

KITESURFING: MECANISMOS DE LESÃO E MARCADORES BIOQUÍMICOS

KITESURFING: INJURY MECHANISMS AND BIOCHEMICAL MARKERS

Marcos Terto Machado¹ e Marcelo Coertjens²

¹ Graduado em Fisioterapia, pela Universidade Federal do Piauí – UFPI, campus Parnaíba.

² Graduado em História e em Educação Física, com especialização em Fisiologia do Exercício e mestrado em Ciências do Movimento Humano, todos pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS; docente do Curso de Fisioterapia da Universidade Federal do Piauí – UFPI, campus Parnaíba.

Data de entrada do artigo: 28/10/2011

Data de avaliação do artigo: 17/11/2011

Data de aceite do artigo: 12/12/2011

RESUMO

Introdução: o *kitesurfing* é um esporte aquático em que o praticante utiliza a força do vento para deslizar-se com uma prancha sobre a água por meio de uma pipa controlável, estando o indivíduo sujeito a impactos, rápidas distensões e atividades excêntricas que podem causar danos musculoesqueléticos e oxidativos. **Objetivo:** revisar na literatura os mecanismos envolvidos na lesão em praticantes de *kitesurfing* e o papel desempenhado pela *creatine kinase* (CK) como marcadora de lesão esportiva. **Materiais e métodos:** trata-se de uma revisão narrativa onde foram incluídos trabalhos científicos publicados entre 1984 a 2011, a partir de buscas feitas nos idiomas inglês, português e alemão, das bases de dados do PubMed, Bireme, SciELO e Google Acadêmico com a combinação de palavras-chave. Foram encontrados 254 trabalhos e selecionados 72. **Resultados:** poucos trabalhos específicos sobre o *kitesurfing* foram encontrados, totalizando seis; destes, cinco estiveram preocupados em analisar a apenas a incidência das lesões e somente um os aspectos fisiológicos do esporte em referência. Neste sentido, nenhum trabalho esteve preocupado em analisar os mecanismos de geração de lesão e sua repercussão no nível tecidual e bioquímico. **Conclusão:** os níveis sanguíneos da CK, bem como seu comportamento ao longo do tempo, podem variar em função do tipo e da intensidade do exercício realizado. A quantidade de musculatura recrutada, a característica da contração muscular e a intensidade influenciarão na extensão e na gravidade da lesão. Neste sentido, o *kitesurfing* torna-se um interessante modelo para o estudo do comportamento das enzimas marcadoras de lesão muscular.

Palavras-chave: Esportes; Lesão; Sistema musculoesquelético; Creatina quinase.

ABSTRACT

Introduction: Kitesurfing is a water sport where the practitioner uses the wind to slide with a surfboard on the water by a controllable kite being the individual subjected to impacts, strains and fast eccentric activities that can cause musculoskeletal and oxidative damage. **Objective:** To review the literature on the mechanisms involved in kitesurfing injury practitioners and the role of creatine kinase (CK) as a marker of sports injuries. **Materials and methods:** This is a narrative review which included papers published between 1984 to 2011 based on searches done in English, Portuguese and German databases of PubMed, BIREME, SciELO and Google Scholar with the combination of keywords. We found 254 papers and selected 72. **Results:** Few studies have been found inherent in Kitesurfing, totaling six, five of these were concerned in analyzing only the incidence of injuries and only a physiological aspects of this sport. In this sense, no work has been concerned in analyzing the generation mechanisms of injury and its consequences at the tissue level and biochemist. **Conclusion:** Blood levels of CK, as well as their behavior over time may vary depending on the type and intensity of exercise performed. The amount of muscle recruited, the character and intensity of muscle contraction will influence the extent and severity of the injury. In this sense, Kitesurfing, it becomes an interesting model to study behavior of enzyme markers of muscle damage.

Keywords: Sports, Injury; Musculoskeletal System; Creatine Kinase.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a Ciência do Esporte tem realizado a avaliação de diferentes tipos de marcadores bioquímicos a fim de compreender os mecanismos envolvidos no desencadeamento de uma lesão musculoesquelética. Dentre os objetivos, pode ser mencionada a prevenção ou a diminuição da interrupção do treinamento físico, de forma a melhorar a qualidade da preparação do atleta e seu desempenho. Dentre esses marcadores, podem ser citados os valores séricos de determinadas enzimas, tais como a *creatine kinase* (CK), a lactato desidrogenase (LDH) e a aspartato aminotransferase (AST). Estas enzimas são utilizadas como marcadoras de dano musculotendíneo pelo fato de serem citoplasmáticas e impermeáveis à membrana plasmática, apresentando aumento de seus valores séricos⁽¹⁻⁵⁾. Níveis aumentados dessas moléculas no líquido extracelular podem indicar uma alteração da permeabilidade da membrana ou rompimento desta, sendo provocada pelo exercício físico⁽⁶⁻¹¹⁾.

Pesquisas realizadas em diferentes esportes e tipos de exercícios, tais como futebol⁽¹²⁻¹⁶⁾, futsal⁽¹⁷⁾, rúgbi⁽¹⁸⁾, corrida em esteira⁽¹⁹⁾, corrida de longa duração^(20, 21), basquetebol⁽²²⁾, ciclismo⁽²³⁾, natação⁽²⁴⁾, meia-maratona^(25, 26) e voleibol⁽¹¹⁾, dentre outros, têm se dedicado a analisar os mecanismos de geração de lesão através da avaliação desses marcadores. Esportes de contato, que sofram o efeito ou a influência do impacto e aqueles que possuam um elevado componente de força excêntrica, apresentam valores aumentados dessas enzimas, podendo estender-se por alguns minutos ou até 72 horas após a realização dessas atividades^(27, 28).

Outros trabalhos têm se preocupado, principalmente, em quantificar as regiões do corpo onde essas danificações teciduais são mais frequentes, sem se preocuparem com a avaliação bioquímica da lesão. Este tipo de metodologia tem sido observada em esportes novos relacionados com atividades de aventura na natureza, tais como o *windsurfing*⁽²⁹⁻³²⁾, o *snowboarding*⁽³³⁾, o *surfing*⁽³⁴⁾, o iatismo⁽³⁵⁾ e o *kitesurfing*⁽³⁶⁻⁴⁰⁾.

O *kitesurfing* é um esporte aquático relativamente novo, formado por uma combinação de outras modalidades esportivas, tais como *surfing*, *windsurfing*, *wakeboarding* e *powerkiting*⁽⁴¹⁾. Durante sua prática, o indivíduo utiliza a força do vento para deslizar com uma prancha sobre a água por meio de um *kite* (pipa, paraquedas) manobrável. Este deslizamento se dá em virtude da interação entre forças de meios fluidos da água em relação à prancha e do ar em relação à pipa^(38, 42).

As principais categorias competitivas do *kitesurfing* são as seguintes: *freestyle*, *wave*, *hang time*, velocidades e regata (travessia). Dentre essas, a *freestyle* é a mais popular e é nela que o velejador precisa realizar muitos movimentos e saltos enquanto é avaliado por juizes, vencendo aquele que executar as melhores manobras e saltos no ar. Apesar de alguns autores constatarem que, na modalidade regata, o esforço físico exigido pelo praticante seja de baixa e média intensidade⁽⁴¹⁾, sabe-se que na modalidade *freestyle* são necessárias demandas energéticas mais elevadas para a realização destes movimentos, pois eles requerem acentuada potência muscular e mobilidade articular na realização de determinadas manobras. Neste sentido, esta modalidade do esporte exige um sistema musculoesquelético adaptado de forma que se obtenha um menor índice de lesão já que apresenta riscos, especialmente, às estruturas articulares e musculoesqueléticas, proporcionados pelo repetitivo impacto da prancha na água, por um elevado componente de contração excêntrica e rápidas distensões musculares^(42, 43). Alguns autores têm demonstrado que as lesões mais comuns verificadas no *kitesurfing* são as que seguem: contusões, abrasões, dilacerações, entorses e fraturas, sendo que pé e tornozelo (28%), cabeça (14%), tórax e joelho (13%) são as regiões mais acometidas na prática esportiva⁽³⁸⁾.

Outros pesquisadores verificaram as maiores incidências nos joelhos e nos pés, sendo as manobras (58%) consideradas o principal mecanismo envolvido no desencadeamento das lesões⁽⁴⁴⁾. Esta modalidade esportiva vem crescendo significativamente em popularidade nos últimos anos, e a carência de estudos científicos referentes à sua prática contrasta com um esporte que exige de seu praticante destreza técnica, equilíbrio, mobilidade articular, resistência e força muscular de membros superiores, inferiores e do tronco. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é revisar na literatura os mecanismos envolvidos na lesão em praticantes de *kitesurfing* e o papel desempenhado pela CK durante a prática esportiva.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Métodos

Este estudo caracteriza-se como uma revisão narrativa, na qual foram incluídos trabalhos científicos publicados no período de 1984 a 2011, resultantes de buscas feitas nos idiomas inglês e português nas bases de dados do PubMed¹, Bireme², SciELO³ e Google Acadêmico, com a

¹ Banco de dados desenvolvido pelo *National Center for Biotechnology Information – NCBI*.

² Biblioteca Regional de Medicina.

³ *Scientific Electronic Library Online*

combinação das seguintes palavras-chave: *sports, kitesurfing, eccentric exercise, lesion, injury* e *creatine kinase*. Foram encontrados 254 trabalhos que se enquadravam no tema desta revisão. Foram incluídos artigos originais, de revisão e dissertações que se referissem à lesão em esportes com características semelhantes ao *kitesurfing*, tanto em sua prática como em seus mecanismos de lesão. Foram incluídos, também, trabalhos que discutissem a cinética da CK no sangue. Neste sentido, acabaram selecionados 72 trabalhos para integrar a revisão. Foram excluídos aqueles que, mesmo apresentando os unitermos utilizados para busca, não contemplassem os principais tópicos abordados neste estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a prática do *kitesurfing*, o atleta desliza na água com sua prancha, impulsionado pela ação do vento sobre seu *kite*, podendo desenvolver velocidades elevadas e realizar muitos saltos. Para a realização dessas manobras, o atleta acaba desenvolvendo movimentos de alta intensidade e de grandes amplitudes articulares que, posteriormente, podem vir a trazer sérios danos às suas estruturas musculoesqueléticas. É elevada a frequência de torções no punho e no tornozelo, pelo fato do pé ficar fixo na prancha, somadas ainda a torção e a tração no ombro, para ficar suspenso na barra durante as manobras. Para suspender o corpo no ar, o atleta acaba realizando flexão de quadril que exige elevada força dos músculos abdominais para estabilizar a pelve e suportar o peso dos membros inferiores, seguidas por repentinas hiperextensões vertebrais. Além disso, a elevada frequência dos saltos aumenta a intensidade do impacto articular que ocorre durante a aterrissagem das manobras ou pela ação intermitente das ondulações que acabam descontrolando o deslizamento da prancha, exigindo sustentação e estabilização das articulações do tornozelo e joelho.

O *freestyle* é uma modalidade do *kitesurfing* que exige dos atletas destreza, velocidade e potência, pois nela o velejador precisa realizar muitos saltos e movimentos enquanto é avaliado por juízes, vencendo aquele que executar as melhores manobras no ar. Para a realização dessas tarefas, é exigido do atleta força muscular e estabilização das articulações em grandes amplitudes. Os principais grupos musculares exigidos são os abdominais e extensores da coluna, flexores e extensores horizontais de ombro, adutores de escápula, flexores de cotovelo, punho e quadril, extensores de joelho e estabilizadores do ombro e do tornozelo. Essas exigências se

devem às inúmeras situações inesperadas a que o atleta de *kitesurfing* está sujeito em função da irregularidade das ondulações e dos saltos, que proporcionam mudanças bruscas de movimento, caracterizadas por flexões, extensões, rotações, torções e trações articulares inesperadas exigindo uma elevada resposta proprioceptiva. As contrações musculares se caracterizam por uma constante relação concêntrico-excêntrica de pequena amplitude angular exigida durante o deslizamento sobre as ondulações e um elevado componente excêntrico durante as aterrissagens. Contrações concêntricas de potência são necessárias, também, para a realização das manobras. Portanto, uma adequada adaptação e preparação do sistema musculoesquelético é necessária para a diminuição de lesões, pois o impacto articular somado à fraqueza muscular e a déficits proprioceptivos põe em risco a saúde do atleta, favorecendo o aparecimento de lesões e prejudicando a dedicação aos treinamentos.

Nos últimos anos, o número de praticantes de *kitesurfing* tem aumentado em diferentes lugares do mundo e, acompanhando esse crescimento, tem-se acentuado o número de lesões e acidentes que chegam a resultar, em alguns casos, em morte⁽⁴⁵⁾. Dentre os estudos já realizados a respeito destes incidentes, pode ser citado o de Nickel *et al.*⁽³⁸⁾, que relataram um total de 124 lesões durante uma temporada de seis meses em 17.728 horas de prática de *kitesurfing* realizado por 235 velejadores. Neste trabalho, as contusões, abrasões, dilacerações, entorses e fraturas foram as lesões mais frequentes ao passo que o pé e tornozelo (28%), cabeça (14%), joelho e tórax (13%) foram as regiões do corpo mais acometidas. Petersen *et al.*⁽³⁹⁾, analisando o mecanismo e a prevenção de lesões no *kitesurfing*, verificaram 31 acidentes em 72 kitesurfistas. Do total de lesões do estudo, cinco atletas sofreram fraturas e os demais tiveram ferimentos leves que não necessitaram de tratamento médico. Houve a ocorrência de acidentes adicionais e um windsurfista ficou gravemente ferido. A média de incidência de lesões no *kitesurfing* foi de uma lesão em mil horas de prática. O mecanismo que mais gerou lesão foi o trauma direto contra outros objetos, tais como pedras e barcos ancorados na praia e colisões com barcos de *windsurfing*. As situações que mais resultaram em danos foram a perda do controle do *kite* na praia ou perto desta, a inabilidade do praticante e erros técnicos, asas desproporcionais e condições inadequadas da força dos ventos.

Cruz *et al.*⁽⁴⁶⁾, buscando avaliar a prevalência de lesões desportivas musculoesqueléticas nos

praticantes de *kitesurfing* no Estado da Paraíba, verificaram que 72% dos kitesurfistas tiveram algum tipo de lesão advinda da prática deste esporte, sendo que tais ocorrências assim se dividiram: 27% acometeram os membros inferiores; 9%, os membros superiores; e 2%, danos no tronco. O joelho (70%) e as mãos (44%) foram as partes do corpo mais acometidas e a entorse foi a principal lesão (nove entorses). Foi verificado que o mecanismo que mais gerou lesão (48%) foram as aterrissagens, e o joelho foi a região mais afetada devido aos movimentos de rotação durante a flexão ou por receber repetitivos impactos em função dos pousos.

Em relação a casos mais graves, Spanjersberg & Schipper⁽⁴⁵⁾ analisaram, ao longo de três anos, os acidentes provenientes do *kitesurfing* através do serviço de emergência médica. Neste período, o serviço foi requisitado cinco vezes, sendo que em um destes ocorreu a morte de um velejador. Os principais mecanismos de trauma foram cortes e machucados, traumas por impacto proveniente de colisões, quedas durante aterrissagens e afogamento.

Estudo de Exadaktylos *et al.*⁽⁴⁷⁾, contando com a ajuda do serviço médico aéreo da Cidade do Cabo,, na África do Sul, verificou cerca de 800 voos de helicóptero durante o período de primeiro de outubro de 2003 a primeiro de maio de 2004, das quais 121 missões de resgate foram realizadas. Contabilizou-se um total de 25 acidentes (83%) pela perda de controle sobre a pipa por ventos muito fortes e estando o praticante longe da praia, ou por incapacidade de lançar a pipa fora da costa em virtude de ventos fracos. Cinco missões de resgate (17%) diagnosticaram lesões as quais incluíam fraturas de úmero, costelas e tornozelo, dilacerações e contusões de cabeça e pescoço. Dois pacientes sofreram hipotermia e exaustão severa. Todos os atletas eram do sexo masculino, não usavam colete de proteção e nenhum acidente fatal foi verificado.

Exadaktylos *et al.*⁽⁴⁷⁾ e Nickel *et al.*⁽³⁸⁾ sugeriram que as lesões poderiam ser diminuídas se meios de prevenção fossem tomados, tais como o uso adequado de equipamentos de segurança e proteção: colete flutuante, capacete e um sistema que permite desprender o velejador do *kite*. Os estudos citados que analisaram a incidência de lesões no *kitesurfing* costumam concordar que, dentre as situações mais observadas, o trauma por impacto advindo das quedas foi causado em virtude da perda de controle do *kite* com a inabilidade de liberá-lo do trapézio, um aparato para fixação ao corpo^(38, 39, 45-47). Este tipo de situação costuma atingir, especialmente, praticantes iniciantes.

Berneira *et al.*⁽⁴⁴⁾ realizaram um estudo com o objetivo de verificar o tipo, a região do corpo e o agente causador de lesões em praticantes de *kitesurfing* entre agosto e setembro de 2009 nas cidades de Pelotas e Rio Grande (Rio Grande do Sul, Brasil). Por meio de um questionário com perguntas abertas e fechadas aplicado em uma amostra de 50 praticantes, foram observadas 73 lesões entre os participantes do estudo, e grande parte deles apresentou múltiplas lesões, sendo a entorse (36%) a lesão mais citada, seguida da contusão (22%) e, depois, das distensões (16%). Os membros inferiores sofreram 51% das lesões, com o joelho sendo a região mais acometida, seguido de tornozelos e pés, coxas e pernas; 29% das lesões foram relatadas em membros superiores e acometeram ombros, mãos e dedos e, por fim, braços, e 21% dos participantes do estudo relataram lesões na cabeça e no tronco. As manobras foram as maiores causadoras das lesões (58%), seguidas dos equipamentos (15%) e, por fim, manobras mais equipamentos (14%). Os autores ressaltaram a importância da realização de um trabalho proprioceptivo e de flexibilidade de tronco e membro inferiores e de um trabalho de resistência muscular global.

Entretanto, todos os trabalhos analisados referentes ao *kitesurfing* se preocuparam em avaliar a ocorrência de lesões e acidentes do tipo incapacitantes, e somente um interessou-se pelos aspectos fisiológicos do esporte. Nenhum deles se preocupou em avaliar os aspectos relacionados com o microtrauma ou microlesão em nível muscular ou conjuntivo antes da formação de uma lesão incapacitante. A análise do processo de formação de uma lesão incapacitante, antes mesmo de seu aparecimento, é relevante, pois permite compreender, antecipadamente, os mecanismos envolvidos na sua formação de forma a prevenir o afastamento do indivíduo para tratamento e reabilitação. Uma lesão pode ser o resultado agudo de um evento traumatizante que tenha ocorrido com o atleta em determinado momento, ou pode ser o resultado de uma série de microtraumatismos que ocorrem sempre que é realizada a atividade física, sem que seja desencadeada uma lesão incapacitante. Neste caso, a lesão poderá aparecer, por exemplo, em função de esforços ou estímulos repetitivos que irão danificando o tecido até o ponto de impossibilitar a continuação dos movimentos^(37-40, 44).

Neste sentido, diversos estudos ressaltam a importância da avaliação de marcadores séricos de lesão como forma de analisar a geração e a progressão de um microtraumatismo nas estruturas teciduais, em virtude da relação existente entre o estímulo (exercício) e as enzimas cito-

plasmáticas. A ocorrência de lesões durante a realização de exercícios físicos apresenta relação com as características específicas da atividade física executada. O impacto no solo e na água, contusões e choques em situações de contato físico, torções articulares, estiramentos musculares, mobilizações articulares associadas com potência e elevado percentual de contrações de tipo excêntrica são fatores que caracterizam diferentes tipos de esportes e exercícios físicos (2, 24, 28, 48, 49). Essas características associadas com a intensidade em que o esporte está sendo praticado irão influenciar no grau de elevação e na duração em que esses marcadores permanecerão na corrente sanguínea. Neste sentido, diversos tipos de parâmetros bioquímicos têm sido utilizados, como marcadores bioquímicos de lesão celular; dentre eles, podem ser citadas as enzimas CK, LDH e AST (5, 11, 50, 51).

A CK é uma proteína globular dimérica composta de duas subunidades divididas em três isoformas distintas: CK-1 ou CK-BB, que predomina no cérebro; CK-2 ou CK-MB, forma híbrida, que predomina no miocárdio; e CK-3 ou CK-MM, que é encontrada, principalmente, no sistema musculoesquelético. A função no tecido muscular da CK é ajudar o metabolismo na ressíntese de ATP, sendo responsável pela degradação da CP, liberando energia pela separação do Pi e ligando-o a uma molécula de ADP (52, 53).

Esta enzima encontra-se no citoplasma da célula e é impermeável à membrana plasmática. Durante o esforço físico, estímulos provenientes da atividade podem proporcionar a ocorrência de lesões musculotendíneas, as quais estão relacionadas com o rompimento de membranas e, dessa forma, com a liberação de CK-MM para o espaço intersticial e para a corrente sanguínea. Concentrações elevadas desta enzima na corrente sanguínea podem ser, portanto, específicas de lesão celular musculoesquelética (8, 9, 54, 55).

Valores aumentados destas enzimas têm sido relacionados com atividades físicas que, por exemplo, desencadeiem acúmulo de ácido láctico, desequilíbrio na homeostase intracelular do Ca^{++} (56-58) e do K^+ e formação de espécies reativas de oxigênio (EROs) (59-61). Dentre as atividades relacionadas com o aumento na geração de lesão tecidual, podem ser ressaltadas aquelas com elevado percentual de contrações excêntricas. Nestas atividades, a lesão tecidual ocorre pelo fato dos sarcômeros, mais frágeis, serem incapazes de suportar as cargas elevadas exercidas por este tipo de atividade induzindo sua ruptura (9, 62). Na contração excêntrica, recrutam-se menos unidades motoras em virtude da ação do componente elástico muscular na manutenção da

carga externa. O tecido conectivo é estirado de forma importante provocando maior tensão no citoesqueleto (28). O acometimento muscular surge pelo aumento de tensão nas fibras ativas, somado à tensão passiva do tecido conectivo. Esse fato leva a um aumento de tensão na área de secção transversa ativa do músculo, promovendo um estresse mecânico nas fibras musculares (49, 63).

O aumento da CK após atividades excêntricas provavelmente está relacionada à significativa associação com a formação de radicais livres. Elevações no consumo de oxigênio durante a prática física estão diretamente ligadas a aumentos na produção de EROs que, por sua vez, induzem o surgimento de danos musculares ou, até mesmo, processos inflamatórios (59, 64, 65). Dependendo da intensidade e duração do exercício, o dano pode ocorrer microscopicamente, em especial quando são realizadas atividades às quais o indivíduo não esteja acostumado. Dor muscular tardia, edema e restrição do movimento podem ocorrer, mantendo a atividade sérica da CK elevada até 48 horas após o exercício (58). Esta situação pode provocar o aumento de Ca^{++} liberado para o citoplasma muscular, ativando enzimas que causam degradação proteica e alteração da morfologia dos sarcômeros (28, 62). A consequência desses eventos produzirá acentuada descontinuidade das linhas Z, desestabilizando o mecanismo deslizante da actina-miosina, fundamental para a contração muscular, exacerbando o micro trauma musculoesquelético e gerando a lesão muscular (28, 58, 62, 63).

O tempo de liberação e de permanência na corrente sanguínea ou a magnitude das alterações nos níveis séricos da CK dependem das condições nas quais o exercício físico é executado, tais como o tipo de atividade, a velocidade e a amplitude do movimento executado, a duração do exercício físico, além de idade, sexo e massa muscular específicos do indivíduo (66, 67). De uma forma geral, a literatura tem verificado que o início da liberação da CK ocorre logo após a realização de exercícios, especialmente naqueles com predominância excêntrica (27, 28). Corroborando esta afirmação Lippi *et al.* (25), ao avaliarem os valores séricos da CK na corrente sanguínea, verificaram que a liberação da enzima proteica para a circulação acontece imediatamente após corrida de meia-maratona de 21 quilômetros.

Estudos têm demonstrado que os picos máximos da CK na corrente sanguínea podem ocorrer em diferentes momentos após o exercício físico. Alguns apontam que, em treinamento de força, a CK pode alcançar seu pico oito horas após a

realização do esforço ⁽⁶⁸⁾. Estudos com exercício de caminhada em declive ⁽⁶⁹⁾, trabalhos analisando duas partidas de rúgbi ⁽¹⁸⁾ e estudos com corredores realizando percurso de 30 quilômetros ⁽²¹⁾ apontam que a concentração sanguínea da CK atinge seu pico 24 horas após a prática desses exercícios. A CK pode atingir seu pico máximo entre 24 e 48 horas após uma maratona de longa distância ⁽⁷⁰⁾. Para Milias *et al.* ⁽⁷¹⁾, o pico desta enzima foi verificado após as 48 horas de realização de exercício excêntrico. O mesmo pode ser observado no estudo de Ispiridis ⁽¹⁴⁾, onde foi analisada uma partida de futebol e verificou-se que a CK atinge seu pico após 48 horas. Fell *et al.* ⁽²³⁾ avaliaram ciclistas treinados durante três dias consecutivos de testes em cicloergômetro com 30 minutos de duração e verificaram que o pico da CK também ocorre após o segundo dia de teste. Outros estudos verificaram o pico da CK 72 horas após a prática de 90 minutos durante três dias consecutivos de exercícios aeróbicos em cicloergômetro ⁽⁹⁾.

Em se tratando do período de extensão das enzimas acima dos valores de repouso, estudos realizados com corredores de meia-maratona demonstraram que os níveis de CK aumentam imediatamente após a corrida e podem perma-

necer elevados por cerca de até 24 horas depois do esforço praticado ⁽²⁵⁾. Entretanto, foi verificado, em outros trabalhos, que os níveis séricos de CK e sintomas associados à dor muscular tardia podem permanecer elevados por até sete dias após uma maratona de ultradistância ^(63, 72).

4. CONCLUSÃO

Dessa forma, é possível concluir que os níveis sanguíneos da CK, bem como seu comportamento ao longo do tempo, podem variar em função do tipo e da intensidade do exercício executado. O tipo de contração muscular, a quantidade de musculatura recrutada e o impacto característico de um exercício com determinada intensidade irão influenciar a extensão e a gravidade da lesão, que pode ser atribuída, igualmente, a erros técnicos cometidos pelo praticante. Neste sentido, o *kitesurfing* tornou-se um importante modelo para o estudo do comportamento de enzimas marcadoras de lesão muscular. As características do esporte nas suas diferentes modalidades favorecem o aparecimento de lesões e traumas articulares. Além de ser um esporte novo e de crescente popularidade, poucos estudos fisiológicos foram desenvolvidos desde então.

REFERÊNCIAS

1. Brancaccio P, Lippi G, Maffulli N. Biochemical markers of muscular damage. *Clin Chem Lab Med* 2010 Jun; 48(6): 757-67.
2. Brancaccio P, Maffulli N, Limongelli FM. Creatine kinase monitoring sport medicine. *Br Med Bull* 2007 Jun; 81-82(1): 209-30.
3. Foschini D, Prestes J, Charro AM. Relação entre exercício físico, dano muscular e dor muscular de início tardio. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2007 mar; 9(1): 101-06.
4. Lee J, Goldfarb AH, Rescino MH, Hegde S, Patrick S, Apperson K. Eccentric exercise effect on blood oxidative-stress markers and delayed onset of muscle soreness. *Med Sci Sports Exerc* 2002 Mar; 34(4): 443-48.
5. Machado M, Breder AC, Ximenes MC, Simões JR, Vigo JFF. Caffeine supplementation and muscle damage in soccer players. *Bras J Pharm Sci* 2009 abr/jun; 45(2): 257-61.
6. Chevion S, Moran SD, Heled Y, Shani Y, Regev G, Abbou B, *et al.* Plasma antioxidant status and cell injury after severe physical exercise. *Proc Natl Acad Sci USA* 2003 Apr; 100(9): 5.119-23.
7. Lippi G, Banfi G. Exercise-related increase of cardiac troponin release in sports: an apparent paradox finally elucidated? *Clin Chim Acta* 2010 Apr; 411(7-8): 610-11.
8. Sayers SP, Clarkson PM. Short-term immobilization after eccentric exercise. Part II: Creatine kinase and myoglobin. *Med Sci Sports Exerc* 2003 May; 35(5): 762-68.
9. Totsuka M, Nakaji S, Suzuki K, Sugawara K, Sato K. Break point of serum creatine kinase release after endurance exercise. *J Appl Physiol* 2002 Oct; 93(4): 1.280-86.
10. Willoughby DS, Mcfarlin B, Bois C. Interleukin-6 expression after repeated bouts of eccentric exercise. *Int J Sports Med* 2003 Jan; 24(1): 15-21.
11. Witek K. Changes in serum lipid profile of elite Volleyball players in the competition period. *Biomed Hum Kinet* 2009; 1(1): 63-66.
12. Brites FD, Evelson PA, Christiansen MG, Nicol MF, Basílico MJ, Wikinski RW, *et al.* Soccer players under regular training show oxidative stress but an improved plasma antioxidant status. *Clin Sci (Lond)* Apr 1999; 96(4): 381-85.

REFERÊNCIAS

13. Cosendey AE, Moraes SM, Diniz APS, Araújo CF. Avaliação bioquímica e hematológica da 1ª turma feminina de cadetes da Força Aérea Brasileira. *Rev Bras Anal Clin* 2003; 35(1): 11-15.
14. Ispirlidis I, Fatouros IG, Jamurtas AZ, Nikolaidis MG, Michailidis I, Douroudos I, *et al.* Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. *Clin J Sports Med* 2008 Sep; 18(5): 423-31.
15. Lazarim FL, Antunes-Neto JM, da Silva FO, Nunes LA, Bassini-Cameron A, Cameron LC, *et al.* The upper values of plasma CK of professional soccer players during the Brazilian National Championship. *J Sci Med Sport* 2009 Jan; 12(1): 85-90.
16. Miliadis GA, Nomikos T, Fragopoulou E, Athanasopoulos S, Antonopoulou S. Effects of eccentric exercise-induced muscle injury on blood levels of platelet activating factor (PAF) and other inflammatory markers. *Eur J Appl Physiol* 2005 Dec; 95(5-6): 504-13.
17. Souza CT, Medeiros C, Silva LA, Silveira TC, Silveira PC, Pinho CA, *et al.* Avaliação sérica de danos musculares e oxidativos em atletas após partida de futsal. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2010; 12(4): 269-74.
18. Takarada Y. Evaluation of muscle damage after a Rugby match with special reference to tackle plays. *Br J Sports Med* 2003 Oct; 37(5): 416-19.
19. Eston RG, Finney S, Baker S, Baltzopoulos V. Muscle tenderness and peak torque changes after downhill running following a prior bout of isokinetic eccentric exercise. *J Sports Sci* 1996 Aug; 14(4): 291-99.
20. Fallon KE, Sivyer G, Sivyer K, Dare A. The biochemistry of runners in a 1600 km ultramarathon. *Br J Sports Med* 1999 Aug; 33(4): 264-69.
21. Santos RV, Bassit RA, Caperuto EC, Costa RLF. The effect of creatine supplementation upon inflammatory muscle soreness markers after a 30 km race. *Life Sci* 2004 Sep; 75: 1.917-24.
22. Foschini D, Prestes J, Leite RD, Leite GS, Donato FF, Urtado BC, *et al.* Respostas hormonais, imunológicas e enzimáticas agudas a uma partida de basquetebol. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2008; 10(4): 341-48.
23. Fell J, Haseler L, Gaffney P, Reaburn P, Harrison G. Performance during consecutive days of laboratory time-trials in young and veteran cyclists. *J Sports Med Phys Fitness* 2006 Sep; 46(3): 395-402.
24. Mougios V. Reference intervals for serum Creatine Kinase in athletes. *Br J Sports Med* 2007 Oct; 41(10): 674-78.
25. Lippi G, Schena F, Salvagno GL, Montagnana M, Gelati M, Tarperi C, *et al.* Acute variation of biochemical markers of muscle damage following a 21-km, half-marathon run. *Scand J Clin Lab Invest* 2008; 68(7): 667-72.
26. Siqueira LO, Muccini T, Agnol DI, Filla L, Tibbolla P, Luvison A, *et al.* Análise de parâmetros bioquímicos séricos e urinários em atletas de meia-maratona. *Arq Bras Endocrinol Metab* 2009 Out; 53(7): 53-57.
27. Li G, Feng X, Wang S. Effects of Cu²⁺/Zn²⁺ superoxide dismutase on strain injury-induced oxidative damage to skeletal muscle in rats. *Physiol Res* 2005; 54(2): 193-99.
28. Lindstedt SL, LaStayo PC, Reich TE. When active muscles lengthen: properties and consequences of eccentric contractions. *News Physiol Sci* 2001 Dec; 16(6): 256-61.
29. Gosheger G, Jägersberg K, Linnenbecker S, Meissner HJ, Winkelmann W. Injury patterns and prevention in World Cup Windsurfing. *Sportverletz Sportschaden* 2001 Jun; 15(2): 50-54.
30. Kalogeromitros A, Tsangaris H, Bilalis D. Severe accidents due to windsurfing in the Aegean Sea. *Eur J Emerg Med* 2002 Jun; 9(2): 149-54.
31. Petersen W, Rau J, Hansen U, Zantop T, Stein V. Mechanisms and prevention of Windsurfing injuries. *Sportverletz Sportschaden* 2003 Sep; 17(3): 118-22.
32. Prymka M, Plötz GM, Jerosch J. Injury mechanisms in windsurfing regatta. *Sportverletz Sportschaden* 1999 Dec; 13(4): 107-11.
33. Floyd T. Alpine skiing, snowboarding, and spinal trauma. *Arch Orthop Trauma Surg* 2001 Sep; 121(13): 433-36.
34. Nathanson A, Bird S, Dao L, Tam-Sing K. Competitive surfing injuries: a prospective study of surfing-related injuries among contest

REFERÊNCIAS

- surfers. *Am J Sports Med* 2007 Jan; 35(1): 113-17.
35. Fontoura HS, Oliveira RJ. Prevalência de lesões no pé, tornozelo, joelho e coluna vertebral no iatismo. *Lecturas Educación Física y Deportes* [periódico na Internet] 2005 Ago; 10(87) [acesso em 5 mai 2007]. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/efd87/lesoes.htm>>.
36. Buchholz S, Rudan G. A professional kitesurfer with multiple liver lesions. *Med J Aust* 2007 Nov; 187(10): 590-91.
37. Kristen K, Kröner A. Kitesurfing – surfen mit lenkdrachen. Präsentation und risikoabschätzung einer neuen trendsportart. *Sportorthopädie Sporttraumatologie* 2001; 17: 253-59.
38. Nickel C, Zernial O, Musahl V, Hansen U, Zantop T, Petersen W. A prospective study of kitesurfing injuries. *Am J Sports Med* 2004 Jun; 32(4): 921-27.
39. Petersen W, Hansen U, Zernial O, Nickel C, Prymka M. Mechanisms and prevention of kitesurfing injuries. *Sportverletz Sportschaden* 2002 Sep; 16(3): 115-21.
40. Petersen W, Nickel C, Zantop T, Zernial O. Kitesurfing injuries. A trendy youth sport. *Der Orthopäde* 2005 May; 34(5): 419-25.
41. Vercruyssen F, Blin N, L'huillier D, Brisswalter J. Assessment of physiological demand in kitesurfing. *Eur J Appl Physiol* 2009 Jan; 105(1): 103-09.
42. Lundgren L, Olandersson S, Hilliges M, Osvalder A. Biomechanics of extreme sports – a kitesurfing scenario. Proceedings of the Nordic Ergonom Society (NES) Conference. 2007, Oct, 1-3. Lysekil, Sweden. Lysekil: NES, 2007.
43. Fong DT, Hong Y, Chan LK, Yung PS, Chan KM. A systematic review on ankle injury and ankle sprain in sports. *Sports Med* 2007; 37(1): 73-94.
44. Berneira OJ, Domingues RM, Medeiros AM, Vaghetti OAC. Incidência e características de lesões em praticantes de *kitesurf*. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2011; 13(3): 195-201.
45. Spanjersberg WR, Schipper IB. Kitesurfing: when fun turns to trauma-the dangers of a new extreme sport. *J Trauma* 2007 Sep; 63(3): E76-80.
46. Cruz W, Paula M, Cruz N. Prevalência das lesões desportivas musculoesqueléticas nos praticantes de *kitesurf* do Estado da Paraíba. *Rev Ciênc Saúde* 2009 nov; especial: 108.
47. Exadaktylos AK, Sclabas GM, Blake I, McCormick G, Swemmer K, Erasmus P. The kick with the kite: an analysis of kite surfing related off shore rescue missions in Cape Town, South Africa. *Br J Sports Med* 2005 May; 39(5 e26): 270-74.
48. Bruunsgaard H, Galbo H, Halkjaer-Kristensen J, Johansen TL. Exercise-induced increase serum interleukin-6 in humans is related to muscle damage. *J Physiol* 1997 Mar; 499(Pt 3): 833-41.
49. Fridén J, Lieber RL. Segmental muscle fiber lesions after repetitive eccentric contractions. *Cell Tissue Res* 1998 Jul; 293(1): 165-71.
50. Brancaccio P, Limongelli FM, Maffulli N. Monitoring of serum enzymes in sport. *Br J Sports Med* 2006 Feb; 40(2): 96-97.
51. Purge P, Jürimäe J, Jürimäe T. Hormonal and psychological adaptation elite male rowers during prolonged training. *J Sports Sci* 2006 Oct; 24(10): 1.075-82.
52. Field ML, Khan O, Abbaraju J, Clark JF. Functional compartmentation of glycogen phosphorylase with creatine kinase and Ca²⁺ ATPase in skeletal muscle. *J Theor Biol* 2006 Jan; 238(2): 257-68.
53. Katiriji B, Jaber MM. Creatine kinase revisited. *J Clin Neuromuscul Dis* 2001 Mar; 2(3): 158-63.
54. Apple FS, Hellsten Y, Clarkson PM. Early detection of skeletal muscle injury by assay of creatine kinase MM isoforms in serum after acute exercise. *Clin Chem* 1988 Jun; 34(6): 1.102-04.
55. Warren GL, Ingalls CP, Lowe DA, Armstrong RB. Excitation contraction uncoupling: major role in contractions induced muscle injury. *Exerc Sports Sci Rev* 2001 Apr; 29(2): 82-7.
56. Armstrong, R. Mechanisms of exercise induced delayed onset muscular soreness: a brief review. *Med Sci Sports Exerc* 1984 Dec; 16(6): 529-38.
57. Byrd, SK. Alterations in the sarcoplasmic reticulum: possible link to exercise-induced muscle damage. *Med Sci Sports Exerc* 1992 May; 24(5): 531-36.

REFERÊNCIAS

58. Close GL, Kayani A, Vasilaki A, McArdle A. Skeletal muscle damage with exercise and aging. *Sports Med* 2005; 35(5): 413-27.
59. Jenkins RR, Goldfarb A. Introduction: oxidant stress, aging and exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1993 Feb; 25(2): 210-12.
60. Ji LL, Fu R. Responses of glutathione system and antioxidant enzymes to exhaustive exercise and hydroperoxide. *J Appl Physiol* 1992 Feb; 72(2): 549-54.
61. Stupka N, Lowther S, Chorneyko K, Bourgeois JM, Hogben C, Tarnopolsky MA. Gender differences in muscle inflammation after eccentric exercise. *J Appl Physiol* 2000 Dec; 89(6): 2.325-32.
62. Malm C, Sjödin BL, Sjöberg B, Lenkei R, Renström P, Lundberg IE, *et al.* Leukocytes, cytokines, growth factors and hormones in human skeletal muscle and blood after uphill or downhill running. *J Physiol* 2004 May; 556(Pt 3): 983-1.000.
63. Dop Bär PR, Reijneveld JC, Wokke J, Jacobs CJM, Bootsma A. Muscle damage induced by exercise: nature, prevention and repair. *In: Salmon S. Muscle damage. Oxford: OUP; 1997; 1-27.*
64. Cruzat VF, Rogero MM, Borges MC, Tirapegui J. Aspectos atuais sobre estresse oxidativo, exercícios físicos e suplementação. *Rev Bras Med Esporte* 2007 set/out; 13(5): 336-42.
65. Ji LL. Antioxidants and oxidative stress in exercise. *Exp Biol Med* 1999 Dec; 222(3): 283-92.
66. Clarkson PM, Hubal MJ. Exercise-induced muscle damage in humans. *Am J Phys Med Rehabil* 2002 Nove; 81(11 Suppl.): 52-69.
67. Echegaray M, Rivera MA. Role creatine kinase isoenzymes on muscular and cardiorespiratory endurance: genetic and molecular evidence. *Sports Med* 2001; 31(13): 919-34.
68. Hurley BF, Redmond RA, Pratley RE, Treuth MS, Rogers MA, Goldberg AP. Effects of strength training on muscle hypertrophy and muscle cell disruption in older men. *Int J Sports Med* 1995 Aug; 16(6): 378-84.
69. Balnave CD, Thompson MW. Effect of training on eccentric exercise induced muscle damage. *J Appl Physiol* 1993 Oct; 75(4): 1.545-51.
70. Noakes D. Effect of exercise on serum enzyme activities in humans. *Sports Med* 1987 Jul/Aug; 4(4): 245-67.
71. Miliadis GA, Nomikos T, Fragopoulou E, Athanasopoulos S, Antonopoulou S. Effects of baseline serum levels of se on markers of eccentric exercise-induced muscle injury. *Biofactors* 2006; 26(3): 161-70.
72. Uchida MC, Nosaka K, Ugrinowitsch C, Yamashita A, Martins EJR, Moriscot AS, *et al.* Effect of bench press exercise intensity on muscle soreness and inflammatory mediators. *J Sports Sci* 2009 Mar; 27(5): 499-507.

Endereço para correspondência:

Marcelo Coertjens. Curso de Fisioterapia da Universidade Federal do Piauí – Av. São Sebastião, n. 2.819 – CEP 64202-020 – Reis Velloso – Parnaíba – Piauí – Brasil. Fone: (86) 3323-5209.
E-mail: coertjens@hotmail.com.