

O uso da análise da variabilidade da frequência cardíaca no monitoramento de lesões esportivas e sua influência sobre o balanço autonômico: uma revisão sistemática

The use of heart rate variability analysis in monitoring sport injuries and its influence on the autonomic balance: a systematic review

El uso del análisis de variabilidad de la frecuencia cardíaca en el seguimiento de lesiones deportivas y su influencia en el balance autónomo: una revisión sistemática

Henrique Geromel Meneghetti¹, Gabriela Cotrim de Souza², João Gabriel Fayyad Santos³, Mariane de Sá Britto Moraes⁴, Rodrigo Alberto Dispato Mendes Martins⁵, Gustavo Dias Ferreira⁶

RESUMO | O objetivo desta revisão busca compreender o uso da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) para identificar sua relação com a ocorrência de lesões esportivas que não envolvem contato, além de indicar padrões da VFC após concussões para orientar o retorno seguro ao esporte. Foi realizada uma revisão sistemática nas bases de dados *Pubmed*, *EMBASE* e *PEDRo*, incluindo artigos até dezembro de 2020, utilizando os seguintes termos: (((*athletes OR players*) AND (*Heart Rate Variability OR HRV*)) AND (*sport OR sports OR exercises OR physical activity*)) AND (*injuries OR injury*)). Os princípios de elegibilidade de PICOS foram: P (*population*): atletas, I (*intervention*): o uso da VFC, C (*control*): atletas não lesionados, O (*outcomes*): índices de VFC e suas relações com lesões esportivas, e S (*study*): estudos em seres humanos. De 62 artigos identificados na busca, 12 foram incluídos na revisão, sendo 6 mostrando que a diminuição da VFC e o desequilíbrio simpato-vagal estão relacionados à fadiga, *overtraining* e *overreaching*; e 6 artigos relacionados com a avaliação da VFC pós-concussão, onde identificaram alteração de modulação autonômica nos atletas concussionados que vão além da ausência dos sintomas. Em conclusão, a VFC pode ser uma ferramenta utilizada no âmbito esportivo para identificar maior risco

de lesões esportivas sem contato, identificando situações de fadiga, *overtraining* e *overreaching*, como também auxiliar no processo de retorno ao esporte pós-concussão cerebral pela avaliação do balanço autonômico.

Descritores | Esportes, Ferimentos e Lesões; Frequência Cardíaca.

ABSTRACT | The objective of this review was to understand the use of heart rate variability (HRV) to identify its relationship with the occurrence of no contact sports injuries, in addition to indicating patterns of HRV after concussions and to the guidance in the process of returning to sport. A systematic review was carried out on the *Pubmed*, *EMBASE*, and *PEDRo* databases from its origin until December 2020, using the following terms: (((*athletes OR players*) AND (*Heart Rate Variability OR HRV*)) AND (*sport OR sports OR exercises OR physical activity*)) AND (*injuries OR injury*)). The PICOS eligibility principles were: P (*population*): athletes, I (*intervention*): the use of HRV, C (*control*): uninjured athletes, O (*outcomes*): HRV indices and their relationship with sports injuries, and S (*study*): studies in humans. Of the 62 papers identified in the search, 12 were included in the review, 6 showing that decreased HRV and sympathetic-vagal imbalance are

¹Universidade Federal de Pelotas – Pelotas (RS), Brasil. E-mail: henriquemeneghetti@gmail.com. ORCID-0000-0002-8229-3358

²Universidade Federal de Pelotas – Pelotas (RS), Brasil. E-mail: gabi.cotrim@yahoo.com.br. ORCID-0000-0002-1268-5161

³Universidade Federal de Pelotas – Pelotas (RS), Brasil. E-mail: jgfayyad@gmail.com. ORCID-0000-0003-2614-3002

⁴Universidade Federal de Pelotas – Pelotas (RS), Brasil. E-mail: marianedsbm@gmail.com. ORCID-0000-0003-3848-8470

⁵Fisioterapeuta, Coordenação do Sistema TAFAR (Terapia Analgésica Funcional de Ação Rápida), Brasil. E-mail: dispato@hotmail.com. ORCID-0000-0002-6912-0671

⁶Universidade Federal de Pelotas – Pelotas (RS), Brasil. E-mail: gustavo.ferreira@ufpel.edu.br. ORCID-0000-0001-5969-7250

related to fatigue, overtraining, and overreaching; and 6 articles related to the assessment of HRV after a concussion, which identified changes in autonomic modulation in concussion athletes. In conclusion, the HRV may be a tool used in sports to identify a greater risk of no contact sports injuries, identifying situations of fatigue, overtraining, and overreaching, as well as assisting in the process of returning to sport after a cerebral concussion by assessing the autonomic balance.

Keywords | Sport; Wounds and Injuries; Heart Rate.

RESUMEN | El objetivo de esta revisión fue estimar el uso de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) para identificar su relación con la ocurrencia de lesiones deportivas sin contacto, así como indicar patrones de VFC después de concusiones para auxiliar en el regreso seguro al deporte. Se realizó una revisión sistemática en las bases de datos *PubMed*, *EMBASE* y *PEDRo* de artículos publicados hasta diciembre de 2020 utilizando las siguientes palabras clave: (((*athletes OR players*) AND (*Heart Rate Variability OR HRV*)) AND (*sport OR sports*

OR exercises OR physical activity)) AND (*injuries OR injury*)). Los principios de elegibilidad de PICOS fueron: P (*population*): atletas, I (*intervention*): el uso de VFC, C (*control*): deportistas sin lesión, O (*outcomes*): índices de VFC y su relación con las lesiones deportivas, y S (*study*): estudios en humanos. De 62 artículos encontrados, se incluyeron 12 en la revisión, de los cuales 6 muestran que la disminución de la VFC y el desequilibrio simpátovagal están relacionados con la fatiga, *overtraining* y *overreaching*; y 6 artículos, con la evaluación de la VFC posconcusión, que identificaron cambios en la modulación autonómica en deportistas con conmoción que van más allá de la ausencia de síntomas. Se concluye que la VFC puede ser una herramienta útil para identificar un mayor riesgo de lesiones deportivas sin contacto como las situaciones de fatiga, *overtraining* y *overreaching*, así como para ayudar en el proceso de regreso al deporte después de una concusión cerebral mediante la evaluación del balance autonómico.

Palabras clave | Deportes; Lesiones; Heridas y Traumatismos; Frecuencia Cardíaca.

INTRODUÇÃO

O esporte de alto rendimento exige níveis de engajamento do atleta que se aproximam do máximo na maior parte da temporada, tornando o profissional sobrecarregado, podendo chegar frequentemente ao desequilíbrio psicológico e fisiológico, potencializando o risco de desenvolver lesões que o prejudiquem na sua carreira¹. Desse modo, encontrar uma abordagem preventiva, em busca de reduzir as chances das lesões esportivas, assim como monitorar o retorno do atleta a sua atividade, pode tornar essa prática mais eficiente e segura²⁻⁴.

O adequado funcionamento do sistema cardiovascular é essencial para um desempenho esportivo de alto-rendimento. Como o coração recebe inervações do Sistema Nervoso Autônomo (SNA), seu controle é de acordo com as necessidades do nosso organismo, variando sua frequência de batimentos e volume ejetado para suprir a demanda metabólica para manter a homeostase⁵. A Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) vem se tornando um importante biomarcador de carga interna no esporte⁴, por inferir a modulação autonômica do organismo humano de forma não invasiva, com baixo custo e de fácil aquisição^{4,6}. A VFC descreve as oscilações dos intervalos R-R do eletrocardiograma, que estão relacionados com as influências autonômicas sobre o nó sino-atrial, e seus

índices podem ser obtidos por meio de métodos lineares, como: pelo tempo, na variável rMSSD (raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos R-R normais adjacentes); ou pela frequência, nos componentes de alta frequência (*High Frequency* – HF), indicador da atuação do nervo vago sobre o coração, ou de baixa frequência (*Low Frequency* – LF), decorrente de ação conjunta do ramo simpático e parassimpático sobre a FC. A razão LH/HF expressa o balanço autonômico^{5,6}.

Compreendendo, portanto, que analisar as mudanças da VFC é, também, analisar o comportamento do SNA, é possível utilizar esta ferramenta em uma tentativa de monitorar as lesões, tão corriqueiras e inconvenientes no esporte⁴. Uma baixa VFC indica que o SNA não está se adaptando suficientemente as necessidades do organismo, o qual pode sofrer um estresse energético e falhar⁵. Assim como atletas com um predomínio de ativação simpática no repouso tendem a estar mais expostos às lesões ou ainda não estarem prontos para retornar à atividade após uma lesão⁶.

É teorizado que microtraumas acumulados nos tecidos somáticos de atletas podem modular a resposta da VFC. Diante disso, é entendido que a resposta inflamatória anormal do tecido aumenta a modulação do sistema nervoso simpático e, conseqüentemente, altera os intervalos entre batimentos cardíacos consecutivos, levando a

um aumento do metabolismo mesmo em situação de repouso^{4,5}. Assim, presume-se que o acompanhamento da VFC pode fornecer informações úteis sobre a modulação do SNA no organismo humano e, em um atleta, alterações nesse sistemas podem refletir impactos na sua rotina de treino e performance.

Dessa maneira, esta revisão objetiva compreender o uso da VFC como uma ferramenta para prever risco aumentado da ocorrência de lesões esportivas que não envolvem contato, e para descrever parâmetros de recuperação para um retorno ao esporte mais seguro.

METODOLOGIA

Desenho e estratégia de busca

Foi desenvolvida uma revisão sistemática baseada nas indicações do Prisma *Statement* e AMSTAR²^{7,8}. Foi realizada uma busca de artigos na língua inglesa nas bases de dados *PubMed*, *EMBASE* e *PEDRo*, até dezembro de 2020. Os termos *MeSH* (*Medical Subject Headings*) e seus sinônimos utilizados foram: (((*athletes OR players*) AND (*Heart Rate Variability OR HRV*)) AND (*sport OR sports OR exercises OR physical activity*)) AND (*injuries OR injury*)).

Critérios de elegibilidade e seleção

De acordo com os princípios de elegibilidade de Picos, consideramos P (*population*): os atletas, I (*intervention*): o uso da VFC, C (*control*): atletas não lesionados, O (*outcomes*): índices de VFC e suas relações com lesões esportivas, e S (*study*): estudos em seres humanos.

Os artigos selecionados na primeira busca foram avaliados pela leitura dos seus títulos e resumos por três pesquisadores independentes (HGM, GCS, JGFS). Qualquer desacordo, um quarto autor foi acionado (GDF). Após, foram realizadas leituras do artigo completo para seleção e extração dos dados de acordo com critérios estabelecidos.

Seleção dos estudos e extração dos dados

O critério de inclusão foram artigos sobre o uso da VFC como ferramenta para a predição de lesões ou para o monitoramento dos atletas após o acontecimento da mesma para retorno ao esporte. É importante ressaltar que, para variáveis de predição de risco de lesões, foram

incluídas apenas as lesões músculo-esqueléticas e articulares sem contato, além de condições de fadiga e *overtraining*, visto que lesões por contato são inerentes à prática esportiva, menos dependentes da anatomia e da fisiologia do atleta, não podendo ser detectadas por ferramentas tecnológicas ou prevenidas pelos profissionais da saúde. Todavia, para acompanhamento pós-lesão, foram adicionadas também as lesões com contato, visto que neste caso o objetivo é acompanhar a recuperação fisiológica do atleta após o dano. Como critérios de exclusão, foram considerados artigos nos quais a VFC não foi utilizada como marcador fisiológico relacionado às lesões, estudos de hipóteses ou protocolos sem resultados. Para extração de dados, foram selecionados: Autor, ano, país, tipo de estudo, participantes, intervenção, medidas analisadas e principais resultados.

RESULTADOS

Fluxograma dos estudos

Nossa busca identificou 62 artigos (52 no *Pubmed*, 8 no *Embase* e 2 no *PEDro*). Após análise de títulos e resumos 15 artigos foram selecionados para avaliação completa. Destes, 12 artigos foram incluídos na revisão sistemática (Figura 1).

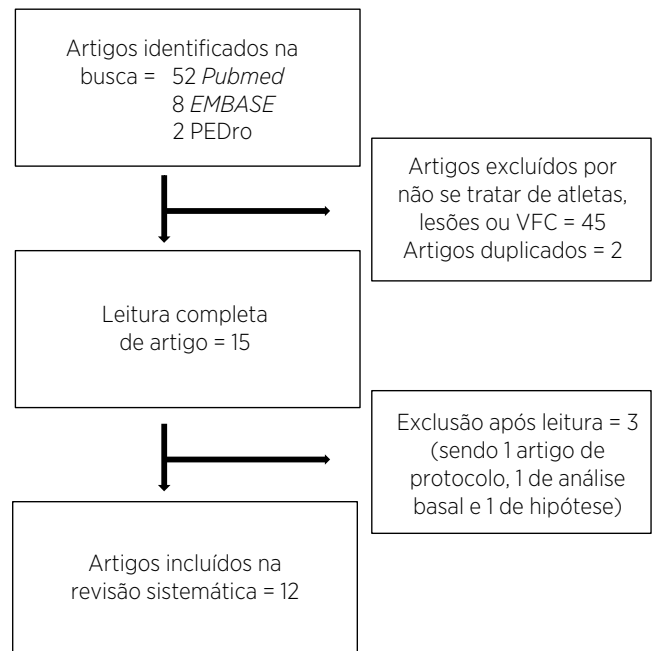


Figura 1. Fluxograma dos estudos: a busca nas bases de dados encontrou 62 estudos e, após seleção, 12 foram incluídos na revisão sistemática

Descrição dos estudos

As tabelas 1 e 2 demonstram os dados extraídos dos estudos selecionados. Sendo a tabela 1 indicação do uso da VFC para prever o risco aumentado

de lesão e sua relação com fadiga, *overreaching* e *overtraining*, enquanto a tabela 2, indica o uso da VFC para monitorar parâmetros após a lesão, em que todos os artigos incluídos, por coincidência, trataram de concussão cerebral.

Tabela 1. Uso da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) para prever o aumento do risco de lesão

Autor, ano e país	Tipo de estudo	Participantes	Intervenção	Medidas analisadas	Principais resultados
Lima-Borges 2018 Brasil	observacional	Jovens atletas da seleção brasileira de natação – <i>Sprint</i> : n=17 (13 homens e 4 mulheres) – <i>Endurance</i> : n=13 (7 homens e 6 mulheres)	Análise da VFC no repouso e competição, e sua relação com lesão durante um macrociclo de 20 semanas	– VFC (rMSSD; LF; HF; LF/HF)	Atletas de <i>sprint</i> : diminuição de HF e aumento de LF, estando relacionado com episódios de <i>overtraining</i> e lesões. Atletas de <i>endurance</i> : diminuição da VFC, mas com menor efeito do que o grupo <i>sprint</i> .
Muñoz-López 2020 Espanha	observacional	23 atletas profissionais de futebol – titulares (treinaram e jogaram mais de 60 minutos n=11) – reservas (somente treinaram n=12)	Análise da VFC durante preparação para competição europeia comparando atletas expostos à jogos em alta intensidade com reservas.	– VFC (rMSSD);	Atletas mais fadigados, com atuação em jogos por mais de 60 minutos, permaneciam com alteração autonômica (diminuição de rMSSD) por até 72h após a partida, comparados à reservas controles.
Williams 2017 Reino Unido	experimental	Atletas competitivos do CrossFit™ n=6 (3 homens e 3 mulheres)	Interação entre VFC, cargas de trabalho e risco de <i>overtraining</i> em uma intervenção de 16 semanas	– VFC (rMSSD); – ACWR (relação carga de trabalho aguda/crônica)	Aumento do risco de lesão foi relacionado ao baixo índice de rMSSD e ao alto índice de ACWR. Altas cargas foram bem toleradas quando a rMSSD permaneceu dentro do padrão de normalidade ou foi alta.
Kajaia 2017 Geórgia	observacional	n=43 de atletas com <i>overreaching</i> não funcional e síndrome de <i>overtraining</i> , n=40 atletas sem estas características, n=35 de sedentários	Análise da VFC no repouso	VFC em repouso	Foi observado menor VFC, menor influência vagal e aumento do estímulo simpático durante o repouso em atletas com <i>overreaching</i> e <i>overtraining</i> .
Leti 2013 França	experimental	Corredor sênior de longa distância, com idade média de 51±5 anos n=10	Monitoramento da VFC noturna durante o período de 12 semanas em condições de repouso, pós-treino e pós-competição	– VFC (LF, HF, LF/HF) – Questionário de análise da fadiga	Redução do valor de HF e aumento de LF e LF/HF após um dia de competição. Correlações positivas foram encontradas entre fadiga e o domínio de frequência LF pelo impacto principalmente da competição.
Baumert 2006 Alemanha	experimental	Atletas de atletismo e triatlo n=10 (5 homens e 5 mulheres)	Monitoramento do ECG durante 2 semanas de treino de campo com sobrecarga diária	– VFC em repouso (rMSSD, LF e HF)	Houve uma redução da VFC e da modulação vagal durante períodos de treino intensificado.

n: número amostral; VFC: Variabilidade da Frequência Cardíaca; rMSSD: raiz quadrada média da diferença do intervalo; LF: *low frequency*; HF: *high frequency*; ACWR: relação carga de trabalho aguda/crônica; ECG: eletrocardiograma.

Tabela 2: Uso da Variabilidade da Frequência Cardíaca para monitorar parâmetros após a lesão de concussão cerebral

Autor, ano e país	Tipo de estudo	Participantes	Intervenção	Medidas analisadas	Principais resultados
Paniccia 2018; Canadá	longitudinal	Adolescentes esportistas de 13 a 18 anos acompanhados, a partir do diagnóstico da concussão	O uso da VFC com registro de monitoramento de 24h por dia	– VFC	Queda da modulação parassimpática até o dia 30 pós-lesão, combinando com sintomas físicos, cognitivos, emocionais e de fadiga. Observou-se um crescimento da modulação parassimpática até o dia 90, com sintomas mínimos. Houve um retorno à estabilidade da modulação parassimpática em torno de 120 dias

(continua)

Tabela 2: Continuação

Autor, ano e país	Tipo de estudo	Participantes	Intervenção	Medidas analisadas	Principais resultados
Johnson 2018 EUA	experimental	Atletas universitários com concussão e sintomáticos n=11 (5 mulheres e 6 homens) e Atletas universitários saudáveis n=10 (5 mulheres e 5 homens).	Avaliação da VFC durante experimento do <i>Face Cooling</i>	- FC; - Intervalo R-R; - rMSSD; - HF	Nos pacientes pós-concussão, a FC e o intervalo R-R não se alteram nos primeiros minutos do <i>Face Cooling</i> , diferente dos saudáveis que aumentam a resposta parassimpática.
Hutchison 2017 Canadá	Caso-controle	Atletas universitários: n=52 (32 homens e 20 mulheres): 26 com concussão e 26 saudáveis como grupo controle.	Análise em três períodos da recuperação: - Entre 2 a 7 dias pós-lesão (período sintomático) - No início da progressão do exercício - 1 semana após o retorno aos treinos	Aspectos psicológicos: - Humor - Qualidade do sono - Estresse percebido Aspectos fisiológicos: - VFC	Os aspectos psicológicos foram piores em atletas com concussão na fase sintomática. Em atletas com concussão há uma redução da HF durante os três períodos analisados, indicando que uma desregulação autonômica pode permanecer mesmo após o retorno aos treinos, principalmente nas mulheres.
Senthinathan 2017 Canadá	experimental	Atletas diagnosticados com concussão n=11, e atletas não diagnosticados, como grupo controle n=11	Análises em três períodos da recuperação: fase sintomática, fase assintomática, e 1 semana após o retorno aos treinos com o protocolo de avaliação na posição sentado e de pé.	Variáveis do domínio frequência e tempo da VFC em atletas do protocolo sentado e de pé.	Atletas com concussão apresentaram na fase sintomática aumento da LF e diminuição da HF. Durante a fase do retorno aos treinos, apresentaram maior LF/HF quando sentados. Ao se movimentarem da posição sentada para a de pé, atletas apresentaram alterações autonômicas em todas as fases quando comparados ao controle.
Abaji 2016 Canadá	transversal	n=12 atletas homens com concussão e n=12 atletas controles	Análise da VFC medida em repouso e durante prática de preensão isométrica da mão	- VFC: (intervalo R-R, rMSSD, LF, HF, LF/HF)	Atletas assintomáticos com concussão, no estágio pós-agudo da lesão (95 dias±63), ainda apresentam uma modulação parassimpática reduzida e maior razão LF/HF durante teste de preensão isométrica da mão.
Gall 2004 Canadá	experimental	n=14 atletas de hóquei com concussão e n=14 atletas controles.	Avaliação da VFC no repouso e durante sessão de exercício de intensidade moderada no segundo e sétimo dia após a lesão.	- VFC: (intervalo R-R, LF, HF, LF/HF)	No repouso, não se notou alterações. Durante o exercício, os atletas com concussão demonstraram redução da média dos intervalos R-R, e alteração nas potências de LF e HF, o que indica que não houve modulação simpátovagal em resposta ao exercício.

n: número amostral; VFC: Variabilidade da Frequência Cardíaca; FC: frequência cardíaca; rMSSD: raiz quadrada média da diferença do intervalo; LF: *low frequency*; HF: *high frequency*; R-R: intervalo entre duas ondas R do eletrocardiograma.

DISCUSSÃO

Nesta revisão, abordamos o uso da VFC para auxiliar no processo de predição de lesões sem contato, e para o retorno ao esporte após uma concussão.

Em relação ao aumento de risco de lesões sem contato, atletas de provas de maiores intensidades, com treinamentos e competições de altas cargas e repetitividade, estão expostos a uma grande ativação simpática durante a

maior parte do macrociclo, mesmo durante o repouso, e são alvos mais frequentes de *overtraining*, o que aumenta a chance de lesões, comparados à atletas de provas menos intensas⁶. De forma semelhante acontece com profissionais de futebol expostos à partidas de alta intensidade, onde há diminuição de modulação autonômica de atletas mais fadigados por até 72 horas após a partida⁹.

No mesmo sentido, há um aumentado risco de lesão quando os atletas apresentaram baixo rMSSD (baixa

VFC) e alta carga de treino (ACWR – *acute/chronic workload ratio*), destacando também que as lesões são mais frequentes naqueles atletas com alta LF/HF e que, ainda assim, treinam intensivamente (alto ACWR), influenciando no processo de capacidade/demanda¹⁰.

A fadiga causada pelos treinos e competições está relacionada diretamente com um maior tônus simpático, além do que, uma recuperação mais satisfatória está relacionada com uma predominância do tônus parassimpático durante o repouso. Em corredores, o principal desbalanço do SNA, com predomínio simpático no repouso, ocorre no dia seguinte a uma competição, devido ao impacto físico e ao estresse psicológico¹¹.

Uma maior modulação cardíaca simpática é observada devido ao aumento da frequência e intensidade dos estímulos, o que pode levar os esportistas a apresentarem um estado de *overreaching*¹², alteração fisiológica por treinamento excessivo relacionado com um desequilíbrio autonômico e, conseqüentemente, uma alteração da VFC¹³.

É importante ressaltar ainda, que as condições consideradas até então não são aquelas geradas por contato físico, pois nessas não há marcadores fisiológicos que permitem a predição da lesão, uma vez que ela é fruto de impacto externo e não de alterações fisiológicas.

Observamos, nos estudos apresentados, que uma modulação simpática excessiva está associado, muitas vezes, a treinos excessivos ou intensos (*overtraining, overreaching*), estados de fadiga e curto período de recuperação, situações que normalmente aumentam os riscos às lesões. Portanto, é nítido que a VFC pode ser uma ferramenta valiosa para prover informações úteis para minimizar as lesões no esporte, pelo acompanhamento do equilíbrio autonômico dos atletas, para que assim haja intervenção profissional para ajustar a carga de treino e tempo de recuperação do esportista às suas capacidades fisiológicas.

Assim como a VFC pode ser um instrumento valioso para auxiliar na predição de lesões, ela também pode ser um método importante para o acompanhamento de atletas após lesões, como as concussões. Isso porque atletas com concussão apresentam uma baixa adaptabilidade do SNA, e enquanto não retomarem estas respostas a níveis fisiológicos, estarão em risco se retornarem às suas atividades¹⁴. O estudo de Johnson e colaboradores realizou a técnica de *Face Cooling* (aplicação de gelo à 0°C no rosto dos atletas) e não constatou respostas esperadas e adaptativas do SNA nas variáveis da VFC nos atletas que haviam tido uma concussão, demonstrando déficit do controle interno¹⁵.

No estudo de Hutchison et al., esportistas que sofreram concussões apresentaram uma desregulação parassimpática (diminuição da HF) que se estendeu do período pós-lesão até uma semana após o retorno aos treinos, quando os atletas não tinham mais sintomas¹⁶. Atletas com concussão já assintomáticos, no estágio pós-agudo da lesão (em média de 95 dias após), ainda apresentaram uma modulação parassimpática reduzida, indicado pela redução do valor absoluto de HF em resposta a um teste de força¹⁷.

Acrescenta-se ainda, que quanto maior o número de concussões já sofridas pelos atletas, maior é a LF/HF no repouso, mesmo após o retorno ao esporte, clarificando a maior recorrência e possibilidade de serem acometidos por esse tipo de lesão novamente¹⁸.

No âmbito da análise da recuperação após a concussão, a VFC pode ser dividida em 3 fases. A primeira delas consiste no aumento da modulação simpática até por volta do 30º dia depois da lesão com grande manifestação de sintomas (físicos, cognitivos, emocionais e de fadiga). Na segunda fase, há um aumento da modulação parassimpática até por volta do 75º dia pós-concussão para o sexo masculino e 90º dia para o sexo feminino, em que há diminuição de sintomas. A terceira fase vai até, em média, o 120º dia para o sexo masculino que é quando normalmente não se apresentam mais nenhum sintoma e há um equilíbrio autonômico, sendo que nas mulheres este aspecto pode demorar ainda mais¹⁹. A alteração de parâmetros de atletas femininas se mostrou mais sensível após a concussão, hipotetizando uma desregulação parassimpática (menor HF e maior risco à lesão). Homens, por outro lado, tendem a ser mais sensíveis a desregulação simpática, o que explica atletas masculinos apresentarem maiores distúrbios de humor pós-concussão¹⁶.

Na prática, o retorno ao esporte acontece muito antes do equilíbrio autonômico, o que pode deixar o atleta em risco de ter uma nova lesão ou concussão. Os estudos relataram retorno aos treinos dependente de sintomas apresentados, com medianas de 14 e 18 dias pós-concussão, porém, com uma amplitude muito alta^{16,18}. Apesar de muitas vezes os atletas minimizarem os sintomas, concussões podem ocasionar danos metabólicos que persistam por um período mais longo¹⁶, o que pode ser acompanhado com a utilização da avaliação da VFC, sugerindo prontidão e evitando retorno precoce. Isto foi demonstrado quando atletas com concussão apresentaram perturbações na VFC na posição sentado e de pé, tanto nas fases sintomática

e assintomática, indicando que esportistas liberados para treinar, mesmo estando assintomáticos, ainda podem apresentar desregulação metabólica e não estão completamente recuperados, necessitando de um acompanhamento mais individualizado¹⁸.

Por fim, o estudo de Gall, Parkhouse e Goodman²⁰, avaliou a VFC no período agudo pós-concussão, e observou que apesar de no repouso não ter tido diferenças entre um grupo de atletas que teve concussão comparados a um grupo controle, durante a prática de exercício (bicicleta), os atletas pós-concussão demonstraram redução da média dos intervalos R-R, e alteração nas potências de LF e HF, o que indica que uma má modulação simpato-vagal em resposta ao exercício.

Aspectos fortes e limitações da revisão

A principal limitação deste trabalho foi a seleção de artigos apenas da língua inglesa, porém, justifica-se por este tema ser específico e relativamente novo, assim, a intenção foi incluir artigos publicados em revistas com maior impacto e visibilidade para compor a revisão. Outro ponto de limitação foi que, mesmo com esta seleção sistematizada, os artigos incluídos na revisão não relatam a utilização de métodos de cegamento da amostra e dos pesquisadores, os quais tinham acesso ao histórico de treino, competição e lesão dos atletas. Porém, este trabalho tem como aspecto positivo que os artigos incluídos descrevem dados de avaliações da VFC prévios às lesões, para auxiliar no perfil de risco e identificar se o atleta está mais ou menos exposto às lesões sem contato; bem como análise da VFC no período de recuperação pós-concussão, para possibilitar a tomada de decisão dos profissionais da saúde em relação ao retorno ao esporte com maior segurança.

CONCLUSÃO

A VFC pode ser uma ferramenta utilizada no âmbito esportivo para identificar maior risco de lesões esportivas sem contato, identificando que a baixa variabilidade ou desbalanço autonômico estão relacionados com situações de fadiga, *overtraining* e *overreaching*, como também auxiliar no processo de retorno ao esporte pós-concussão cerebral pela avaliação de prontidão do atleta. Assim, encorajamos o uso da VFC como ferramenta para ser utilizada pela equipe de saúde no meio esportivo.

REFERÊNCIAS

1. Terra VDS, Falcoski F, Padovani RC, Colantonio E. A meditação no esporte de alto rendimento: revisão sistematizada da literatura. *Pensar Prat.* 2018;21(2):459-77. doi: 10.5216/rpp.v21i2.48561.
2. Lauenstein JB, Bertelsen DM, Andersen LB. The effectiveness of exercise interventions to prevent sports injuries: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Br J Sports Med.* 2014;48(11):871-7. doi:10.1136/bjsports-2013-092538.
3. van Mechelen W, Hlobil H, Kemper HC. Incidence, severity, aetiology and prevention of sports injuries. A review of concepts. *Sports Med.* 1992;14(2):82-99. doi:10.2165/00007256-199214020-00002.
4. Gisselman AS, Baxter GD, Wright A, Hegedus E, Tumilty E. Musculoskeletal overuse injuries and heart rate variability: is there a link? *Med Hypotheses.* 2016; 87:1-7. doi: 10.1016/j.mehy.2015.12.003
5. Vanderlei LC, Pastre CM, Hoshi RA, Carvalho TD, Godoy MF. Basic notions of heart rate variability and its clinical applicability. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2009;24(2):205-17. doi:10.1590/s0102-76382009000200018.
6. Lima-Borges DS, Martinez PF, Vanderlei LCM, Barbosa FSS, Oliveira-Junior SA. Autonomic modulations of heart rate variability are associated with sports injury incidence in sprint swimmers. *Phys Sportsmed.* 2018;46(3):374-384. doi:10.1080/00913847.2018.1450606.
7. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gotzsche PC, Ioannidis JP, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *J Clin Epidemiol.* 2009;62(10):e1-34. doi: 10.1016/j.jclinepi.2009.06.006.
8. Shea BJ, Reeves BC, Wells G, Thuku M, Hamel C, Moran J, et al. AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both. *BMJ.* 2017;358:j4008. doi: 10.1136/bmj.j4008.
9. Muñoz-López A, Nakamura F, Orellana JN. Soccer matches but not training sessions disturb cardiac-autonomic regulation during national soccer team training camps. *Res Q Exerc Sport.* 2021;92(1):43-51. doi: 10.1080/02701367.2019.1708843.
10. Williams S, Booton T, Watson M, Rowland D, Altini M. Heart rate variability is a moderating factor in the workload-injury relationship of competitive CrossFit™ athletes. *J Sports Sci Med [Internet].* 2017 [cited 2021 Sep 27];16(4):443-9. Available from: <https://bit.ly/39KyrF8>
11. Leti T, Bricout VA. Interest of analyses of heart rate variability in the prevention of fatigue states in senior runners. *Auton Neurosci.* 2013;173(1-2):14-21. doi:10.1016/j.autneu.2012.10.007.
12. Baumert M, Brechtel L, Lock J, Hermsdorf M, Wolff R, Baier V, et al. Heart rate variability, blood pressure variability, and baroreflex sensitivity in overtrained athletes. *Clin J Sport Med.* 2006;16(5):412-7. doi:10.1097/01.jsm.0000244610.34594.07.
13. Kajaia T, Maskhulia L, Chelidze K, Akhalkatsi V, Kakhbrishvili Z. The effects of non-functional overreaching and overtraining on autonomic nervous system function in highly trained athletes. *Georgian Med News.* 2017;(264):97-103.

14. Bishop SA, Dech RT, Guzik P, Neary JP. Heart Rate Variability and implication for sport concussion. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2018; 38(5):733-42. doi: 10.1111/cpf.12487.
15. Johnson BD, O'Leary MC, McBryde M, Sackett JR, Schlader ZJ, Leddy JJ. Face cooling exposes cardiac parasympathetic and sympathetic dysfunction in recently concussed college athletes. *Physiol Rep*. 2018;6(9):e13694. doi:10.14814/phy2.13694.
16. Hutchison MG, Mainwaring L, Senthinathan A, Churchill N, Thomas S, Richards D. Psychological and physiological markers of stress in concussed athletes across recovery milestones. *J Head Trauma Rehabil*. 2017;32(3):E38-E48. doi:10.1097/HTR.0000000000000252.
17. Abaji JP, Curnier D, Moore RD, Ellemborg D. Persisting effects of concussion on Heart Rate Variability during physical exertion. *J Neurotrauma*. 2016;33(9):811-7. doi:10.1089/neu.2015.3989.
18. Senthinathan A, Mainwaring LM, Hutchison M. Heart Rate Variability of athletes across concussion recovery milestones: a preliminary study. *Clin J Sport Med*. 2017;27(3):288-95. doi:10.1097/JSM.0000000000000337.
19. Paniccia M, Taha T, Keightley M, Thomas S, Verweel L, Murphy J, et al. Autonomic function following concussion in youth athletes: an exploration of heart rate variability using 24-hour recording methodology. *J Vis Exp*. 2018;(139):58203. doi:10.3791/58203.
20. Gall B, Parkhouse W, Goodman D. Heart rate variability of recently concussed athletes at rest and exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36(8):1269-74. doi:10.1249/01.mss.0000135787.73757.4d.