

PERCEÇÃO DE ESFORÇO E FADIGA MENTAL NO DESPORTO: REVISÃO SISTEMÁTICA

PERCEPTION OF EFFORT AND MENTAL FATIGUE IN SPORT: A SYSTEMATIC REVIEW

J. Alves, L. Fernandes, T. Oliveira, V. Caruso

ARTIGO ORIGINAL | ORIGINAL ARTICLE

RESUMO

Uma das evidências nestes trabalhos é que a fadiga mental aumenta a percepção do esforço durante a tarefa que se está a realizar. Diversos mecanismos foram apresentados para explicar este efeito, tanto fisiológicos, quanto biológicos. Outras evidências confirmaram a existência de estratégias mentais e biológicas de adaptação, ampliando as hipóteses de interferência da fadiga mental no desempenho. Estas evidências interferem tanto em atletas de modalidades individuais quanto em coletivas. Este trabalho propõe comparar, nas pesquisas realizadas após 2017, a relação entre os efeitos da fadiga mental e a percepção de esforço entre atletas de desportos individuais (ciclismo) e coletivos (futebol). Buscamos pesquisas na base de dados Web of Science Core e Periódicos CAPES e, por meio de uma revisão sistemática, identificamos relações entre as respostas de atletas de duas modalidades desportivas distintas. Alguns estudos indicaram que a fadiga mental aumenta a percepção de esforço da atividade realizada em ambas as modalidades, sendo que no ciclismo resulta em uma redução da potência crítica, e com isso uma distância menor percorrida ao final dos testes, e no futebol, influencia na distância total percorrida pelo atleta durante o teste, e uma redução na precisão técnica (principalmente do passe). Neste sentido, sugerimos que novas análises sejam realizadas entre modalidades e quanto à performance técnica de atletas de desportos individuais sob fadiga mental, bem como quanto à capacidade de reforço de recompensa durante testes máximos de atletas de desportos coletivos.

Palavras-chave: fadiga cognitiva, stroop, ciclismo, futebol, PSE

ABSTRACT

Mental fatigue has been the subject of several studies, as presented in the systematic review by Custsem et al. (2017). One piece of evidence in these studies is that mental fatigue increases the perceived effort during the task. Several mechanisms have been presented to explain this effect, both physiological and biological. Other evidence confirmed the existence of mental and biological adaptation strategies, expanding the chances of interference from mental fatigue in performance. This evidence interferes with both individual and collective modalities of athletes. This work proposes to compare, in research conducted after 2017, the effects of mental fatigue on athletes' perceived exertion in individual (cycling) and collective (soccer) sports. We searched the Web of Science Core Collection and CAPES journals and, through a systematic review, identified relationships in athletes' responses across two sports. Some studies have indicated that mental fatigue increases the perceived effort of the activity performed in both modalities, with cycling resulting in a reduction in critical power. With this, a shorter distance covered at the end of the tests, and in football, influences the total distance covered by the athlete during the test, and a reduction in technical accuracy (mainly of the pass). In this sense, we suggest that new studies be conducted across modalities, examining the technical performance of individual sports athletes under mental fatigue and the ability to reinforce reward during maximum tests in team sports athletes.

Keywords: cognitive task, stroop, cycling, soccer, RPE

Submitted: 15/12/2025 | Accepted: 22/01/2026

João Araújo Alves, Luíza Brasil Fernandes, Tiago R. D. de Oliveira, Vívian Nery Caruso. UTAD-UPORTO, Portugal.

E-mail: vivian.caruso8@gmail.com

Segundo a Associação Americana de Psicologia (APA, 2013), a fadiga é o estado de depleção de recursos físicos e/ou mentais que leva a uma sensação de inflamação de músculos específicos ou de esgotamento físico geral do corpo. Apesar da fadiga física ser dos principais fatores impeditivos para tarefas cotidianas e na performance de atletas, o aspecto mental da fadiga tem sido pesquisada amplamente em diversos setores da vida humana (Smith, 2019), revelando novas evidências e questões a respeito das alterações neurofisiológicas e neurobiológicas causadas pela fadiga induzida por processamento cognitivo de informações, a intercepção e a performance psico-motora humana (McMorris et al. 2019; McMorris, 2020).

Para McMahan et al. (2019) e McMorris (2020), o termo “fadiga cognitiva” é utilizado para expressar este estado de “cansaço” nas regiões cerebrais de controle consciente, por envolver tarefas cognitivas seguidas de ação e de inibição de resposta motora e/ou cognitiva, integrando uma rede neural que interliga as informações da memória às necessidades de resposta ao ambiente externo. Para a utilização neste trabalho, o termo “Fadiga Mental” parece mais apropriado, pois também abrange os aspectos emocionais e motivacionais associados às tarefas cognitivas e motoras (Cutsem et al., 2017). Para este autor, nos trabalhos citados na sua revisão, a fadiga mental (FM) é caracterizada por sensações de cansaço, falta de motivação e de atenção, podendo ainda levar a mudanças comportamentais, subjetivas e fisiológicas. Sendo as comportamentais, referentes aos estados emocionais e motivacionais, as subjetivas ao estado de autopercepção mental e motora, e as fisiológicas às alterações metabólicas locais e gerais.

Do ponto de vista subjetivo, que é a proposta deste trabalho, a fadiga mental tem dois componentes que podem afetar o desempenho humano em atividades de resistência/endurance, sendo eles: a) o aumento do esforço

percebido (a sensação de “estou exausto”), causado por mecanismos neurofisiológicos de produção fásica e tónica das catecolaminas noradrenalina e dopamina (McMorris et al, 2018; McMorris 2020), e por processos de interação neurobiológicos aumentados em estado de fadiga mental (Angil et al, 2019; Li et al 2019); b) a diminuição do valor percebido de recompensa (a sensação de “não vale a pena”), causado pela desativação de centros cerebrais responsáveis pela motivação e pelo impulso em direção a uma recompensa (Schiphof-Godart et al 2018), o que é corroborado pelos estudos de Angil et al (2019) ao avaliar o efeito da estimulação elétrica direta transcraniana durante um teste de exaustão em cicloergômetro na motivação pela busca de melhores resultados em situação de fadiga mental e física.

Os estudos de fadiga mental na performance física humana têm utilizado diversas tarefas cognitivas para induzir a fadiga mental, visando analisar, de forma controlada, o efeito desta variável na resposta física de atletas. Estes testes de esforço cognitivo, quando realizados por mais de 30 minutos, tendem a alterar a percepção de esforço de atletas, o que não ocorre em tarefas cognitivas inferiores a esse tempo (Custem et al., 2017; Smith et al., 2019). E, no trabalho de Pageaux et al. (2018), numa revisão de textos de 2009-2018, o autor conclui que a fadiga mental afeta mais os atletas em atividades submáximas, o que comprova a hipótese do efeito fásico da produção de catecolaminas, interferindo na motivação do atleta na regulação da percepção de esforço na tarefa.

Um dos testes mais conhecidos para induzir fadiga mental é o *Stroop Test*. Este é realizado em um computador, no qual aparecem quatro palavras diferentes na tela (amarelo, verde, azul e vermelho), mostradas consecutivamente até que o participante confirme uma resposta, buscando controlar a informação correta (cor da letra) e tentar inibir a resposta

errada (palavra escrita) (Pageaux et al., 2015). Os participantes são instruídos a pressionar um dos quatro botões coloridos no teclado (amarelo, verde, azul ou vermelho), com a resposta correta sendo o botão correspondente à cor da palavra apresentada na tela. Por exemplo, se a palavra ‘amarelo’ aparecesse em tinta verde, o participante deveria pressionar o botão verde. Para Pageaux et al. (2014), o uso dos centros de controle cerebrais para a escolha de 4 opções de cor, somado à inibição da ação motora errada e a um tempo superior a 30 minutos, induz fadiga mental nos atletas. Além desta relação, Pageaux et al. (2015) confirmam o aumento de adenosina no Córtex Cingular Anterior (ACC), área responsável pelas emoções (recompensa) e controle cognitivo do cérebro (tomadas de decisão de curto prazo), em indivíduos testados com *Stroop Test*.

Assim sendo, o *Stroop test* é um instrumento validado, utilizado como critério de seleção dos trabalhos analisados nesta revisão, por terem validação ecológica e respaldo em bases científicas sólidas que comprovem sua eficiência na indução de fadiga mental (Pageaux, et al, 2014; Pageaux et al, 2015 e Smith et al, 2019).

Entendendo que a percepção de esforço é a intensidade subjetiva da tarefa, tensão, desconforto e ou fadiga, que é experienciada pelo indivíduo durante uma atividade física (Amann & Sceher, 2010), o que pode gerar desvios de resposta de acordo com as interpretações dadas na interação pesquisador e pesquisado, esta sofre influência da fadiga mental, podendo afetar a performance de atletas de endurance, tanto na distância total percorrida (Kunrath et al., 2020; Salam et al., 2018), quanto na capacidade de regular o ritmo da tarefa (Pageaux et al, 2014; Pageaux & Lapers, 2016). Estas abordagens levaram-nos a questionar se esta percepção aumentada do esforço sob fadiga mental afeta o desempenho de atletas de desportos coletivos

e individuais. Sendo que na primeira as tarefas exigem tomadas de decisão rápida e muitas variações motoras em resposta ao ambiente, acrescentando fatores sociais e intrapessoais na percepção do esforço (Kunrath et al, 2020), e no segundo exige uma auto percepção de fadiga mais precisa para regular os momentos de aumento ou diminuição da potência e aumento do ritmo de prova (Salam et al, 2018).

Buscando analisar o estado da fadiga mental em diferentes tarefas motoras, sob a perspectiva da percepção subjetiva de esforço, este trabalho tem por objectivo realizar uma revisão sistemática comparando a influência da mudança da percepção de esforço, em situação de fadiga mental, na performance física de atletas de desportos individuais predominantemente aeróbios, ciclismo, e desportos coletivos predominantemente anaeróbios, futebol.

MÉTODOS

Para a construção deste trabalho utilizamos o protocolo PRISMA (Moher, et al., 2015) para validar o nosso processo de seleção de trabalhos para a revisão sistemática, limitando a data de busca de pesquisas entre 2017 e 2020, seguindo o trabalho de revisão sistemática de Cutsem, et al. (2017), que abordou a fadiga mental e a performance física humana em diversos contextos. A identificação dos trabalhos foi realizada na base de dados da CAPES e na Web of Science Core. Após a retirada dos duplicados utilizamos os critérios de elegibilidade apresentados no modelo PICOS (Tabela 1) adaptado de Cutsem et al (2017) para selecionamos os trabalhos analisando os títulos e resumos das pesquisas incluídas. Após esta fase realizamos uma nova filtragem das pesquisas selecionadas na etapa anterior identificando as metodologias utilizadas, incluindo as pesquisas que utilizaram a divisão randomizada dos grupos teste e controle (RCT) (Donato, H. & Donato, M., 2019) e os que utilizaram o *Stroop test* como método de indução de fadiga (Smith et al,

2019) e percepção de esforço como instrumento de mensuração da fadiga percebida (Pageaux, 2016) durante os testes de performance física em ciclistas e jogadores de futebol, sendo

neste a importância da validação ecológica dos teste (Moreira et al, 2018) Os resultados de cada etapa esta descrito na Figura 1 e 2.

Na base de dados *Web of Science Core* usamos

Tabela 1: PICOS (*Participants, Intervention, Comparisons, Outcomes, Study Design*).

“PICOS”	Detalhes
Participantes	Humanos, atletas saudáveis de ciclismo e futebol
Intervenção	- Fadiga mental Induzida por <i>Stroop Test</i> ≥ 30 min - Percepção de esforço após um teste físico específico e controlado (TTE* e SSG**);
Comparações	- Grupo sob fadiga mental induzida e grupo controle
Resultados	- Performance física e mental
Desenho do Estudo	- RCT (randomized controlled trial)

as palavras chaves “mental fatigue”, “cognitive fatigue”, “physical performance”, “cognitive task”, “*stroop test*”, “effort perception”, “football” e “soccer”. Na base de dados periódicos CAPES usamos “Mental fatigue”, “RPE”, “Stroop”, “Borg” e “cycling”. Usando os conectivos “and” para acrescentar um termo na busca e “or” para ampliar o resultado na busca por termos usados de formas diferentes na literatura.

Fadiga mental no ciclismo

A fadiga mental e o desempenho de atletas têm sido analisados em diversos contextos desportivos, entre eles o ciclismo. De acordo com algumas pesquisas, a fadiga mental pode reduzir a resistência ao desempenho em atletas amadores e profissionais, como observado por Salam et al. (2018). Esse estudo teve como objetivo principal testar a hipótese de que a fadiga mental decorrente de uma tarefa cognitiva prolongada reduziria o desempenho no ciclismo durante os testes de tempo de exaustão (TTE). Nesse estudo, onze ciclistas treinados foram divididos em dois grupos. Os grupos fizeram o teste de tempo de exaustão para poder identificar a potência crítica (PC), que é definida como a maior taxa sustentável do metabolismo aeróbico de acordo com Hill (1993) e definir o parâmetro W, que é quanto

de trabalho que é feito acima da potência crítica. O teste foi realizado em duas condições distintas: um grupo mentalmente fadigado e um grupo de controle. Para induzir a fadiga nos participantes, realizou-se o teste de *Stroop* por 30 minutos. Esse teste foi feito em um computador, no qual apareciam quatro palavras diferentes na tela (amarelo, verde, azul e vermelho), exibidas consecutivamente até o participante confirmar uma resposta. Os participantes foram instruídos a pressionar um de quatro botões coloridos no teclado (amarelo, verde, azul e vermelho), com a resposta correta sendo o botão correspondente à cor da tinta da palavra exibida na tela. Por exemplo, se a palavra ‘amarelo’ aparecesse em tinta verde, o participante deveria pressionar o botão verde. Esse estudo foi baseado no modelo psicobiológico (Marcora, 2009), que, por sua vez, se fundamenta na teoria motivacional (Brehm & Self, 1989), segundo a qual o limite de um TTE não é determinado pela fadiga muscular, e sim pela decisão do atleta de se desligar da tarefa de resistência. Os testes de TTE são fortemente influenciados pela percepção subjetiva de esforço. A percepção de esforço é definida como a medida do quão difícil, pesada e extenuante é uma tarefa (Pageaux, 2016). Os voluntários foram instruídos a usar a escala de Borg (Borg 1998). Concluiu-se, nesse estudo, que a maior

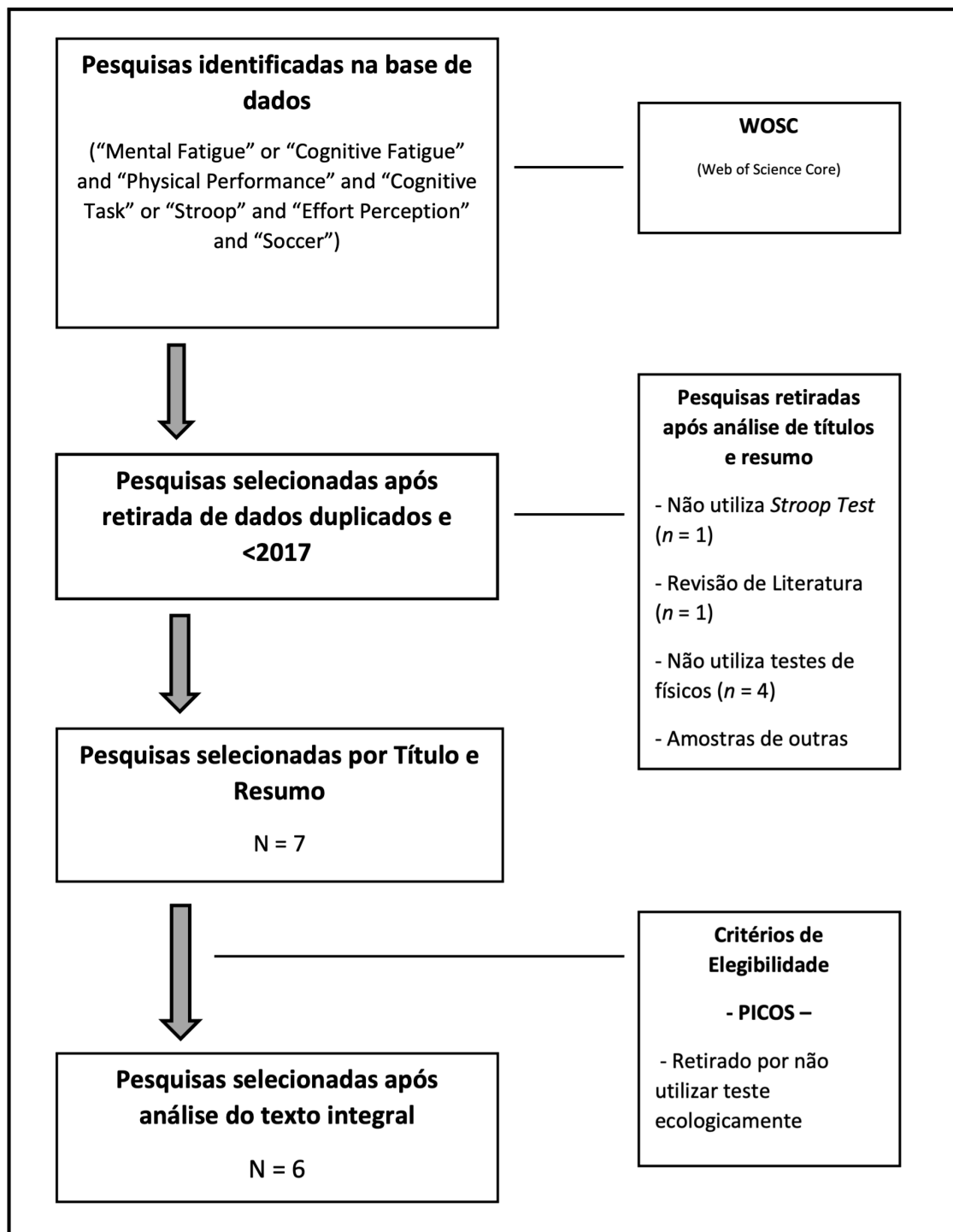


Figura 1 - Processo de Seleção de Pesquisas para o Futebol.

percepção do esforço foi observada no grupo com fadiga mental induzida, com diminuição apenas do parâmetro W ; a potência crítica não apresentou diferença significativa. Teve um efeito evidente da condição, em relação à intensidade, sobre a inclinação da resposta à percepção subjetiva do esforço. A inclinação

da resposta foi significativamente maior na condição de fadiga mental. A redução do TTE foi independente das alterações cardiorrespiratórias e metabólicas.

Corroborando o estudo anterior de que a fadiga mental diminui o desempenho de resistência, Custem et al. (2017) testaram a hipó-

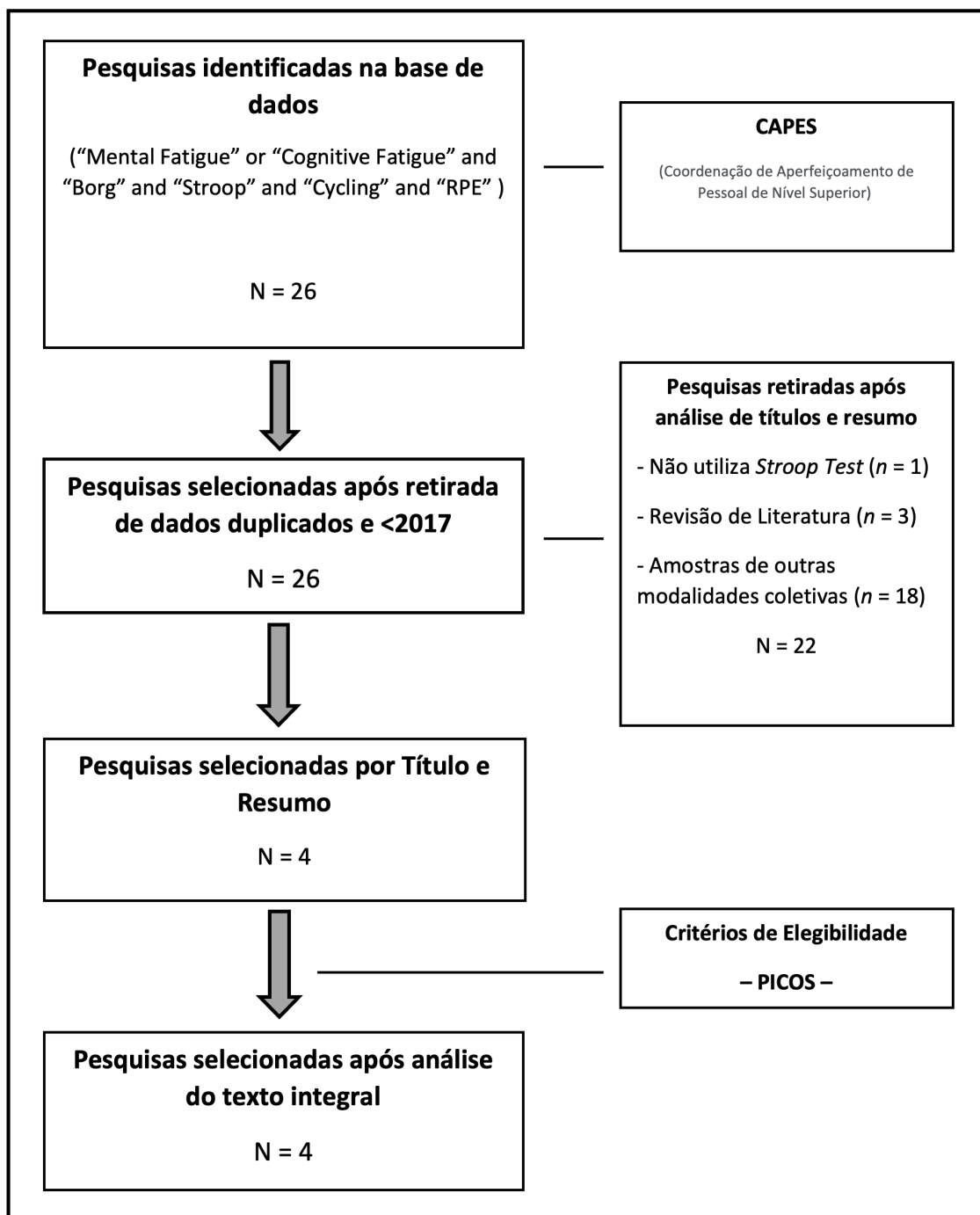


Figura 2 - Processo de Seleção de Pesquisas para o Ciclismo.

tese de que o calor poderia ampliar o efeito da fadiga mental e, assim, diminuir o desempenho no ciclismo de contrarrelógio (TT). É sabido que a fadiga mental diminui o desempenho de resistência em temperatura ambiente normal. Custem et al. (2017) testaram, em seu estudo, se o calor pode aumentar a fadiga mental. O stress térmico prejudica o desempenho de resistência, esse prejuízo no desempenho tem

sido associado ao aumento da tensão muscular (Periard et al. 2011), alterações neuromusculares do sistema nervoso central (Nybo 1985), entre outras alterações fisiológicas. Além das alterações fisiológicas, as respostas perceptivas (sensação térmica e percepção de esforço) também são afetadas. No estudo de Custem et al. (2017), os voluntários fizeram primeiro um teste incremental de esforço máximo

para determinar a potência máxima e foram instruídos a usar a escala de percepção de esforço de Borg 6-20 (Borg 1982). Os voluntários retornaram ao laboratório mais três vezes para os testes, todos separados por cinco dias para que tivessem o descanso necessário. A temperatura do laboratório foi fixada em 30° C com a umidade relativa do ar em 30%. Os voluntários foram separados em dois grupos; o primeiro realizou 45 minutos da tarefa *Stroop* para induzir a fadiga mental. O segundo grupo fez 45 minutos da tarefa controle, que consistiu em assistir a um documentário que Custem et al. (2017) citaram em seu estudo, por ser envolvente, porém não induz a fadiga mental. A fadiga mental em ambos os grupos foi avaliada através de uma escala analógica visual. Nesse estudo, concluiu-se que a fadiga mental leve não prejudica o desempenho de resistência em atletas treinados; a outra hipótese foi que, quando o cérebro já está estressado e em um ambiente relativamente quente, a fadiga mental leve não reduz o desempenho. A percepção subjetiva do esforço aumentou significativamente em ambas as condições. Não houve diferença significativa na percepção subjetiva do esforço entre os grupos.

O estudo desenvolvido por Brown e Bray (2019) examinou o biofeedback tendo a frequência cardíaca como variável moderadora dos efeitos da fadiga mental em exercícios de endurance. De acordo com Brown e Bray (2019), biofeedback é o “Fornecimento de feedback sobre o corpo (por exemplo, fisiológico ou estado bioquímico) usando um dispositivo de monitoramento externo como parte de uma estratégia de mudança de comportamento”. Neste estudo, trinta e seis voluntários realizaram os testes com alta fadiga mental (induzida pelo teste de *Stroop*), baixa fadiga mental (assistiram a um documentário), com feedback da frequência cardíaca e sem biofeedback, de forma que as variações fossem cruzadas. Os voluntários avaliaram a percepção de esforço durante o teste a cada

1 minuto, utilizando a escala de Borg 6-20 (Borg, 1982). Perante as conclusões dessa pesquisa, ficou claro que receber o biofeedback da frequência cardíaca durante o exercício de ciclismo acentua o efeito negativo da fadiga mental quando os voluntários já estão mentalmente fadigados, o que, consequentemente, reduz a intensidade do exercício. A percepção subjetiva de esforço foi equivalente em ambas as condições. É que ter um objetivo baseado na frequência cardíaca e receber um biofeedback, facilitam a regulação comportamental.

Filipas et al. (2019) investigaram primeiro o efeito da fadiga mental no desempenho no contrarrelógio de ciclistas com menos de vinte e três anos. E buscou identificar possíveis alterações no controle autônomo da frequência cardíaca após uma tarefa mental exigente. Os voluntários fizeram dois contrarrelógios de trinta minutos divididos em dez blocos de três minutos. A escala de percepção subjetiva de esforço foi medida nos 10 segundos finais de cada bloco de 3 minutos. Foi utilizada a escala de onze pontos de Borg (1998). Os resultados desse estudo mostraram que a percepção subjetiva de esforço não foi afetada pela fadiga mental. Nesse estudo, a fadiga mental induziu uma relação mais elevada entre a percepção subjetiva de esforço e a potência. Isso confirma que o esforço percebido desempenha um papel importante na redução da resistência após uma tarefa fatigante. De acordo com o que já foi relatado por Agrícola et al. (2017), a percepção subjetiva de esforço mais alta está associada a uma maior cadência e com isso a saída de energia diminui, para poder restaurar a percepção subjetiva de esforço. Provavelmente, essa é a explicação do porquê de a fadiga mental ter alterado a percepção subjetiva do esforço.

De acordo com os estudos citados anteriormente, ficou claro que a alta fadiga mental influencia negativamente o desempenho, levando os voluntários a reduzir a intensidade

do exercício; e que o calor atua negativamente quando já se está fadigado mentalmente, reduzindo o desempenho no exercício de ciclismo. Tanto os atletas treinados quanto os amadores estão sujeitos a sofrer com esse efeito negativo da fadiga mental. Porém, não houve concordância entre os estudos quanto à alteração da percepção subjetiva do esforço quando o

indivíduo está mentalmente fadigado; provavelmente, isso se deveu ao facto de a fadiga mental levar o indivíduo a reduzir a intensidade do exercício e, com isso, a percepção subjetiva de esforço tende a diminuir.

Tabela 2: Estudos Ciclismo.

Estudo	N	Idade	Teste cognitivo	Controle	Teste físico	Resultados
Salam, H., et al. (2018)	11 homens	38 ± 6 anos	Stroop Test 30 minutos	30 minutos leitura de revista	TTE	Percepção ↑ - W ↓
Custem et al (2017)	10 homens	22 ± 3 anos	Stroop Test 45 minutos	Assistir 45 minutos documentário NASA	45 minutos TT	PSE ↑ em ambas situações
Brown e Bray (2019)	16 homens e 20 mulheres	19,44 ± 1,44 anos	Stroop Test 10 minutos	10 minutos assistindo documentário	20 minutos de cicloergometro	PSE foi igual em ambas situações
Filipas et al 2019	23 homens	20.0 ± 1.2 anos	Stroop Test 30 minutos	30 minutos assistindo vídeo	30 minutos contrarrelogio	PSE não foi alterada com a fadiga mental

Fadiga mental no futebol

O futebol é um desporto que exige elevados níveis de intensidade, e os atletas tendem a reduzir o ritmo ao longo do jogo. Assim, o cansaço mental e a fadiga física contribuem para o declínio da performance durante o jogo. (Rampinini, et al., 2007; Rampinini et al., 2008). Por outro lado, o futebol requer elevados níveis de atenção, o que torna mais rápida e eficaz a tomada de decisão após o processamento das informações. Ora, a fadiga mental acaba por prejudicar a cognição (Boksem et al., 2005) e a capacidade motora (Duncan et al., 2015; Lal & Craig, 2001).

Após uma revisão da literatura, poucos artigos abordavam a influência das situações do quotidiano na indução de fadiga mental nos atletas. Ora, o facto de um simples ato, como ir ao treino (Zhao et al., 2012; Lal et al., 2002), pode ser suficiente para provocar algum tipo de fadiga nos atletas. Por outro lado, o uso

de aplicações no smartphone pode influenciar também, a indução de fadiga mental no jogador de futebol, sendo que há evidências de que uma exposição de, pelo menos, 30 minutos ao smartphone causa fadiga mental nos jogadores de futebol, prejudicando, ainda, a tomada de decisão nos passes (Coutinho et. al , 2019) e , embora não existam, ainda, evidências de que os videojogos como o FIFA 15 (Aliyari et al. , 2015) provocam fadiga nos atletas, acaba por ser um tema bastante interessante de estudar futuramente.

Foi utilizada apenas uma tarefa como protocolo para induzir fadiga mental. A tarefa *Stroop* foi utilizada para induzir a fadiga mental nos atletas por meio de um esforço mental prolongado (cerca de 30 minutos). Na condição de controlo, os sujeitos leram uma seleção de revistas desportivas durante 15 minutos (Filipas et al., 2021), assistiram a documentários televisivos por 30 minutos (Trecoci et al.,

Tabela 3: Estudos Futebol.

Estudo	Participantes	Tarefa de indução de fadiga mental	Tarefa de controlo	Tarefa de performance	Resultados
Coutinho et al. (2018)	Jovens jogadores de futebol amadores $n = 10$ 13.7 ± 0.5 anos	Versão computadorizada do <i>Stroop</i> 30'	Não relatado	Small-sided game	↑ PSE ↓ Distância total percorrida ↓ Sincronização longitudinal
Kunrath et al. (2020)	Jogadores de futebol amadores $n = 18$ 21.8 ± 02.5 anos	Versão computadorizada do <i>Stroop</i> 30'	Visualização de documentários televisivos, por 30 minutos	Small-sided game	↑ Distância total percorrida ↓ Campo de visão dos jogadores ↓ Precisão ofensiva e defensiva
Trecoci et al. (2020)	Jogadores de futebol sub-elite $n = 9$ 17.6 ± 0.5 anos	Versão computadorizada do <i>Stroop</i> 30'	Visualização de documentários televisivos, por 30 minutos	Small-sided game	↓ Precisão do passe ↓ Precisão do drible ↓ Distância em aceleração percorrida por minuto
Gantois et al. (2020)	Equipa profissional ligada à confederação brasileira de futebol $n = 20$ 22.6 ± 3.3 anos	Versão computadorizada do <i>Stroop</i> 30'	Visualização vídeos publicitários	Full-length training match, official soccer rules	↓ Tomada de decisão nos passes
Filipas et al. (2021)	Equipa de futebol local $n = 36$	Versão computadorizada do <i>Stroop</i> 30'	Leitura de uma seleção de revistas desportivas, durante 15 minutos	LSPT LSST	↑ PSE ↑ tempo de penáti (penalização) ↑ tempo na performance

2020; Kunrath et al., 2020) e a vídeos publicitários (Gantois et al., 2020).

Foram aplicadas escalas subjetivas antes e após as tarefas *Stroop*, isto é, as tarefas cognitivas, a fim de comprovar a eficácia da indução da fadiga mental. Três estudos usaram a Visual Analogue Scale (VAS) para medir o nível da fadiga mental (Trecoci et al., 2020; Kunrath et al., 2020; Filipas et al., 2021) e a motivação (Filipas et al., 2021), enquanto outros três estudos não aplicaram escalas subjetivas. A escala de Borg CR-10 foi aplicada para medir a percepção de esforço, seguida de uma tarefa cognitiva de fadiga mental (Coutinho et al., 2018; Trecoci et al., 2020), e a carga de trabalho foi avaliada por meio da NASA-TLX (Filipas et al., 2021). Após a realização das tarefas cognitivas, todos os estudos indicam

um aumento do nível de fadiga mental.

A distância percorrida foi monitorada por GPS durante os small-sided games (Kunrath et al., 2020). Na condição de fadiga mental, os atletas percorrem maior distância total e têm maior velocidade média, enquanto apresentam menores valores durante a caminhada (Kunrath et al., 2020). No estudo de Filipas et al. (2021), por meio do teste de Yo-Yo IR1, válido que exige o máximo desempenho físico dos jogadores, foi possível medir a percepção subjetiva do esforço em cada momento. A distância total percorrida foi registada no final do teste. Em situações de fadiga mental, os participantes correm significativamente menores distâncias do que em condições de controlo. A percepção de esforço é maior em situações de fadiga mental (Coutinho et al., 2018; Filipas et al.,

2021), e os atletas apresentam menor distância total percorrida quando mentalmente fatigados (Coutinho et al., 2018).

O estudo de Filipas et al. (2021) avaliou o desempenho técnico por meio do Loughborough Soccer Passing and Shooting Test (LSPT), do LSST e de pequenos jogos (Coutinho et al., 2018; Kunrath et al., 2020; Trecoci et al., 2020). Em situações de fadiga mental, o tempo de penalização e o tempo de performance foram maiores no LSPT, enquanto não houve efeitos significativos no LSST. Existe ainda uma menor capacidade de tomada de decisão nos passes (Gantois et al., 2020; Trecoci et al., 2020) e uma menor precisão no drible e no passe (Trecoci et al., 2020).

Em situações de fadiga mental, há perda de eficácia nas fases ofensivas e defensivas da equipa, tanto na largura e no comprimento da equipa como na união ofensiva. Existe ainda uma perda de concentração, o que leva a um maior tempo de resposta e a uma menor união defensiva (Kunrath et al., 2020). Os atletas, ao reduzirem o seu campo de visão, reduzem a visão de jogo, o que é essencial num jogo de futebol. No estudo de Coutinho et al. (2018), refere-se que há menor sincronização longitudinal.

DISCUSSÃO

Os dados sintetizados na Tabela 1 mostram que a fadiga mental, induzida predominantemente pela tarefa de *Stroop*, tende a influenciar o desempenho no ciclismo sobretudo por vias perceptivo-comportamentais, embora o sentido e a magnitude dos efeitos variem em função do tipo de prova, do contexto experimental e das características da amostra. Em Salam et al. (2018), a fadiga mental aumentou a percepção subjetiva de esforço e reduziu o parâmetro W, sem alterar significativamente a potência crítica. Este padrão sugere que a fadiga mental afeta mais fortemente a tolerância ao exercício em intensidades acima de um limiar sustentável do que a capacidade

aeróbia sustentada em si, o que é compatível com modelos psicobiológicos que enfatizam a decisão de persistir e a interpretação do custo do esforço como determinantes do término do exercício.

Em contraste, Custem et al. (2017) observaram um aumento da percepção subjetiva de esforço em ambas as condições, sem evidência clara de piora específica associada à fadiga mental. Uma explicação plausível é que o stress térmico do protocolo (30 °C) tenha elevado a carga perceptiva de modo relativamente independente da manipulação cognitiva, reduzindo a sensibilidade para detetar diferenças entre condições e favorecendo um “efeito teto” na percepção de esforço. Além disso, o formato de contrarrelógio com duração definida pode permitir maior autorregulação do ritmo, levando a ajustes de *pacing* que preservam a percepção de esforço reportada, mesmo quando o desempenho mecânico ou a eficiência do esforço é afetada.

A inconsistência entre estudos relativamente à percepção subjetiva de esforço torna-se mais compreensível quando se considera que a ausência de diferenças na PSE não implica ausência de efeito da fadiga mental. Brown e Bray (2019) reportaram PSE equivalente entre as condições, mas demonstraram que a disponibilização de biofeedback da frequência cardíaca acentuou o impacto negativo da fadiga mental, levando os participantes a reduzir a intensidade do exercício. Este resultado sugere que, em contexto de fadiga mental, pistas externas de autorregulação fisiológica podem orientar decisões mais conservadoras de *pacing*, alterando o comportamento de esforço sem necessariamente modificar a PSE. De modo semelhante, Filipas et al. (2019) não identificaram alteração direta na PSE, mas observaram uma relação PSE/potência mais elevada após a tarefa mental exigente, indicando um maior “custo perceptivo” para a mesma produção de potência. Assim, em protocolos com duração fixa, a fadiga mental

pode manifestar-se como menor potência para um esforço percebido semelhante, em vez de se traduzir invariavelmente em PSE mais elevada. Em conjunto, os resultados da Tabela 1 apontam para a relevância de moderadores metodológicos, como a duração/intensidade da tarefa cognitiva, o tipo de teste físico (tempo até à exaustão vs. contrarrelógio), o ambiente (p. ex., calor) e a presença de feedback fisiológico, na determinação do impacto observado da fadiga mental no ciclismo.

Os dados apresentados na Tabela 2 indicam que, no futebol, a fadiga mental produz efeitos particularmente robustos sobre variáveis técnico-táticas e decisórias, com consequências que podem ocorrer mesmo quando as métricas globais de deslocamento não diminuem de forma consistente. Em Coutinho et al. (2018), a fadiga mental foi acompanhada de aumento da percepção subjetiva de esforço, redução da distância total percorrida e diminuição da sincronização longitudinal, sugerindo que a carga mental elevada pode comprometer simultaneamente a disponibilidade para sustentar o esforço e a coordenação coletiva. Em Trecoci et al. (2020), verificou-se uma diminuição da precisão do passe e do drible, bem como da distância em aceleração por minuto, o que aponta para um impacto em ações de elevada relevância competitiva, uma vez que acelerações e mudanças de velocidade frequentemente estão associadas a momentos decisivos do jogo. Em Gantois et al. (2020), a fadiga mental prejudicou a tomada de decisão nos passes durante um jogo de treino com regras oficiais, o que reforça a interpretação de que a fadiga mental afeta processos de atenção, seleção de informações e decisão sob pressão temporal, com repercussão direta na eficácia das ações.

Importa notar que Kunrath et al. (2020) reportaram maior distância total e maior velocidade média na condição de fadiga mental, concomitantemente com uma redução do campo de visão e diminuição da precisão ofen-

siva e defensiva. Este resultado sugere que a fadiga mental não se manifesta necessariamente como um menor volume de corrida, podendo, antes, alterar a eficiência e a funcionalidade do deslocamento. Isto é, o jogador pode mover-se mais, mas com pior percepção do ambiente, pior ajustamento posicional e menor qualidade de execução, o que culmina em um desempenho coletivo menos eficaz. Em Filipas et al. (2021), a fadiga mental aumentou a percepção subjetiva de esforço e piorou o desempenho no Loughborough Soccer Passing Test, evidenciado por maior tempo de penalização e maior tempo total de performance, enquanto não houve efeitos claros no Loughborough Soccer Shooting Test. Esta dissociação sugere que tarefas com maior carga cognitiva e decisional, que exigem precisão e seleção rápida de respostas, podem ser mais sensíveis à fadiga mental do que tarefas mais restritas ou de menor exigência de processamento de informação. Em síntese, os resultados da Tabela 2 indicam que a fadiga mental no futebol compromete sobretudo a qualidade técnico-decisional e a organização coletiva, enquanto os efeitos sobre indicadores físicos globais podem variar conforme o formato da tarefa, as regras do jogo reduzido e as características da amostra.

Comparando as duas modalidades, os dados sugerem que, no ciclismo, a fadiga mental manifesta-se com frequência através de alterações na autorregulação do esforço e na tolerância ao desconforto, o que pode aparecer como redução de trabalho acima do limiar, menor intensidade escolhida ou maior custo perceptivo por unidade de potência (Brown & Bray, 2019; Filipas et al., 2019; Salam et al., 2018). No futebol, por se tratar de uma modalidade aberta e altamente dependente de processamento de informação, a fadiga mental tende a produzir efeitos mais diretamente observáveis em componentes de tomada de decisão, precisão técnica e coordenação tática, podendo coexistir com padrões de desloca-

mento que não diminuem necessariamente e, em alguns casos, até aumentam, mas com menor eficácia global (Gantois et al., 2020; Kunrath et al., 2020; Trecoci et al., 2020). Estas diferenças reforçam a necessidade de interpretar a influência da fadiga mental à luz das exigências específicas da tarefa e da modalidade, bem como de utilizar medidas que capturem não apenas o volume de esforço, mas também a qualidade e a eficiência do desempenho.

CONCLUSÃO

A fadiga mental influencia o desempenho físico dos jogadores de futebol, pois provoca uma maior percepção de esforço e, conseqüentemente, estes percorrem uma menor distância no campo. Além disso, a fadiga mental influencia o desempenho tático e técnico, nomeadamente a precisão na tomada de decisão dos passes nos dribles. No caso do ciclismo, os ciclistas mentalmente fadigados também reduziram o desempenho. A percepção subjetiva do esforço não aumentou em todos os estudos. Provavelmente o motivo foi que quando estavam fadigados mentalmente, os ciclistas tendem a aumentar a cadência do pedal e com isso diminuem a potência de saída da pedalada, fazendo com que o desempenho seja menor e quando diminuem o desempenho, a percepção do esforço tende a diminuir também. Para futuros estudos, sugere-se um maior enfoque no impacto do estilo de vida, do tempo passado no smartphone pelo atleta e do tempo dedicado a jogar videogames na performance física e técnica dos atletas, visto que são atividades que podem facilmente induzir fadiga mental.

Agradecimentos:

Nada declarado.

Conflito de Interesses:

Nada declarado.

Financiamento:

Nada declarado.

REFERÊNCIAS

- Agrícola, P. M. D., da Silva Machado, D. G., de Farias Junior, L. F., do Nascimento Neto, L. I., Fonteles, A. I., da Silva, S. K. A., Chao, C. H. N., Fontes, E. B., Elsangedy, H. M., & Okano, A. H. (2017). Slow down and enjoy: The effects of cycling cadence on pleasure. *Perceptual and Motor Skills*, 124(1), 233–247. <https://doi.org/10.1177/0031512516672774>
- Aliyari, H., Kazemi, M., Tekieh, E., Salehi, M., Sahraei, H., Daliri, M. R., Agaei, H., Minaei-Bidgoli, B., Lashgari, R., Srahan, N., Hadipour, M. M., Salehi, M., & Ranjbar Aghdam, A. (2015). The effects of FIFA 2015 computer games on changes in cognitive, hormonal and brain waves functions of young men volunteers. *Basic and Clinical Neuroscience*, 6(3), 193–201.
- Amann, M., & Secher, N. H. (2010). Last Word on Point:Counterpoint: Afferent feedback from fatigued locomotor muscles is an important determinant of endurance exercise performance. *Journal of Applied Physiology*. <https://doi.org/JAPPL-01386-2009>
- Angius, L., Santarnecchi, E., Pascual-Leone, A., & Marcora, S. M. (2019). Transcranial direct current stimulation over the left dorsolateral prefrontal cortex improves inhibitory control and endurance performance in healthy individuals. *Neuroscience*, 419, 34–45. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2019.08.052>
- Boksem, M. A. S., & Tops, M. (2008). Mental fatigue: Costs and benefits. *Brain Research Reviews*, 59(1), 125–139. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2008.07.001>
- Boksem, M. A. S., Meijman, T. F., & Lorist, M. M. (2005). Effects of mental fatigue on attention: An ERP study. *Cognitive Brain Research*, 25(1), 107–116. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2005.04.011>

- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 14(5), 377–381.
- Borg, G. A. (1998). Borg's perceived exertion and pain scales. *Human Kinetics*.
- Brehm, J. W., & Self, E. A. (1989). The intensity of motivation. *Annual Review of Psychology*, 40, 109–131. <https://doi.org/10.1146/annurev.ps.40.020189.000545>
- Brown, D. M. Y., & Bray, S. R. (2019). Heart rate biofeedback attenuates effects of mental fatigue on exercise performance. *Psychology of Sport and Exercise*, 41, 70–79. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2018.12.001>
- Coutinho, D., Gonçalves, B., Wong, D. P., Travassos, B., Coutts, A. J., & Sampaio, J. (2018). Exploring the effects of mental and muscular fatigue in soccer players' performance. *Human Movement Science*, 58, 287–296. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2018.03.004>
- Donato, H., & Donato, M. (2019). Etapas na condução de uma revisão sistemática. *Acta Médica Portuguesa*, 32(3), 227–235. <https://doi.org/10.20344/amp.11923>
- Duncan, M. J., Fowler, N., George, O., Joyce, S., & Hankey, J. (2015). Mental fatigue negatively influences manual dexterity and anticipation timing but not repeated high-intensity exercise performance in trained adults. *Research in Sports Medicine*, 23(1), 1–13. <https://doi.org/10.1080/15438627.2014.975811>
- Filipas, L., Borghi, S., La Torre, A., & Smith, M. R. (2021). Effects of mental fatigue on soccer-specific performance in young players. *Science and Medicine in Football*, 5(2), 150–157. <https://doi.org/10.1080/24733938.2020.1823012>
- Filipas, L., Gallo, G., Pollastri, L., & La Torre, A. (2019). Mental fatigue impairs time trial performance in sub-elite under 23 cyclists. *PLOS ONE*, 14(6), e0218405. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218405>
- Gantois, P., Caputo Ferreira, M. E., Lima-Junior, D., Nakamura, F. Y., Batista, G. R., Fonseca, F. S., & Fortes, L. S. (2020). Effects of mental fatigue on passing decision-making performance in professional soccer athletes. *European Journal of Sport Science*, 20(4), 534–543. <https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1656781>
- Hill, D. W. (1993). The critical power concept: A review. *Sports Medicine*, 16, 237–254. <https://doi.org/10.2165/00007256-199316040-00003>
- Kunrath, C. A., Cardoso, F. S. L., García Calvo, T., & Teoldo da Costa, I. (2020). Mental fatigue in soccer: A systematic review. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 26(2), 177–188. <https://doi.org/10.1590/1517-869220202602208206>
- Kunrath, C. A., Nakamura, F. Y., Roca, A., Tessitore, A., & Teoldo da Costa, I. (2020). How does mental fatigue affect soccer performance during small-sided games? A cognitive, tactical and physical approach. *Journal of Sports Sciences*, 38(15), 1818–1828. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1756681>
- Lal, S. K., & Craig, A. (2002). Driver fatigue: Electroencephalography and psychological assessment. *Psychophysiology*, 39(3), 313–321. <https://doi.org/10.1017/S0048577201393095>
- MacMahon, C., Hawkins, Z., & Schücker, L. (2019). Beep test performance is influenced by 30 minutes of cognitive work. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 51(9), 1928–1934. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001982>
- Marcora, S. M. (2010). Effort: Perception of. In E. B. Goldstein (Ed.), *Encyclopedia of perception* (pp. 380–383). SAGE Publications. <https://doi.org/10.4135/9781412972000.n119>
- McMorris, T. (2020). Cognitive fatigue effects on physical performance: The role of interoception. *Sports Medicine*, 50, 1703–1708. <https://doi.org/10.1007/s40279->

- 020-01320-w
- McMorris, T., Barwood, M., Hale, B. J., Dicks, M., & Corbett, J. (2018). Cognitive fatigue effects on physical performance: A systematic review and meta-analysis. *Physiology & Behavior, 188*, 103–107. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.01.029>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLOS Medicine, 6*(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Moreira, A., Aoki, M. S., Franchini, E., da Silva Machado, D. G., Paludo, A. C., & Okano, A. H. (2018). Mental fatigue impairs technical performance and alters neuroendocrine and autonomic responses in elite young basketball players. *Physiology & Behavior, 196*, 112–118. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.08.015>
- Nybo, L., & Nielsen, B. (2001). Hyperthermia and central fatigue during prolonged exercise in humans. *Journal of Applied Physiology, 91*(3), 1055–1060. <https://doi.org/10.1152/jappl.2001.91.3.1055>
- Pageaux, B. (2016). Perception of effort in exercise science: Definition, measurement and perspectives. *European Journal of Sport Science, 16*(8), 885–894. <https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1188992>
- Pageaux, B., & Lepers, R. (2016). Fatigue induced by physical and mental exertion increases perception of effort and impairs subsequent endurance performance. *Frontiers in Physiology, 7*, 587. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00587>
- Pageaux, B., & Lepers, R. (2018). The effects of mental fatigue on sport-related performance. *Progress in Brain Research, 240*, 291–315. <https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2018.10.004>
- Pageaux, B., Marcora, S. M., Rozand, V., & Lepers, R. (2015). Mental fatigue induced by prolonged self-regulation does not exacerbate central fatigue during subsequent whole-body endurance exercise. *Frontiers in Human Neuroscience, 9*, 67. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00067>
- Périard, J. D., Cramer, M. N., Chapman, P. G., Caillaud, C., & Thompson, M. W. (2011). Cardiovascular strain impairs prolonged self-paced exercise in the heat. *Experimental Physiology, 96*(2), 134–144. <https://doi.org/10.1113/expphysiol.2010.054213>
- Rampinini, E., Coutts, A. J., Castagna, C., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). Variation in top level soccer match performance. *International Journal of Sports Medicine, 28*(12), 1018–1024. <https://doi.org/10.1055/s-2007-965158>
- Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Azzalin, A., Ferrari Bravo, D., & Wisløff, U. (2008). Effect of match-related fatigue on short-passing ability in young soccer players. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 40*(5), 934–942. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181666eb8>
- Salam, H., Marcora, S. M., & Hopker, J. G. (2018). The effect of mental fatigue on critical power during cycling exercise. *European Journal of Applied Physiology, 118*(1), 85–92. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3747-1>
- Schiphof-Godart, L., Roelands, B., & Hettinga, F. J. (2018). Drive in sports: How mental fatigue affects endurance performance. *Frontiers in Psychology, 9*, 1383. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01383>
- Smith, M. R., Chai, R., Nguyen, H. T., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2019). Comparing the effects of three cognitive tasks on indicators of mental fatigue. *The Journal of Psychology, 153*(8), 759–783. <https://doi.org/10.1080/00223980.2019.1611530>
- Trecroci, A., Boccolini, G., Duca, M., Formenti, D., & Alberti, G. (2020). Mental fatigue impairs physical activity, technical and decision-making performance during

small-sided games. *PLOS ONE*, 15(9), e0238461. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238461>

Van Cutsem, J., De Pauw, K., Buyse, L., Marcora, S., Meeusen, R., & Roelands, B. (2017). Effects of mental fatigue on endurance performance in the heat. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 49(8), 1677–1687. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001263>

Van Cutsem, J., Marcora, S., De Pauw, K., Bailey, S., Meeusen, R., & Roelands, B. (2017). The effects of mental fatigue on

physical performance: A systematic review. *Sports Medicine*, 47(8), 1569–1588. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0672-0>

Zhao, C., Zhao, M., Liu, J., & Zheng, C. (2012). Electroencephalogram and electrocardiograph assessment of mental fatigue in a driving simulator. *Accident Analysis & Prevention*, 45, 83–90. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.11.019>