caffeine increases both total work performed above critical power and peripheral fatigue during a 4-km cycling time trial. **Journal of Applied Physiology**, v. 124, p.1491–1501, 2018.

GOMEZ-CAMPOS R, et al. Systematic review of the anthropometric profile of female futsal players 2010-2020. **European Journal of Translational Myology**. 2023

GRGIC, J. Caffeine ingestion enhances Wingate performance: a meta-analysis. **European journal of sport science**, v. 18, n. 2, p. 219–225, mar. 2018.

GRGIC, J. et al. Wake up and smell the coffee: Caffeine supplementation and exercise Performance - An umbrella review of 21 published meta-analyses. **British Journal of Sports Medicine**, p. 1–9, 2019a.

- GRGIC, J. et al. The Influence of Caffeine Supplementation on Resistance Exercise: A Review. **Sports Medicine**, v. 49, n. 1, p. 17–30, 2019b.
- LAURENT, D. et al. Effects of Caffeine on Muscle Glycogen Utilization and the Neuroendocrine Axis during Exercise 1. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v. 85, n. 6, p.2170–2175, 2000.
- LEE, J. B. et al. Blood dopamine level enhanced by caffeine in men after treadmill running. **Chinese Journal of Physiology**, v. 62, n. 6, p. 279–284, 2019.
- MARINHO, A. H. et al. Caffeine mouth rinse has no effects on anaerobic energy yield during a Wingate test. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v.60, n.1, p.69–74, 2020.
- MARINHO, A. H. et al. Caffeine alters the breathing pattern during high-intensity whole-body exercise in healthy men. **European Journal of Applied Physiology**, p. 0–13, 2022.
- MEEUSEN, R.; ROELANDS, B.; SPRIET, L. L. Caffeine, exercise and the brain. **Nestle Nutrition Institute Workshop Series**, v. 76, p. 1–12, 2013.
- MIELGO-AYUSO, J. et al. Caffeine supplementation and physical performance, muscle damage and perception of fatigue in soccer players: A systematic review. **Nutrients**, v. 11, n. 2, p. 440, 2019.
- MOHR, M.; KRUSTRUP, P.; BANGSBO, J. Fatigue in soccer: a brief review. **Journal of Sports Sciences**, v. 23, n. 6, p. 593–599, 2005.
- MUJIKKA, I. et al. An integrated, multifactorial approach to periodization for optimal performance in individual and team sports. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v.13, n. 5, p. 538–561, 2018.
- PARK N.D. et al. Caffeines enhancement of maximal voluntary strength and activation in uninjured but not injured muscle. **International Journal of Sport Nutrition Exercise and Metabolism**, 2008.
- RUÍZ-MORENO, C. et al. Acute caffeine intake increases muscle oxygen saturation during a maximal incremental exercise test. **British Journal of Clinical Pharmacology**, v. 86, n. 5, p.861-867, 2020.
- SAN JUAN A.F. et al. Caffeine Supplementation Improves Anaerobic Performance and Neuromuscular Efficiency and Fatigue in Olympic-Level Boxers. **Nutrients**. v. 5. n.11, p. 2120,2019.
- SOUTHWARD, K.; RUTHERFURD-MARKWICK, J. K.; AJMOL, A. The Effect of Acute Caffeine Ingestion on Endurance Performance : A Systematic Review and Meta – Analysis. **Sports Medicine**, v. 48, n. 8, p. 1913–1928, 2018.
- SUN F. et al. Effects of Caffeine on Performances of Simulated Match, Wingate Anaerobic Test, and Cognitive Function Test of Elite Taekwondo Athletes in Hong Kong. **Nutrients**. v.18; n.14, p.3398, 2022.
- STØLEN, T. et al. Physiology of soccer. **Sports medicine**, v. 35, n. 6, p. 501–536, 2005.

SVENSSON, M. B.; DRUST, B. Testing soccer players. **Journal of sports sciences**, v. 23, n. 6, p. 601–618, 2005.

TARNOPOLSKY, M.; CUPIDO, C. Caffeine potentiates low frequency skeletal muscle force in habitual and nonhabitual caffeine consumers. **Journal of Applied Physiology**, v. 89, n. 5, p. 1719-1724, 2000.

THE WORLD MEDICAL ASSOCIATION, INC. Declaration of Helsinki. Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. **WMA General Assembly, Seoul, Korea**. 2008.

WALTON, C.; KALMAR, J.; CAFARELLI, E. Caffeine increases spinal excitability in humans. **Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine**, v. 28, n. September, p. 359–364, 2003.

WELLS, F.K.; DILLON, E.K. The Sit and Reach-A Test of Back and Leg Flexibility, Research Quarterly. **American Association for Health, Physical Education and Recreation** v. 23, n. 1, p. 115-118, 1952.

APÊNDICES

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (T.C.L.E.)

“O respeito devido à dignidade humana exige que toda pesquisa se processe após o consentimento livre e esclarecido dos sujeitos, indivíduos ou grupos que por si e/ou por seus representantes legais manifestem a sua anuência à participação na pesquisa”

Eu,..... tendo sido convidado(a) a participar como voluntário(a) do estudo **“Suplementação de Cafeína sobre a Fadiga Mental em Corrida Contrarrelógio”**, que será realizado no Laboratório de Ciência Aplicada ao Esporte (LACAE) e na pista olímpica da Universidade Federal de Alagoas, recebi do Sr. Gustavo Gomes de Araujo, funcionário público, professor universitário e pesquisador responsável por sua execução, da aluna e orientanda Natally Monteiro de Oliveira, responsável por sua execução, as seguintes informações que me fizeram entender sem dificuldades e sem dúvidas os seguintes aspectos:

- 1) Que o estudo se destina a avaliar se a suplementação de cafeína diminuirá a fadiga mental durante uma corrida contrarrelógio de 3 Km e 200 m,
- 2) Que a importância deste estudo é a contribuição na construção de conhecimento a respeito do possível efeito ergogênico da cafeína diminuindo os efeitos da fadiga mental sobre o desempenho no exercício de longa duração. Espera-se que a cafeína diminua a fadiga mental por meio do estímulo do sistema nervoso central.
- 3) Que os resultados que se desejam alcançar são que a suplementação de cafeína será eficaz em diminuir a fadiga mental. Essas conclusões só serão possíveis ao final do projeto, que terá duração de aproximadamente 3 meses. Somente ao final da pesquisa você receberá os resultados encontrados.
- 4) Que o período de coleta de dados desse estudo iniciará em junho de 2019 e finalizará em setembro de 2019.
- 5) A sua participação será na etapa de coleta de dados.
- 6) O estudo será feito da seguinte maneira:

*Você não poderá ter sido acometido por depressão, possuir histórico de lesão musculoesquelética nos últimos 6 meses, apresentar doenças que possam interferir nos resultados da pesquisa; fazer uso de drogas, recursos nutricionais ergogênicos ou ingerir baixas ou altas doses diárias de cafeína (<0,5 ou > 8 mg/kg); apresentar efeitos colaterais à cafeína.

*Que você deverá seguir à risca as recomendações dietéticas 3 dias antes do experimento. Um dia antes do experimento você deverá dormir por oito horas, ingerir líquidos (~ 3 L.d⁻¹), não praticar exercícios físicos no dia do teste, não realizar atividades de demanda mental, se alimentar 1. 30 h antes da sessão de teste, não ingerir cafeína ou álcool nos dias antecedentes e atuais da sessão de teste

* Inicialmente, você visitará o laboratório para a primeira visita e realizará uma avaliação do nível de atividade física e fadiga mental, antropométrica e nutricional; fará uma familiarização com todos os procedimentos avaliativos do experimento propriamente dito. Você participará de um sorteio no qual decidirá a ordem que você será submetido a 2 situações diferentes, podendo ser as seguintes:

1ª Situação

Realizar avaliações antes do experimento:

- Frequência cardíaca obtida por meio de um frequencímetro;
- Hidratação pela cor da urina, fita para urinoanálise e peso corporal;
- Força de membros superiores e inferiores
- Percepção de esforço, conforto, térmica e humor, para isso utilizaremos escalas e questionários;

Após, você irá receber uma suplementação de 6 mg.kg⁻¹ de cafeína juntamente com 250 ml de água. Em seguida, será submetido a um protocolo de indução a fadiga mental com duração de 60 minutos, no qual você realizará jogos cognitivos no smartphone durante 30 minutos e nos 30 minutos finais você irá nomear as cores em que palavras serão impressas, porém quando as palavras forem impressas na cor vermelha, você deverá lê-las. Após, você repetirá as mesmas avaliações do início do experimento e realizará uma corrida contrarrelógio de 3 Km e 200 m, imediatamente após e 30 minutos depois você repetirá as avaliações.

2ª Situação

Serão os mesmos procedimentos da primeira situação, porém, você receberá uma suplementação de 6 mg.kg⁻¹ de celulose anidra juntamente com 250 ml de água.

- 7) Os incômodos e possíveis riscos à sua saúde física e/ou mental são: desconforto estomacal e/ou intestinal decorrentes da suplementação e cansaço mental devido a realização do protocolo de indução a fadiga mental. A utilização prévia do Questionário de Frequência de Alimentos, Suplementos e Bebidas Fonte de Cafeína, determinará se os seus níveis de consumo de cafeína são menos associados com efeitos colaterais.
- 8) Que os pesquisadores adotarão as seguintes medidas para minimizar os riscos: verificar se você é livre de fatores de riscos associados a doenças psicológicas. Se ainda assim, após essas medidas de minimização de riscos, você venha ser acometido por alguns desses danos anteriormente citados, você será encaminhado para a Unidade de Pronto Atendimento (UPA); localizada na AL-105, 935-981, Avenida Cachoeira do Mirim - Benedito Bentes, Maceió - AL, 57084-700, objetivando sanar os danos causados.
- 9) Que você poderá contar com a seguinte assistência caso tenha algum problema: Caso haja intercorrência, o SAMU será acionado por meio do número 193, você será encaminhado para a Unidade de Pronto Atendimento (UPA); localizada na AL-105, 935-981, Avenida Cachoeira do Mirim - Benedito Bentes, Maceió - AL, 57084-700. Também poderá ser transportado por carro particular, sendo responsável por tal, o professor Dr. Gustavo Gomes de Araújo; ou pode ser transportado utilizando o serviço Uber, sendo responsável por tal, a pesquisadora responsável Natally Monteiro de Oliveira.
- 10) Que os benefícios esperados com a sua participação são que você terá acesso a qualquer resultado referente aos seus testes e que poderá, a qualquer momento, esclarecer suas dúvidas com o pesquisador responsável.
- 11) Que você será informado(a) sobre o resultado final desta pesquisa, e sempre que desejar serão fornecidos esclarecimentos sobre cada uma das etapas do estudo;
- 12) Que, a qualquer momento, você poderá recusar a continuar participando do estudo e, também, que você poderá retirar este seu consentimento, sem que isso lhe traga qualquer penalidade ou prejuízo;
- 13) Que as informações conseguidas através da sua participação não permitirão a identificação da sua pessoa, exceto à equipe de pesquisa, e que a divulgação das mencionadas informações só será feita entre os profissionais estudiosos do assunto após sua autorização;
- 14) Que você não terá despesas com a sua participação nesse estudo e, também, será indenizado por todos os danos que venha a sofrer pela mesma razão, sendo que, para tal lhe é garantida a existência de recursos;
- 15) Em caso de danos decorrentes da sua participação nessa pesquisa (nexo causal), você será indenizado conforme decisão judicial ou extra-judicial;
- 16) Você receberá uma via do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado pelo pesquisador responsável.
- 17) Você receberá uma via idêntica deste documento assinada pelo pesquisador do estudo.

Finalmente, tendo eu compreendido perfeitamente tudo o que me foi informado sobre a minha participação no mencionado estudo e, estando consciente dos meus direitos, das minhas responsabilidades, dos riscos e dos benefícios que a minha participação implica, concordo em dela participar e, para tanto eu DOU O MEU CONSENTIMENTO SEM QUE PARA ISSO EU TENHA SIDO FORÇADO OU OBRIGADO.

Endereço d(os,as) responsável(is) pela pesquisa (OBRIGATÓRIO):

Instituição: Universidade Federal de Alagoas

Endereço : Rodovia AL 101 Norte Km 27, Costa Brava, Residencial Águas Mansas

Complemento: Lote 3, Quadra 1

Cidade/ CEP: Paripueira , 57935-000.

Telefone: (82) 99979-3505

Ponto de referência: Centro

Contato de urgência: Sr. Gustavo Gomes de Araujo

Endereço: Rodovia AL 101 Norte Km 27, Costa Brava, Residencial Águas Mansas

Complemento: Lote 3, Quadra 1

Cidade/CEP: Paripueira/ 57935-000.

Telefone: (82) 999793505

Ponto de referência: Centro

ATENÇÃO: O Comitê de Ética da UFAL analisou e aprovou este projeto de pesquisa.**Para obter mais informações a respeito deste projeto de pesquisa, informar ocorrências irregulares ou danosas durante a sua participação no estudo, dirija-se ao:****Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Alagoas****Prédio do Centro de Interesse Comunitário (CIC), Térreo , Campus A. C. Simões,****Cidade Universitária****Telefone: 3214-1041 – Horário de Atendimento: das 8:00 as 12:00hs.****E-mail: comitedeeticaufal@gmail.com**

	
Assinatura ou impressão datiloscópica d(o,a) voluntário(o,a) ou responsável legal e rubricar as demais folhas	Gustavo Gomes de Araujo (Pesquisador responsável pelo estudo)
	 Natally Monteiro de Oliveira (Pesquisadora responsável pela execução do estudo)

Maceió, _____ de _____ de _____

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (T.C.L.E.)

Você está sendo convidado(a) a participar do projeto de pesquisa “Análise e Melhoramento do desempenho do atleta - Ciência & Tecnologia: Uma visão do futuro para esporte de alto desempenho”, dos pesquisadores Prof. Filipe Antônio de Barros Sousa, Prof. Gustavo Gomes de Araújo e Prof. Pedro Balikian Junior.

O estudo tem por objetivo associar o desenvolvimento de ciência e tecnologia à prática do futebol para crianças, adolescentes e adultos de ambos os gêneros, no intuito de aplicar múltiplas ferramentas científicas à prática, criando um banco de dados por faixa etária e gênero, bem como detectar talentos esportivos e desenvolver aspectos cognitivos e sociais que auxiliam na formação integral do cidadão.

Esse estudo se mostra importante pela necessidade de inserir ferramentas utilizadas na ciência para a realidade da prática do futebol nacional e formação de atletas. As informações coletadas ao longo da sua participação servirão para a criação de um banco de dados que auxiliará no melhor entendimento das respostas fisiológicas, biomecânicas, e de coordenação motora à diversas abordagens de treinamento, e utilizando equipamentos e tecnologias considerados de ponta na área. Os resultados permitirão auxiliar seu treinador na tomada de decisão sobre modificações no treinamento e nos padrões de jogo/competição, amplificando os resultados físicos, técnicos e táticos nas diferentes categorias de idade da prática do futebol.

O projeto tem duração total de cinco anos, e irá avaliar seu desempenho enquanto você se dispuser a ser voluntário do estudo. As coletas de dados se iniciam após o retorno às atividades devido ao afastamento ocasionado pela quarentena decretada, ainda em 2020, e terão término em dezembro de 2024. As coletas de dados acontecerão em uma frequência trimestral, podendo ter frequência mensal em momentos de competição e campeonatos.

Caso aceite participar, você será submetido a testes físicos envolvendo corridas, saltos, esforços curtos (duração entre poucos segundos até no máximo 30 segundos) e de alta intensidade, esforços longos (duração de no máximo 15 minutos sem descanso) e exaustivos, com a finalidade de avaliar suas capacidades físicas de força, velocidade, potência, aptidão cardiorrespiratória, coordenação motora e capacidade técnico tática dentro do futebol. Por isso, é importante que você apresente liberação médica para a realização de exercício físico sem restrições. Você também poderá ser submetido a coletas de sangue, que serão realizadas por profissional habilitado para tal. Em alguns momentos, serão solicitadas amostras de urina, e você mesmo será instruído para fazê-las em vestiário apropriado e individual. Esses procedimentos acontecerão com uma frequência trimestral, podendo se repetir em frequência mensal dependendo do momento de competição que você se encontra. Você não precisa estar presente desde a primeira sessão de coleta de dados, e a sua participação em uma sessão de coleta de dados não o obriga a participar de todas. Em qualquer um desses procedimentos, você tem total liberdade de recusar a sua participação, sem prejuízo algum à sua participação no projeto de extensão ou clube ao qual você está vinculado.

Os incômodos e possíveis riscos à sua saúde física e/ou mental são aqueles inerentes à prática de atividade física extenuante, como cansaço, dor muscular nos dias subsequentes às avaliações mais intensas, tonturas, náuseas e dores de cabeça. Além disso, como serão realizadas coletas de sangue e de urina, você pode se sentir incomodado ou desconfortável em fazê-las. Para minimizar esse tipo de risco, você sempre será explicado com antecedência sobre o procedimento que será submetido, e poderá se recusar a executar quaisquer das tarefas propostas, incluindo as coletas de sangue e/ou de urina. Os pesquisadores irão constantemente perguntar como você se sente, antes e depois da realização dos testes, por meio de questões subjetivas e/ou escalas de dor e percepção subjetiva de esforço de uma pergunta cada, com a finalidade de não o submeter a um esforço extenuante quando você já estiver muito cansado. Questionários de prática de atividade física e de prontidão para

atividade física serão realizados semestralmente para que, mesmo após liberação médica, garantir que você não seja submetido a esforço além do seguro para a sua saúde. Esses questionários serão respondidos por você por meio de entrevista com um dos pesquisadores ou monitores envolvidos no projeto, e apesar de não serem longos (cerca de oito perguntas objetivas) você poderá interromper sua resposta e retomar em outro momento caso sinta-se mentalmente cansado para respondê-lo de uma vez.

Em caso de algum evento de emergência não previsto por essa coleta de dados, o 193 será acionado. Ainda, as avaliações serão realizadas no laboratório de ciências aplicadas ao esporte, que fica no Estádio Universitário da UFAL, e este conta com um Desfibrilador Automático Externo (DEA) e pessoal treinado pelo fabricante para seu uso. Esse aparelho desfibrilador age automaticamente, avaliando a necessidade de funcionamento apenas quando for estritamente necessário, e é importante para casos de paragem cardiorrespiratória em que não haja tempo hábil para chegada do serviço de emergência. A chance de ocorrência de eventos cardiorrespiratórios em exercícios físicos como os que você será submetido é muito pequena, porém existe, e por isso procuraremos minimizar o risco à sua saúde caso um evento como esse venha a acontecer.

Os benefícios diretos para você diante da sua participação nesse estudo são a entrega dos resultados dos seus escores de aptidão física, em relatório individual. Um relatório do grupo também será fornecido aos profissionais que prescrevem o seu treinamento, com a finalidade de auxiliá-los no melhor planejamento do treinamento do grupo. A participação nas avaliações não influencia na sua chance de participar de qualquer um dos eventos, grupos ou clubes parceiros desse projeto. A seleção para esses grupos é feita de maneira independente da coleta de dados a qual você está sendo convidado. Ainda, você poderá solicitar um relatório dos dados sempre que desejar, e os resultados, procedimentos e etapas poderão ser explicados a você sempre que você solicitar.

Os dados coletados serão utilizados para fins de pesquisa, porém a sua identidade será mantida em sigilo em todas as etapas da produção científica, sendo divulgada apenas para você nos relatórios individuais entregues a você. Caso deseje, fica a seu critério discutir os seus resultados individuais com o seu treinador. Para tal, você será identificado no banco de dados por um sistema de codificação específico, utilizando números e letras, de maneira que a sua identidade não seja revelada a outra pessoa que não os pesquisadores envolvidos no estudo. Seu consentimento sobre o uso dos dados para pesquisa ou planejamento do treinamento físico pode ser retirado a qualquer momento, sem qualquer penalidade ou prejuízo a você.

O estudo não prevê nenhuma despesa para você, como também não prevê nenhum pagamento pela sua disponibilidade. As coletas de dados serão realizadas no local onde você já realiza seus treinamentos, e em dias em que você já estaria no campo para treinar. Porém, caso haja alguma despesa decorrente da sua participação na pesquisa, você tem o direito de ser ressarcido em despesas como transporte e alimentação, que pode ser solicitada diretamente aos pesquisadores responsáveis pelo estudo, identificados no final deste documento. Ainda, você será indenizado por qualquer dano que venha a sofrer com a sua participação na pesquisa. O estudo só poderá ser interrompido mediante aprovação prévia do CEP ou, quando for necessário, para que seja salvaguardada a sua segurança.

Você receberá uma via do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado por todos.

Eu _____, tendo

compreendido perfeitamente tudo o que me foi informado sobre a minha participação no mencionado estudo e estando consciente dos meus direitos, das minhas responsabilidades, dos riscos e dos benefícios que a minha participação implicam, concordo em dele participar e para isso eu DOU O MEU CONSENTIMENTO SEM QUE PARA ISSO EU TENHA SIDO FORÇADO OU OBRIGADO.

Gostaria de associar a minha identidade aos meus resultados nos relatórios entregues ao meu treinador (Marque com um X): SIM () NÃO ()

Obs: Caso um número muito reduzido de atletas opte por não associar as suas identidades aos seus resultados, de maneira que possibilite a sua identificação por eliminação, você será avisado e poderá retirar sua participação do estudo, se assim desejar.

Endereço da equipe da pesquisa (OBRIGATÓRIO):

Instituição: Instituto de Educação Física e Esporte – IEFE – UFAL Endereço:
Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins Complemento: Procurar o
LACAE, localizado no estádio universitário. Cidade/CEP: Maceió – AL
CEP:57072-900
Telefone: (82) 3214-1873

Contato de urgência: Sr. Filipe Antônio de Barros Sousa

Endereço: Condomínio Park Sauaçuhy, s/n, Ipioca Complemento:
quadra k, lote 07

Cidade/CEP: Maceió – AL CEP 57039-740

Telefone: (82) 9 8709 2289

Ponto de referência: Na AL-101 rumo ao litoral norte do estado.

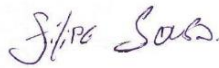
Horário de atendimento: 09:00h às 12:00h.

ATENÇÃO: O Comitê de Ética da UFAL analisou e aprovou este projeto de pesquisa. O sistema CEP/CONEP garante a ética em pesquisa e preserva a integridade do participante, garantindo que as disposições legais acerca da manutenção da sua dignidade e segurança sejam respeitadas. Para obter mais informações a respeito deste projeto de pesquisa, informar ocorrências irregulares ou danosas durante a sua participação no estudo, dirija-se ao:

Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Alagoas

Prédio do Centro de Interesse Comunitário (CIC), Térreo, Campus A. C. Simões, Cidade

Maceió, de de .

	Filipe Antônio de Barros Sousa, SIAPE 3138872
Assinatura ou impressão datiloscópica(o,a) voluntária(o,a) ou responsável legal e rubricar as demais folhas	 Nome e Assinatura do Pesquisador responsável pelo estudo (Rubricar as demais páginas)

ANEXOS

ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO (PSE) DE BORG (1974)

Neste momento como você define a intensidade do seu esforço para realizar o exercício?

PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO (Borg & Noble, 1974)

6	-
7	muito fácil
8	-
9	fácil
10	-
11	relativamente fácil
12	-
13	ligeiramente cansativo
14	-
15	cansativo
16	-
17	muito cansativo
18	-
19	exaustivo
20	-

ESCALAS DE SENSAÇÕES TÉRMICA E DE CONFORTO

Escalas de sensações térmica e de conforto (GAGGE; STOLWIJK; HARDY; 1967)

De que maneira você se encontra nesse momento?

Escala de Sensação de Conforto

1 Confortável

2 Levemente desconfortável

3 Desconfortável

4 Muito desconfortável

Como você define a sensação térmica nesse momento?

Escala de Sensação Térmica

1 Muito frio

2 Frio

3 Levemente frio

4 Neutro

5 Levemente quente

6 Quente

7 Muito quente

ESCALA DE HUMOR DE BRUNEL (BRUMS)

Escala de Humor de Brunel (BRUMS) (ROHLFS et al., 2008).

Abaixo esta uma lista de palavras que descrevem sentimentos. Por favor, leia tudo atentiosamente. Em seguida assinale, em cada linha, o quadrado que melhor descreve **COMO VOCE SE SENTE AGORA?** Tenha certeza de sua resposta para cada questão, antes de assinalar.

Escala:

0 = nada 1 = um pouco 2 = moderadamente 3 = bastante 4 = extremamente

	0 nada	1 um pouco	2 moderadamente	3 bastante	4 extremamente
1. Apavorado					
2. Animado					
3. Confuso					
4. Esgotado					
5. Deprimido					
6. Desanimado					
7. Irritado					
8. Exausto					
9. Inseguro					
10. Sonolento					
11. Zangado					
12. Triste					
13. Ansioso					
14. Preocupado					
15. Com disposição					
16. Infeliz					
17. Desorientado					
18. Tenso					
19. Com raiva					
20. Com energia					
21. Cansado					
22. Mal-humorado					
23. Alerta					
24. Indeciso					

ESCALA DE COLORAÇÃO URINÁRIA

Escala de coloração da urina, extraída de Armstrong et al. (1994).

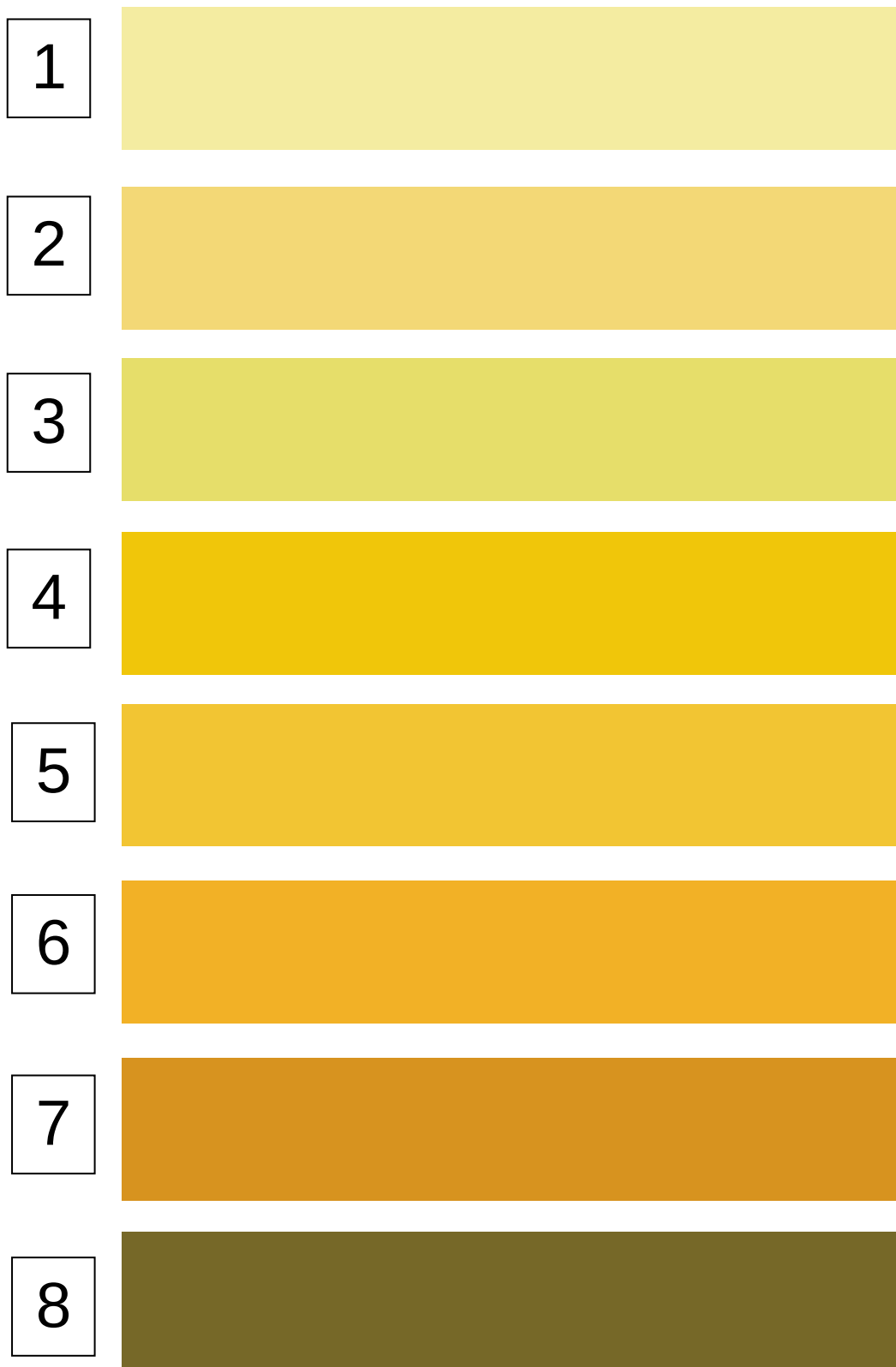


TABELA DE CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO DE HIDRATAÇÃO

Condição	$\Delta\%$ MC	Cor da urina	GE
Euhidratado	+ 1 a -1	1 ou 2	<1.010
Desidratação mínima	- 1 a -3	3 ou 4	1.010-1.020
Desidratação Significante	- 3 a -5	5 ou 6	1.021-1.030
Desidratação severa	>5	>6	>1.030

$\Delta\%$ MC: Diferença percentual da massa corporal. GE: Gravidade específica.

Fonte: Extraído de Casa et al. (2000).

QUESTIONÁRIO DE FADIGA DE CHALDER

Gostaríamos de saber se você tem tido algum problema de cansaço, fraqueza ou falta de energia no **último mês**. Por favor responda todas as questões abaixo marcando com um x a resposta mais próxima que diz a respeito de você. Gostaríamos de saber como você está se sentindo neste momento, ou tem se sentido recentemente, e não há muito tempo atrás. Se você vem se sentindo cansado há muito tempo, queremos que você compare seu estado atual com a última vez que se sentiu bem.

1.Você tem problema de cansaço ou fraqueza?	Menos que de costume	Como de costume	Mais que de costume	Muito mais que de costume
2.Você precisa descansar mais?	Menos que de costume	Como de costume	Mais que de costume	Muito mais que de costume
3.Você se sente sonolento?	Menos que de costume	Como de costume	Mais que de costume	Muito mais que de costume
4.Você tem dificuldade para começar suas atividades?	Menos que de costume	Como de costume	Mais que de costume	Muito mais que de costume
5.Você sente falta de energia?	Menos que de costume	Como de costume	Mais que de costume	Muito mais que de costume
6.Você está com pouca força muscular?	Menos que de costume	Como de costume	Mais que de costume	Muito mais que de costume
7.Você se sente fraco?	Menos que de costume	Como de costume	Mais que de costume	Muito mais que de costume
8.Você tem dificuldade para se concentrar?	Menos que de costume	Como de costume	Mais que de costume	Muito mais que de costume
9.Você troca as palavras sem querer quando está falando?	Menos que de costume	Como de costume	Mais que de costume	Muito mais que de costume
10.Você acha difícil encontrar as palavras certas?	Menos que de costume	Como de costume	Mais que de costume	Muito mais que de costume
11. Como está sua memória?	Menos que de costume	Como de costume	Mais que de costume	Muito mais que de costume

Teste de Stroop Modificado

Instruções de aplicação

Note bem, para que os resultados do teste sejam válidos, deve assegurar-se de que a pessoa reconhece as cores e as nomeia sem hesitação. É também importante averiguar qual o seu nível de escolaridade, pois este afeta a rapidez e fluência de leitura. A tarefa nomeação de cor pode causar alguma frustração se as pessoas tomam consciência de que não conseguem evitar cometer erros, como dizer o nome da palavra em vez da respectiva cor. Por isso, é importante que o aplicador do teste explique que um certo grau de interferência é inevitável.

1- Reconhecimento de cor

Instruções:

Vou te pedir para fazer umas tarefas com palavras escritas e coloridas. Vamos começar pelo reconhecimento das cores

[Apresentar a folha de reconhecimento de cor].

Você pode dizer as cores por favor?

(Na folha individual do avaliado marque com um visto V se a resposta for correta e sem hesitação, e/ou assinale quaisquer dificuldades)

XXXXXXXXX

XXXXXXXXX

XXXXXXXXX

XXXXXXXXX

2- Nomeação de cor

Instruções:

Agora vamos ver as palavras.

[Apresentar a folha treino de reconhecimento e nomeação]

Estão escritas nas cores que vimos há pouco [retreinar o reconhecimento de cor].

Queria que você lesse estas palavras em voz alta, o mais depressa possível.

VERMELHO

AMARELO

VERDE

AZUL

3- Leitura e nomeação de cor

Agora vamos fazer uma tarefa diferente.

[apresentar a folha treino de reconhecimento e nomeação]

Em vez de ler as palavras, queria que me dissesse a cor da tinta em que estão impressas.

[Depois da nomeação da cor, pedir para ler a palavra que estiver impressa em vermelho]

Agora você irá ler a palavra que está impressa em vermelho.

[Depois da leitura, pedir para nomear as cores e ler a palavra impressa em vermelho]

Agora você irá dizer a cor das tintas e ler a palavra impressa em vermelho.

VERMELHO

AMARELO

VERDE

AZUL

Vamos fazer a mesma coisa só que com mais palavras. Você irá dizer a cor das tintas e ler as palavras impressas em vermelho. Se você errar ou se enganar e rapidamente fizer a correção, deve voltar para o início da coluna e recomeçar. Sempre que você errar eu vou falar “recomece”. Vamos repetir esse exercício por 3 vezes, só começa depois de eu dar o sinal (dizer “agora”). Entendido? Atenção: Agora!

VERMELHO	VERDE	VERMELHO	VERDE
VERMELHO	VERDE	VERMELHO	VERDE
VERMELHO	VERDE	VERMELHO	VERDE
AMARELO	AZUL	AMARELO	AZUL
AMARELO	AZUL	AMARELO	AZUL
AMARELO	AZUL	AMARELO	AZUL

Você ficou com alguma dúvida em relação a tarefa que acabamos de fazer? [Após a resposta do avaliado] Esta tarefa exige concentração, mas depois que você entende o que precisa ser feito é uma tarefa simples.

[Passar ao teste propriamente dito depois de se ter assegurado que o sujeito compreendeu o que é preciso fazer. Se necessário, repetir o treino, explicar que esta tarefa exige concentração e que depois de entender o que precisa ser feito é uma tarefa simples]

4- Testagem

Vamos fazer o mesmo com mais palavras durante um tempo longo, portanto, cometer erros é inevitável. Queria que me dissesse em voz alta a cor da tinta em que estão impressas as palavras e fizesse a leitura das palavras que estão impressas em vermelho. Você irá dizer a cor das tintas e ler as palavras em vermelho, o mais depressa que puder. Ao final das etapas do experimento, divulgaremos um ranking com o número de acertos dos participantes. Comece no início da 1ª coluna, quando acabar passe para a 2ª, e assim sucessivamente. Se você errar ou se enganar e rapidamente fizer a correção, deve voltar para o início da coluna e recomeçar. Sempre que você errar eu vou falar “recomece”. Como há pouco, só começa depois de eu dar o sinal (dizer “agora”). Entendido? Atenção: Agora!

Tempo: Dê o sinal de partida ao mesmo tempo que aciona o cronômetro. O tempo limite é de 30 minutos.

Contagem na folha individual do avaliado: Conforme o gabarito, colocar no espaço “X” de respostas incorretas, o número da resposta errada. E no espaço “C” de correções espontâneas, o número da resposta corrigida automaticamente. Se o avaliado depois de reiniciar a coluna cometer os mesmos erros anotá-los mesmo assim. Ao final, anotar em qual número de acertos o indivíduo finalizou o teste.

Término: Completados os 30 minutos finalizar o teste ao sinal de “Pode parar! Teste encerrado”.

XXXXXXXXXX

XXXXXXXXXX

XXXXXXXXXX

XXXXXXXXXX

VERMELHO

AMARELO

VERDE

AZUL

VERMELHO

AMARELO

VERDE

AZUL

VERMELHO

VERDE

VERMELHO

VERDE

VERMELHO

VERDE

VERMELHO

VERDE

VERMELHO

VERDE

VERMELHO

VERDE

AMARELO

AZUL

AMARELO

AZUL

AMARELO

AZUL

AMARELO

AZUL

AMARELO

AZUL

AMARELO

AZUL