

**O EXERCÍCIO DE BARRA FIXA EXECUTADO POR PRATICANTES DE CROSSFIT
 E SUAS RELAÇÕES COM LESÕES NA ARTICULAÇÃO GLENOUMERAL**

Júlia Valério de Mendonça¹, Davi Galvão de Melo¹, Felipe Augusto da Cruz¹
 Thainá Oliveira Gonçalves², Marcelo Rodrigues da Cunha^{2,3}, Raphael Oliveira Ramos Franco Netto³
 Tiago Negrão^{2,3}, Marcelo Conte¹, Victor Augusto Ramos Fernandes^{1,2,3}

RESUMO

Objetivo: Investigar relações entre lesões na articulação glenoumeral e a cinemática do movimento barra fixa executado por praticantes da modalidade CrossFit. **Materiais e Métodos:** 7 praticantes avançados na modalidade executaram três repetições do movimento de barra fixa e foram filmados para a coleta de dados a respeito dos ângulos articulares da articulação glenoumeral. A análise cinemática foi realizada com o software Kinovea®. **Resultados:** Os voluntários apresentaram um ângulo da articulação glenoumeral acima de 90° na fase média - momento em que o ombro se encontra em elevação e abdução -, posição de alto risco de lesão por impacto subacromial em razão do grau elevado e a uma maior tendência a erros técnicos por fadiga ou desequilíbrios musculares, acarretando à sobrecarga na articulação do ombro. As mulheres atingiram ângulos menores de adução em comparação com os homens e apresentaram um encolhimento dos ombros, ambas ações compensatórias e propensas a lesões por impacto devido a uma maior ativação do trapézio superior e menor ativação do serrátil anterior, aumento da inclinação anterior da escápula e predisposição a uma rotação interna do úmero. **Conclusão:** Os resultados indicam um potencial de lesão na articulação glenoumeral no exercício barra através das técnicas do CrossFit, no qual deve-se realizar um alto número de repetições. Deste modo faz-se importante um planejamento adequado do volume de treinamento no CrossFit e de exercícios focados no controle do movimento, fortalecimento, reparação de possíveis desequilíbrios musculares e mobilidade dos ombros.

Palavras-chave: Fenômenos biomecânicos. Articulação do Ombro. Exercício. Lesão musculoesquelética. Esporte.

1 - Escola Superior de Educação Física de Jundiaí-ESEF, Jundiaí, São Paulo, Brasil.

ABSTRACT

The fixed bar exercise performed by crossfit practitioners and their relationships with injuries in the glenoumeral joint

Objective: investigate relationships between injuries in the glenohumeral joint and the kinematics of the fixed bar movement performed by practitioners of the CrossFit modality. **Materials and Methods:** 7 advanced practitioners of the modality performed three repetitions of the fixed bar movement and were filmed for data collection regarding the joint angles of the glenohumeral joint. The kinematic analysis was made with the Kinovea® software. **Results:** The volunteers presented an angle of the glenohumeral joint above 90 ° in the middle phase - the moment when the shoulder is in elevation and abduction -, a position of the high risk of injury by the subacromial impact due to the high degree and a greater tendency technical errors due to fatigue or muscular imbalances, resulting in overload in the shoulder joint. Women achieved lower adduction angles compared to men and presented a shrug of the shoulders, both compensatory actions and prone to impact injuries due to greater activation of the upper trapezius and less activation of the anterior serratus, increased anterior slope of the scapula and predisposition to internal rotation of the humerus. **Conclusion:** The results indicate a potential for injury to the glenohumeral joint in the barbell exercise using CrossFit techniques, in which a high number of repetitions must be performed. In this way, it is important to plan the training volume in CrossFit and exercises focused on controlling movement, strengthening, repairing possible muscle imbalances and shoulder mobility.

Key words: Biomechanical phenomena. Shoulder Joint. Exercise. Musculoskeletal injury. Sport.

INTRODUÇÃO

O CrossFit, uma das modalidades mais praticadas na atualidade, trata-se de um programa de força e condicionamento que enfatiza exercícios funcionais em alta intensidade.

A modalidade vem apresentando um crescimento expressivo de praticantes nos últimos anos principalmente pela variedade de exercícios de força, resistência, potência, velocidade, agilidade, equilíbrio, coordenação e pelas suas bases na ginástica, levantamento de peso olímpico e musculação (Dominski e colaboradores, 2018; Montalvo e colaboradores, 2017).

No entanto o CrossFit também recebe destaque pelas constantes queixas de lesões ligamentares e musculoesqueléticas (Dominski e colaboradores, 2018; Claudino e colaboradores, 2018).

A região corporal mais acometida são os ombros, uma vez que o esporte demanda ampla mobilidade do complexo do ombro em diversos exercícios ginásticos e de Levantamento Olímpico, realizados com ênfase em repetições máximas numa determinada duração ou no menor número de repetições no menor tempo possível (Dominski e colaboradores, 2018; Claudino e colaboradores, 2018; Summit e colaboradores, 2016; Aune e Powers, 2017).

Neste estudo foi investigada a execução do exercício barra fixa, movimento frequentemente praticado no CrossFit. Lesões comuns entre atletas que realizam regularmente movimentos acima da cabeça incluem pinçamento, tendinite e rupturas no manguito rotador (Kibler, 1998).

Fatores cinemáticos, tais como elevação umeral de considerável amplitude, aumento da rotação interna umeral e inclinação posterior escapular reduzida podem contribuir para o desenvolvimento de lesões neste exercício (Hughes, Green e Taylor, 2012; Bey e colaboradores, 2007; Ludewig e Braman, 2011; Michener, McClure e Karduna, 2003).

Deste modo, o objetivo desta pesquisa é analisar a execução do exercício barra entre homens e mulheres praticantes de CrossFit e investigar possíveis riscos de desenvolvimento de lesões associados às técnicas apresentadas no movimento por meio dessas análises.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da Escola Superior de Educação Física de Jundiaí (Jundiaí, São Paulo/Brasil), sob o parecer n. 4.045.924.

Foram selecionados 7 praticantes experientes 4 homens e 3 mulheres, considerados avançados na modalidade e praticantes há mais de 2 anos. A média da idade dos voluntários era de 34 (+9) anos. A altura para os homens era de 177cm + 2,5.

A média de altura das mulheres era de 160cm+1,7. Todos os voluntários foram orientados quanto ao protocolo experimental e assinaram o termo de consentimento livre esclarecido, explicativo a respeito do estudo. Os participantes foram orientados que poderiam desistir do estudo a qualquer momento, sem que isso trouxesse prejuízos físicos, psicológicos, sociais ou de qualquer ordem ao voluntário.

Protocolo experimental

Os voluntários receberam marcações adesivas reflexivas nas regiões do acrômio da escápula, corpo da clavícula, manúbrio do esterno (região da incisura jugular), proximidades do tubérculo maior do úmero, epicôndilo medial e lateral do úmero e região medial do carpo.

Todas as marcações foram feitas em ambos os antímeros corporais dos participantes. Em seguida executaram três repetições do movimento de barra fixa, sendo orientados apenas a iniciarem com os membros superiores, o tronco e membros inferiores estendidos. Recomendou-se também que, para a validade da repetição (do movimento) o participante deveria executar a flexão da articulação do cotovelo e adução da articulação glenoumeral até que o ápice de sua mandíbula ultrapasse a linha da barra.

Os movimentos foram filmados para a coleta de dados a respeito dos ângulos articulares das articulações glenoumeral e do cotovelo. A filmagem foi realizada em um aparelho Xiaomi Redmi 10 com câmera de 48MP, posicionado no plano frontal a 250cm de distância do indivíduo e 160cm de altura.

A análise cinemática das imagens do exercício foi realizada com o software Kinovea® (modelo 0.8.15), utilizando a ferramenta “ângulos” sobre as articulações descritas. A barra utilizada possuía uma altura

de 228cm e um diâmetro 28mm. Para os participantes que não possuíam altura compatível a altura da barra, era posicionado um suporte para oferecer altura aos mesmos e, após empunhar a barra, ele era removido.

Os valores dos ângulos da articulação glenoumeral e do cotovelo foram tabulados em software Microsoft excel (versão 2010) para o tratamento estatístico, foi utilizado o software BioStat (versão LE 6.9.10), aplicando o tratamento de medida central e análises descritivas dos dados. Foi dada preferência para os ângulos do início do gesto, fase média do movimento (com o ângulo da articulação do

cotovelo próximo a 90°) e aos ângulos da fase final do movimento (após o indivíduo praticante ultrapassar o ápice da mandíbula da altura da barra).

RESULTADOS

Os resultados observados identificam que os homens apresentaram um ângulo na articulação glenoumeral maior que as mulheres, indicando uma possível dificuldade na geração de torque, condição essa visualizada em ambos os membros (figuras 1, 2 e 3).

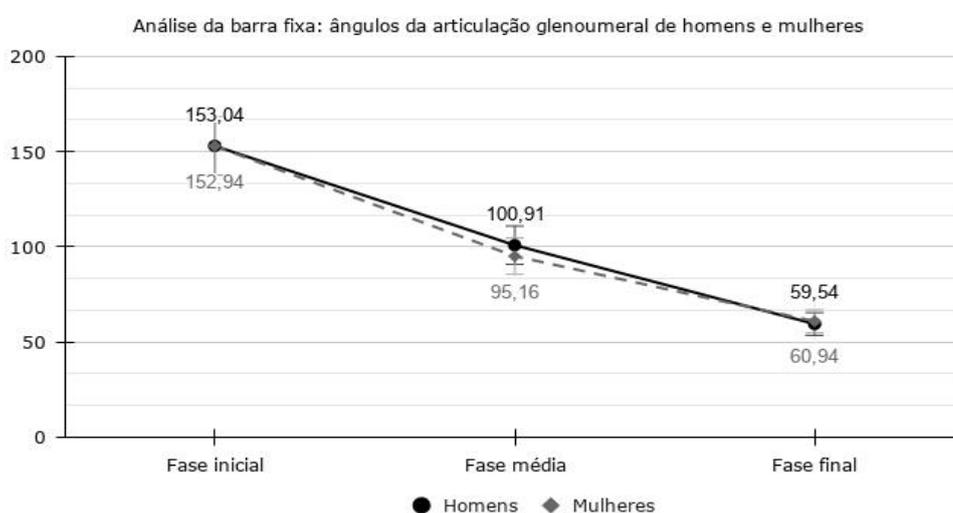


Figura 1 - Análise da média angular da articulação glenoumeral de homens e mulheres durante as fases inicial (braços estendidos e elevados), média (cotovelos flexionados em aproximadamente 90°) e final (ápice da mandíbula acima da barra, flexão máxima do cotovelo e adução máxima da articulação glenoumeral); valores expressos em ângulos.

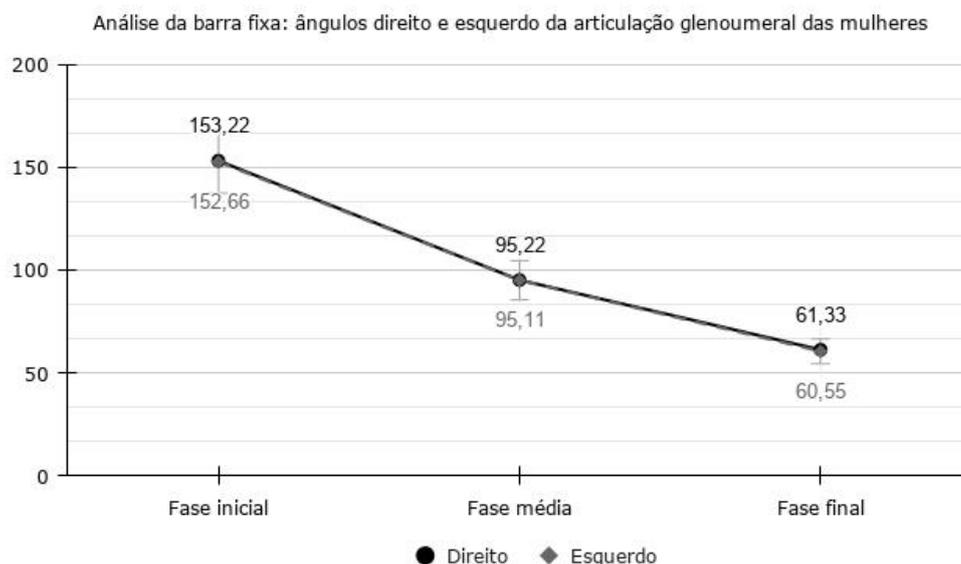


Figura 2 - Análise da média angular da articulação glenoumeral dos lados direito e esquerdo dos homens nas fases inicial, média e final

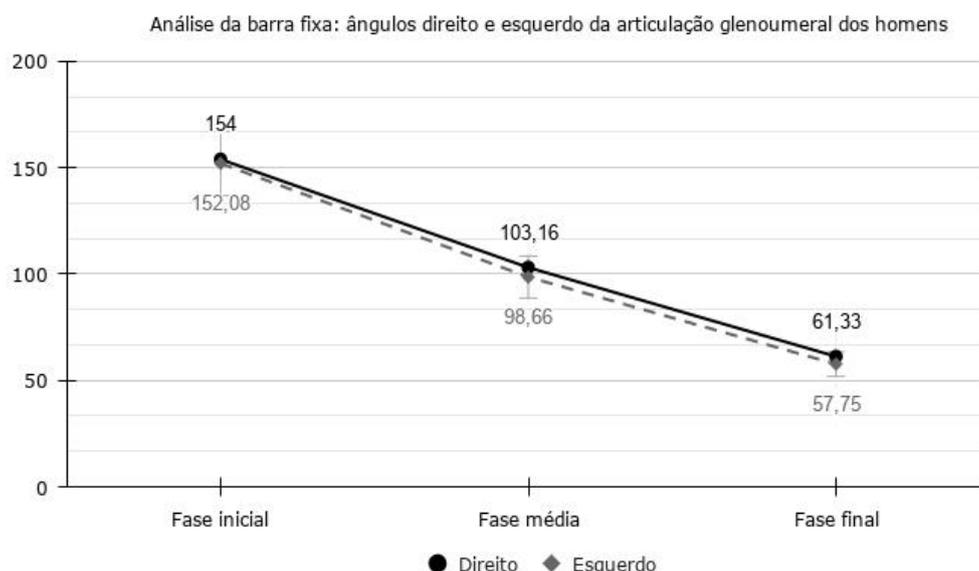


Figura 3 - Análise da média angular da articulação glenoumeral dos lados direito e esquerdo das mulheres nas fases inicial, média e final.

DISCUSSÃO

Neste estudo observou-se uma potencialidade de lesão na fase média do exercício, momento em que o grau do ângulo da articulação glenoumeral mostra-se acima de 90°, valor consideravelmente alto para a fase do movimento conforme observado na figura 1.

Isso comprova as observações de outros estudos que indicaram uma condição em movimentos acima da cabeça com sobrecarga no ombro - na faixa de 60° a 120°, ou acima de 90° de flexão ou abdução com rotação medial do úmero - denominada Síndrome do Impacto Subacromial, em que há uma compressão das estruturas tendinosas do manguito rotador e da cabeça longa do bíceps

braquial contra a parte anterior do acrômio e do ligamento coracoacromial, levando a uma degeneração destas estruturas (Hamill, Knutzen e Derrick, 2016; Faggioni, Lucas e Al Gazi, 2005; Çalis, Akgün e Birtane, 2000; McClure, Michener e Karduna, 2006; Fonsêca e colaboradores, 2013).

Outra causa de lesões no ombro neste movimento é a alteração no ritmo escapuloumeral (consequente à fadiga muscular), que consiste numa alteração do posicionamento e mobilidade normal da escápula em relação à caixa torácica, seguido de uma discinesia escapular (Fonsêca e colaboradores, 2013; Santana, Ferreirar e Ribeiro, 2009).

A mobilidade da escápula deve-se principalmente ao músculo serrátil anterior, juntamente com o trapézio e outras musculaturas vizinhas para mantê-la estabilizada durante a elevação do braço com protração e rotação para cima; uma disfunção nestes músculos pode resultar em discinesia escapulotorácica, considerada um fator primário na dor no complexo do ombro (Santana, Ferreirar e Ribeiro, 2009).

Taxa de lesões

De acordo com um estudo epidemiológico descritivo de Summit e colaboradores (2016), que utilizou um questionário eletrônico para verificar o risco de lesão do ombro em praticantes de CrossFit (n=187), 24% dos participantes relataram ao menos uma lesão no ombro nos últimos 6 meses de prática, com uma taxa de lesão de 1,9 por 1000 horas; 64% daqueles que sofreram uma lesão relataram uma redução no treinamento por até 1 mês. As causas mais comuns foram forma inadequada de movimento (33%) e lesão prévia (33%), além da falta de supervisão, fadiga e um controle inadequado de intensidade e volume de treinamento (Summit e colaboradores, 2016).

Outros estudos destacam que as maiores incidências de lesões encontradas nas pesquisas foram de 3,1 lesões a cada 1000 horas de treinamento de CrossFit e 2,3/1000 horas com 26% dos atletas, respectivamente, e se assemelham a outras modalidades esportivas de alta intensidade como levantamento de peso olímpico (3,3 a cada 1000 horas) e ginástica olímpica (3,1 a cada 1000 horas) (Montalvo e colaboradores, 2017; Tavares, 2019). A incidência de lesões reportadas em outros esportes é maior que as

encontradas no CrossFit, como futebol (9,6 a cada 1000 horas), triatlão (5,4 a cada 1000 horas) e corrida de rua (2,3 a 33 a cada 1000 horas); sendo assim, o CrossFit tende a lesionar menos quando comparado a esses esportes, no entanto deve-se considerar que o aumento no número de praticantes acarretará o aumento do número de lesões (Tavares, 2019).

Observa-se também um maior índice de lesões no sexo masculino (Dominski e colaboradores, 2018; Claudino e colaboradores, 2018).

Uma das influências são as características motivacionais do CrossFit, que objetivam levar o indivíduo a atingir o melhor desempenho possível, principalmente em homens e jovens (abaixo de 30 anos), com a frequente tendência de praticar exercícios independentemente de portar alguma lesão - indivíduos previamente lesionados apresentam maior taxa de lesões nesta modalidade - e uma obsessão pela melhor performance dos exercícios em meio à competitividade, sendo essas atitudes negativas capazes de levar o praticante a uma redução da técnica e à degeneração musculoesquelética durante a rotina de treinamento no CrossFit (Dominski e colaboradores, 2018; Claudino e colaboradores, 2018).

Além de adequada mobilidade articular e força muscular, o aluno deve executar corretamente numerosas repetições em um curto período de tempo com cargas externas adicionais, que podem levar à sobrecarga musculoesquelética e propiciar a fadiga muscular precoce, contribuindo para o aumento do estresse oxidativo, diminuição da resistência ao esforço repetitivo, alteração à percepção de esforço e, conseqüentemente, execução insegura dos movimentos pelos praticantes (Dominski e colaboradores, 2018; Tavares, 2019; Klimek e colaboradores, 2018).

Uma observação referente a estes fatores é identificada no gráfico 1 em que o ângulo na fase média do movimento dos homens atinge aproximadamente 100°. Como resultado dessa grande amplitude há maior instabilidade nos movimentos escapulotorácicos e glenoumerais, sobrecarga sobre as articulações contidas no complexo do ombro e o atrito entre as estruturas da articulação glenoumeral - gerado pela elevação do úmero acima de 90° (Moore, Dalley e Agur, 2014; Faggioni, Lucas e Al Gazi, 2005).

Tal aspecto deve ser observado com atenção nos ambientes de CrossFit, considerando as causas anteriormente citadas da execução incorreta dos exercícios (Klimek e colaboradores, 2018).

Cinesiologia do exercício barra fixa

O exercício barra fixa, voltado para o fortalecimento de membros superiores (com ênfase nos músculos dorsais), é um movimento de cadeia cinética fechada onde o corpo permanece suspenso numa barra horizontal fixa com as mãos em pronação; o indivíduo deve tracionar o corpo em direção à barra e elevar o corpo até aproximar o queixo do equipamento, realizando uma flexão de cotovelos com adução e extensão dos ombros, trazendo os cotovelos próximos ao tronco.

O movimento é dividido entre três etapas durante a fase concêntrica: na fase inicial o úmero se encontra num ângulo elevado, com as articulações glenomerais abduzidas, escápulas rotacionadas superiormente e cotovelos estendidos.

Na transição da primeira fase para a segunda – adução dos ombros, flexão dos cotovelos e rotação inferior das escápulas - os músculos trapézio (parte transversa e ascendente), infraespinhal e braquial são relativamente mais ativos.

Ao longo da fase média o latíssimo do dorso, redondo maior e bíceps braquial são predominantemente recrutados; o momento final, no qual os ombros estão abduzidos, as escápulas rotacionadas superiormente e os cotovelos flexionados, são o tríceps braquial e o subescapular (Marchetti e colaboradores, 2010; Urbanczyk e colaboradores, 2020).

Os músculos do manguito rotador - infraespinhal e subescapular - atuam para restringir grandes tensões na articulação glenoumeral no início e final do movimento, respectivamente, enquanto o supraespinhal atua na fase média para manter a cabeça do úmero comprimida na fossa glenóide da escápula.

Nos últimos 25% do movimento ascendente o músculo subescapular gera uma rotação interna para o úmero; o romboide maior, serrátil anterior e trapézio auxiliam na estabilidade escapular no eixo medial/lateral. O deltoide proporciona abdução para a articulação glenoumeral, melhorando sua estabilidade (Urbanczyk e colaboradores, 2020).

No gráfico 1 é constatado um valor angular da articulação glenoumeral dos homens (100,9°) acima do ângulo das mulheres (aproximadamente 95°) na fase média, resultado possivelmente associado a uma menor proporção de massa muscular total na região superior do corpo no sexo feminino (por conseguinte, menor força e resistência musculares) comparado com homens (Johnson e colaboradores, 2009).

Como efeito, as mulheres realizaram uma maior adução dos ombros no momento da fase média, compensando o esforço da flexão dos cotovelos. No movimento de adução com sobrecarga, especialmente na transição da fase média para a final, o músculo subescapular gera uma rotação medial do úmero, levando a cabeça do úmero a deslocar-se superiormente ao longo da cavidade glenoidal para uma posição de maior risco de impacto subacromial (Urbanczyk e colaboradores, 2020).

Além disso, foi verificado uma maior adução da articulação glenoumeral do lado direito do que no lado esquerdo em ambos os gêneros (gráficos 2 e 3), ocasionando uma rotação medial acentuada no lado dominante e à consequente redução do espaço subacromial.

Observou-se também um maior encolhimento dos ombros nas mulheres comparado com os homens ao final da fase concêntrica. Este movimento é descrito como uma elevação excessiva e precoce da escápula, também relativa à menor quantidade total de força muscular no sexo feminino e a uma compensação do esforço da adução dos ombros e flexão dos cotovelos. Uma disfunção semelhante à elevação acentuada da escápula no exercício barra é a discinesia escapular tipo III, também considerada uma das causas do impacto subacromial e lesões no manguito rotador (Santana, Ferreirar e Ribeiro, 2009).

A estabilização, elevação e rotação escapular envolvem a contração do trapézio superior e inferior, romboide e serrátil anterior, que também mantêm a borda medial da escápula próximo ao tórax (Urbanczyk e colaboradores, 2020; Hamill, Knutzen e Derrick, 2016).

Durante a elevação do braço, os músculos trapézio inferior e serrátil anterior são recrutados para manter a rotação superior da escápula até a elevação máxima, momento em que o trapézio inferior sustenta sua posição no eixo do centro de rotação escapular, que se move da borda medial da

espinha para a articulação acromioclavicular; a mecânica escapular anormal pode ser atribuída a alterações na função dos músculos que a controlam, como fraqueza ou inibição muscular (Kibler e McMullen, 2003).

O serrátil anterior e o trapézio inferior são os mais suscetíveis a estes efeitos e frequentemente envolvidos em patologias do ombro, principalmente em pacientes com instabilidade na articulação glenoumeral, em razão da diminuição da capacidade desta musculatura exercer torque e estabilizar a escápula, bem como da desorganização dos padrões normais de ativação muscular dos músculos ao redor do ombro (Kibler e McMullen, 2003).

Anatomia da articulação glenoumeral

A articulação glenoumeral, classificada como esferoide (na qual o osso distal é capaz de movimentar-se em torno de vários eixos num centro comum), é a junção entre a cabeça do úmero e a cavidade glenoidal (Hamill, Knutzen e Derrick, 2016).

A estrutura possibilita realizar diversos movimentos do ombro, tais como extensão e flexão no plano sagital, abdução e adução no plano frontal e rotação interna e externa no plano transversal.

Portanto, a combinação desses movimentos permite maior mobilidade e amplitude deste membro para a execução das diversas modalidades esportivas (Faggioni, Lucas e Al Gazi, 2005).

A cavidade glenoidal é situada acima da margem lateral da escápula, com apenas $\frac{1}{4}$ do tamanho da cabeça do úmero, facilitando na extrema mobilidade do ombro.

Por conta do contato mínimo entre a cavidade glenoidal e a cabeça do úmero, a articulação depende das estruturas ligamentares e musculares para sua estabilidade, para propiciar contenção e orientação e manter a cabeça do úmero na cavidade glenoidal (Terry e Chopp, 2000).

Os estabilizadores estáticos são a superfície articular, o lábio glenoidal (borda de fibrocartilagem que aprofunda a cavidade em 5 a 9mm), a cápsula articular (com aproximadamente o dobro do volume da cabeça do úmero, permitindo que o braço seja mobilizado com grande amplitude) e os ligamentos (Hamill, Knutzen e Derrick, 2016; Terry e Chopp, 2000; Chen e colaboradores, 2005).

O manguito rotador – supraespinhal, infraespinhal, redondo menor e subescapular - é responsável por tensionar a cabeça do úmero sobre a cavidade glenoidal, mantendo a integridade da articulação. O lábio glenoidal, o ligamento coracoumeral e os músculos dão sustentação à parte superior da articulação do ombro; o músculo supraespinhal e a cabeça longa do bíceps braquial reforçam a cápsula. Acima do supraespinhal situam-se as bolsas subacromiais e o ligamento coracoacromial (Hamill, Knutzen e Derrick, 2016).

Na posição de adução do braço, o ligamento coracoumeral é tensionado e restringe a cabeça do úmero no lábio glenoidal ao limitar a translação inferior, impede a translação posterior do úmero e sustenta o peso do braço (Terry e Chopp, 2000).

Os três ligamentos glenoumerais reforçam a cápsula, impedem o deslocamento anterior da cabeça do úmero, ficam resetados quando o ombro faz rotação lateral. Tanto o ligamento coracoumeral como o glenoumeral médio dão suporte e sustentação ao braço relaxado. Também oferecem suporte ao longo da abdução, rotação lateral e extensão (Hamill, Knutzen e Derrick, 2016).

Os músculos posteriores do manguito rotador proporcionam estabilidade posterior significativa, o músculo subescapular proporciona estabilidade anterior, a cabeça longa do bíceps braquial impede a translação anterior e superior do úmero e o deltoide e os demais músculos escapulotorácicos (trapézio, serrátil anterior, peitoral menor e romboide) proporcionam a estabilização da escápula no tórax, fornecendo uma base de suporte estável para os músculos da articulação glenoumeral se fixarem e exercerem sua função (Chen e colaboradores, 2005; Moore, Dalley e Agur, 2014; Fonsêca e colaboradores, 2013).

Com a contração simultânea de todos os músculos do manguito rotador, a cabeça do úmero é comprimida na articulação; ao ocorrer contração assimétrica do manguito rotador a cabeça do úmero é deslocada à posição correta, podendo também rotacionar e deprimir a cabeça do úmero durante a elevação do braço para mantê-la na posição (Hamill, Knutzen e Derrick, 2016; Moore, Dalley e Agur, 2014).

O ritmo escapuloumeral, fundamental no movimento e na estabilidade do complexo do ombro, ocorre com a ação simultânea e coordenada das quatro articulações do conjunto (esternoclavicular, acromioclavicular, glenoumeral, escapulotorácica).

A escápula deve realizar rotação para cima permitindo a flexão e abdução completas na articulação do ombro, e a clavícula se eleva e rotaciona superior para possibilitar o movimento escapular; nos primeiros 30° de abdução ou 45° a 60° de flexão, a escápula se aproxima ou se afasta da coluna vertebral em busca de uma posição estável no tórax - estabilizada, a escápula realiza rotação superior, protração ou abdução e elevação (Hamill, Knutzen e Derrick, 2016).

Em seguida a relação entre os movimentos glenoumeral e escapular é de 5:4 - ocorrem 5° de movimento umeral para cada 4° de movimento escapular no tórax - e, para a amplitude de movimento total de 180° de abdução ou flexão, a relação passa a ser de 2:1, portanto a amplitude de 180° é gerada por 120° de movimento glenoumeral e 60° de movimento escapular (Hamill, Knutzen e Derrick, 2016; Moore, Dalley e Agur, 2014).

Durante a abdução em 90°, o tubérculo maior na cabeça do úmero se aproxima do arco coracoacromial, a abdução é limitada pela compressão do tecido mole e o tubérculo maior entra em contato com o acrômio, sendo a zona de maior risco de impacto subacromial (indicado nos gráficos 1, 2 e 3, na fase média do movimento barra); além disso, acima de 90° de abdução, a força do manguito rotador é reduzida, deixando a articulação glenoumeral mais vulnerável a lesões (Hamill, Knutzen e Derrick, 2016).

Com rotação medial do úmero a abdução é ainda mais limitada (ocorrendo apenas até 60°) pelo tubérculo, posicionado sob o arco; no entanto, com rotação lateral do úmero, é possível realizar mais 30° de abdução, quando o tubérculo maior é deslocado de sua posição debaixo do arco, podendo alcançar 160° de movimento; após este grau de amplitude, a região superior do tronco deve realizar extensão para auxiliar na abdução completa (Hamill, Knutzen e Derrick, 2016).

Deste modo, realizar abdução rotacionando o úmero lateralmente evidencia uma técnica vantajosa na execução do exercício barra tanto na obtenção de maior amplitude de movimento e eficiência quanto na prevenção de lesões subacromiais, dado que a rotação lateral durante uma elevação lateral do úmero também altera a atividade do deltoide e facilita a atividade dos rotadores internos sem sobrecarregá-los (Hamill, Knutzen e Derrick, 2016).

Lesões no complexo do ombro

A principal razão do desenvolvimento de lesões recorrentes do CrossFit é a mobilidade acentuada da articulação glenoumeral em movimentos acima da linha articular do ombro, devido à redução do espaço subacromial (Wang e Cochrane, 2001).

Outras lesões comuns sobre a estrutura são inflamações, entorse e luxação, esporões degenerativos, espessamento crônico da bursa, depósitos crônicos de cálcio, tensão da cápsula posterior do ombro, frouxidão ligamentar, hipovascularização do tendão do supraespal, bursite subacromial, degeneração da cartilagem e tendinite bicipital também são fatores diretamente associados a atividades que envolvam abdução do ombro acima de 90 graus paralelo ao plano sagital (Dominski e colaboradores, 2018; Faggioni, Lucas e Al Gazi, 2005).

A bursite subacromial, uma inflamação nas bolsas acima do músculo supraespal e abaixo do acrômio, é uma lesão frequente em atividades com padrão de movimentos acima da linha do ombro que causem compressão destas estruturas (além da distribuição anormal da pressão na área subacromial) sob um tempo considerável de duração da atividade e repetições excessivas, bem como lesões de compressão sobre os músculos do manguito rotador, ativos no controle da cabeça do úmero e durante a elevação do braço (Hamill, Knutzen e Derrick, 2016).

A síndrome do impacto, uma patologia frequentemente manifestada em atividades esportivas com elevação e movimentos explosivos do ombro, é definida pela compressão do tendão do músculo supraespal, do infraespal, da bursa subacromial ou da cabeça longa do bíceps braquial sobre a região anterior da superfície inferior do acrômio e o ligamento coracoacromial (Faggioni, Lucas e Al Gazi, 2005; Çalis, Akgün e Birtane, 2000; McClure, Michener e Karduna, 2006).

É provocada pela elevação do braço acima de um ângulo da linha do ombro de 60 a 120°, especialmente através de uma rotação glenoumeral interna durante o movimento de abdução e flexão - nesta posição o tubérculo maior do úmero entra em contato com o ápice do arco subacromial, aumentando a compressão dos tecidos moles do ombro (Hamill, Knutzen e Derrick, 2016; Faggioni,

Lucas e Al Gazi, 2005; Hughes, Green e Taylor, 2012).

Lesões por impacto ocorrem quando o espaço subacromial está reduzido a 120° de elevação umeral, 90° de abdução e 45° de rotação externa (Graichen e colaboradores, 1999).

Esta posição corresponde aproximadamente a 20% até 60% do movimento de flexão, quando o supraespinhal está mais ativo; além disso, a fadiga pode levar ao aumento da carga sobre supraespinhal e ao aumento do risco de lesões (Urbanczyk e colaboradores, 2020).

Alguns fatores de risco que contribuem para o desenvolvimento da síndrome do impacto, tais como morfologia acromial anormal, desvio de padrões cinemáticos associados com função alterada do manguito rotador ou do músculo escapular, anormalidades capsulares (incluindo tensão capsular posterior, bem como frouxidão capsular) e má postura (McClure, Michener e Karduna, 2006).

Uma das principais causas da síndrome do impacto é a instabilidade da articulação escapulotorácica que, interferindo em seu movimento, ocasiona uma sobrecarga à articulação glenoumeral, esta geralmente associada a um desequilíbrio entre os músculos escapulotorácicos - principalmente pela fraqueza dos músculos serrátil anterior, trapézio nas fibras inferiores e manguito rotador -, levando a uma alteração no ritmo escapuloumeral (Faggioni, Lucas e Al Gazi, 2005; Kibler e McMullen, 2003; Kibler e colaboradores, 2013; Burkhart, Morgan e Kibler, 2003; Ludewig e colaboradores, 2009; Oliveira e colaboradores, 2013).

Estudos acerca do movimento escapular em pacientes com síndrome do impacto mostraram uma redução na inclinação posterior e um aumento da translação superior da escápula através de uma análise cinemática tridimensional (Kibler e colaboradores, 2002).

Uma pesquisa cinemática investigou riscos de lesão em três variações do exercício barra e indicou no movimento com pegada aberta uma redução da faixa de protração e retração escapular com uma faixa semelhante do plano de elevação umerotórácica, padrões de movimento que resultam na redução do espaço subacromial e no aumento do risco de impacto (Prinold e Bull, 2016).

No movimento de barra realizado pelas mulheres neste estudo, em que se

observou uma elevação escapular acentuada, ocorre um maior risco de lesão por impacto sobre o manguito rotador (Santana, Ferreirar e Ribeiro, 2009; Kibler e colaboradores, 2002).

Num estudo em que foi proposto um sistema de avaliação de discinesia escapular diferenciando quatro padrões de movimento, os padrões tipo I (proeminência do ângulo inferior da escápula e inclinação anterior do acrômio) e II (inclinação posterior da borda medial) foram associados a patologias labrais, enquanto o tipo III, caracterizado pela elevação excessiva da borda superior (encolhimento de ombros), pela translação superior de toda a escápula e pela perda de controle em torno do eixo sagital, é mais frequente em lesões no manguito rotador e impacto (Santana, Ferreirar e Ribeiro, 2009; Burkhart, Morgan e Kibler, 2003).

Como observado nos resultados deste estudo, o padrão tipo III pode ser encontrado na execução do exercício barra e modificar a cinemática da articulação glenoumeral, visto que o trapézio superior é mais ativo devido à estratégia compensatória realizada pela diminuição da ativação do músculo serrátil anterior (Oliveira e colaboradores, 2013).

Este desequilíbrio encontrado em indivíduos com síndrome do impacto resulta em diminuição da rotação para cima da escápula, aumento da inclinação anterior da escápula e, conseqüentemente, menor manutenção do espaço subacromial; assim, a cinemática anormal da escápula aumenta a propensão ao impacto durante a elevação do braço (Oliveira e colaboradores, 2013).

CONCLUSÃO

Neste estudo foi observado um potencial de lesões durante o exercício barra fixa executado por praticantes de CrossFit, sendo a fase média o momento de maior risco de redução do espaço subacromial, visto que neste ponto a articulação glenoumeral se encontra num ângulo acima de 90°, amplitude considerada lesiva no movimento.

Exercícios de força que requerem a elevação do úmero acima da linha do ombro, especialmente com uma rotação interna glenoumeral durante o movimento de abdução e flexão, são fatores que podem levar a uma redução do espaço subacromial e a uma instabilidade da articulação escapulotorácica, comprimindo as estruturas tendinosas da musculatura do ombro e sobrecarregando a articulação glenoumeral.

Em relação às diferenças entre os gêneros, a composição corporal, distribuição e equilíbrio muscular parecem desempenhar papéis proeminentes no desempenho do exercício barra, visto que as mulheres apresentaram uma maior adução e encolhimento dos ombros (elevação escapular) comparado com os homens, ações musculares compensatórias para o movimento de flexão dos cotovelos durante a fase média.

Tal execução é considerada um fator de risco em razão da cinemática alterada da escápula, levando à redução do espaço subacromial e a uma síndrome do impacto.

Neste sentido, é importante enfatizar o controle do movimento, realizando rotação externa umeral e deprimindo as escápulas durante a subida, desta forma a articulação do ombro permanece estável e segura.

Deve-se prescrever um programa de treinamento que enfatize o reparo de fraquezas ou desequilíbrios musculares (a fim de corrigir o ritmo escapuloumeral no movimento) e a flexibilidade da musculatura do complexo do ombro, respeitando os limites de cada praticante, que deve dominar as técnicas antes de progredir a carga e desenvolver a consciência corporal em exercícios mais avançados.

CONFLITO DE INTERESSE

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram para o desenho experimental da pesquisa. Escrita do artigo, análise de imagens, análise estatística e elaboração de gráficos: Júlia Valério e Victor Augusto. Coleta de dados em campo: Davi Galvão, Felipe Augusto e Victor Augusto. Correção do manuscrito: Thainá Oliveira, Marcelo Conte e Tiago Negrão.

ÉTICA EM PUBLICAÇÃO

O presente estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da Escola Superior de Educação Física de Jundiá (Jundiá, São Paulo/Brasil), sob o parecer n. 4.045.924.

REFERÊNCIAS

- 1-Aune, K.T.; Powers, J.M. Injuries in an extreme conditioning program. *Sports Health*. Vol. 9. Num. 1. 2017. p. 52-58. <https://doi.org/10.1177/1941738116674895>.
- 2-Bey, M.J.; Brock, S.K.; Beierwaltes, W.N.; Zauel, R.; Kolowich, P.A.; Lock, T.R. In vivo measurement of subacromial space width during shoulder elevation: technique and preliminary results in patients following unilateral rotator cuff repair. *Clin Biomech*. Vol. 22. Num. 7. 2007 p. 767-773. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2007.04.006>.
- 3-Burkhart, S.S.; Morgan, C.D.; Kibler, W.B. The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology part II: evaluation and treatment of SLAP lesions in throwers. *Arthroscopy*. Vol. 19. Num. 5. 2003. p. 531-9. <https://doi.org/10.1053/jars.2003.50139>
- 4-Burkhart, S.S.; Morgan, C.D.; Kibler, W.B. The Disabled Throwing Shoulder: Spectrum of Pathology Part III: The SICK Scapula, Scapular Dyskinesia, the Kinetic Chain, and Rehabilitation. *Arthroscopy*. Vol. 19. 2003. p. 641-61. [https://doi.org/10.1016/s0749-8063\(03\)00389-x](https://doi.org/10.1016/s0749-8063(03)00389-x).
- 5-Chen, F.S.; Diaz, V.A.; Loebenberg, M.; Rosen, J.E. Shoulder and elbow injuries in the skeletally immature athlete. *J Am Acad Orthop Surg*. Vol. 13. 2005. p. 172-185. <https://doi.org/10.5435/00124635-200505000-00004>.
- 6-Claudino, J.G.; Gabbett, T.J.; Bourgeois, F.; Souza, H.S.; Miranda, R.C.; Mezêncio, B.; Soncin, R.; Cardoso Filho, C.A.; Bottaro, M.; Hernandez, A.J.; Amadio, A.C.; Serrão, J.C. CrossFit Overview: Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med - Open*. Vol. 4. Num. 1. 2018. p. 11. <https://doi.org/10.1186/s40798-018-0124-5>.
- 7-Çalis, M.; Akgün, K.; Birtane, M. Diagnostic values of clinical diagnostic tests in subacromial impingement syndrome. *Ann Rheum Dis*. Vol. 59. 2000. p. 44-47. <https://doi.org/10.1136/ard.59.1.44>.
- 8-Dominski, F.H.; Siqueira, T.C.; Serafim, T.T.; Andrade, A. Perfil de lesões em praticantes de Crossfit: revisão sistemática. *Fisioter Pesqui*.

Vol. 25. Num. 2. 2018. p. 229-239.
<https://doi.org/10.1590/18092950/1701482502>
 2018.

9-Faggioni, R.I.; Lucas, R.D.; Al Gazi, A.D.F. Síndrome do pinçamento no ombro, decorrente da prática esportiva: uma revisão bibliográfica. *Motriz. Rev Educação Física*. Vol. 11. Num. 3. 2005 p. 211-215. <http://www.rc.unesp.br/ib/efisica/motriz/11n3/15RFI.pdf>.

10-Fonsêca, N.T.; Cavalcanti, T.R.; Maia, T.O.; Urbano, J.J.; Santos, I.R.; Coêlho, A.C. Análise da força dos músculos estabilizadores da escápula em pacientes com dor no ombro. *Terapia Manual Posturologia*. Vol. 11. Num. 53. 2013. p. 378-383. <https://doi.org/10.1590/S0103-51502013000300021>.

11-Graichen, H.; Bonel, H.; Stammberger, T.; Haubner, M.; Rohrer, H.; Englmeier, K.H.; Reiser, M.; Eckstein, F. Three-dimensional analysis of the width of the subacromial space in healthy subjects and patients with impingement syndrome. *Am J Roentgenol*. Vol. 172. Num. 4. 1999. p. 1081-1086. <https://doi.org/10.2214/ajr.172.4.10587151>.

12-Hamill, J.; Knutzen, K.M.; Derrick, T.R. *Bases biomecânicas do movimento humano*. 4ª edição. Manole. 2016.

13-Hughes, P.C.; Green, R.A.; Taylor, N.F. Measurement of subacromial impingement of the rotator cuff. *J Sci Med Sport*. Vol. 15. Num. 1. 2012. p. 2-7. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2011.07.001>.

14-Johnson, D.; Lynch, J.; Nash, K.; Cygan, J.; Mayhew, J.L. Relationship of lat-pull repetitions and pull-ups to maximal lat-pull and pull-up strength in men and women. *J Strength and Cond Res*. Vol. 23. Num. 3. 2009. p. 1022-1028. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181a2d7f5>.

15-Kibler, W.B. The role of the scapula in athletic shoulder function. *Am J Sports Med*. Vol. 26. Num. 2. 1998. p. 325-337. <https://doi.org/10.1177/03635465980260022801>.

16-Kibler, W.B.; Ludewig, P.M.; McClure, P.W.; Michener, L.A.; Bak, K.; Sciascia, A.D. Clinical

implications of scapular dyskinesia in shoulder injury: the 2013 consensus statement from the 'Scapular Summit'. *Br J Sports Med*. Vol. 47. 2013. p. 877-885. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092425>.

17-Kibler, W.B.; McMullen, J. Scapular dyskinesia and its relation to shoulder pain. *J Am Acad Orthop Surg*. Vol. 11. Num. 2. 2003. p. 142-151. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-2006-364>.

18-Kibler, W.B.; Uhl, T.L.; Maddux, J.W.Q.; Brooks, P.V.; Zeller, B.; McMullen, J. Qualitative clinical evaluation of scapular dysfunction: a reliability study. *J Shoulder Elbow Surg*. Vol. 11. Num. 6. 2002. p. 550-556. <https://doi.org/10.1067/mse.2002.126766>.

19-Klimek, C.; Ashbeck, C.; Brook, A.; Durall, C. Are Injuries More Common With CrossFit Training Than Other Forms of Exercise?. *J Sport Rehabil*. Vol. 27. 2018. p. 295-299. <https://doi.org/10.1123/jsr.2016-0040>.

20-Ludewig, P.M.; Braman, J.P. Shoulder impingement: biomechanical considerations in rehabilitation. *Man Ther*. Vol. 16. Num. 1. 2011. p. 33-39. <https://doi.org/10.1016/j.math.2010.08.004>.

21-Ludewig, P.M.; Phadke, V.; Braman, J.P.; Hasset, D.R.; Cieminski, C.J.; Laprade, R.F. Motion of the shoulder complex during multiplanar humeral elevation. *J Bone Joint Surg*. Vol. 91. Num. 2. 2009. p. 378-89. <https://doi.org/10.2106/JBJS.G.01483>.

22-Marchetti, P.H.; Amorim, M.A.; Arruda, C.C.; Segamarchi, L.F.; Soares, E.G.; Ito, D.T.; Luz Jr, D.A. Aspectos neuromecânicos do exercício pulley. *Rev Bras Ciênc Saúde*. Vol. 8. Num. 26. 2010. p. 59-64. <https://doi.org/10.13037/rbcs.vol8n26.1086>.

23-McClure, P.W.; Michener, L.A.; Karduna, A.R. Shoulder function and 3-dimensional scapular kinematics in people with and without shoulder impingement syndrome. *Physical Therapy*. Vol. 86. 2006. p. 1075-1090. <https://doi.org/10.1093/ptj/86.8.1075>.

24-Michener, L.A.; McClure, P.W.; Karduna, A.R. Anatomical and biomechanical mechanisms of subacromial impingement syndrome. *Clin Biomech*. Vol. 18. Num. 5. 2003. p. 369-379.

[https://doi.org/10.1016/s0268-0033\(03\)00047-0](https://doi.org/10.1016/s0268-0033(03)00047-0).

25-Montalvo, A.M.; Shaefer, H.; Rodriguez, B.; Li, T.; Epnere, K.; Meyer, G.D. Retrospective Injury Epidemiology and Risk Factors for Injury in CrossFit. *J Sports Sci Med*. Vol. 16. 2017. p. 53-59.

26-Moore, K.L.; Dalley, A.F.; Agur, A.M.R. *Anatomia orientada para a clínica*. 7ª edição. Guanabara Koogan. 2014.

27-Oliveira, V.M.A.; Batista, L.S.P.; Pirauá, A.L.T.; Pitangui, A.C.; Araújo, R.C. Electromyographic activity and scapular dyskinesia in athletes with and without shoulder impingement syndrome. *Rev Bras Cineantropom Desemp Hum*. Vol. 15. Num. 2. 2013. p. 193-203. <https://doi.org/10.5007/19800037.2013v15n2p193>.

28-Prinold, J.A.; Bull, A.M. Scapula kinematics of pull-up techniques: Avoiding impingement risk with training changes. *J Sci Med Sport*. Vol. 19. Num. 8. 2016. p. 629-635. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.08.002>.

29-Santana, E.P.; Ferreirar, B.C.; Ribeiro, G. Associação entre discinesia escapular e dor no ombro de praticantes de natação. *Rev Bras Med Esporte*. Vol. 15. Num. 5. 2009. p. 342-346. <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-86922009000600004>.

30-Summit, R.J.; Cotton, R.A.; Kays, A.C.; Slaven, E.J. Shoulder Injuries in Individuals Who Participate in CrossFit Training. *Sports Health*. Vol. 8. Num. 6. 2016. p. 541-546. <https://doi.org/10.1177/1941738116666073>.

31-Tavares, S.L.S. As lesões musculoesqueléticas em praticantes de crossfit: uma revisão integrativa da literatura. Repositório Institucional UFMG. EEEFTO. 2019. <http://hdl.handle.net/1843/33476>.

32-Terry, G.C.; Chopp, T.M. Functional anatomy of the shoulder. *J Athletic Training*. Vol. 35. 2019. p. 248-255.

33-Urbanczyk, C.A.; Prinold, J.A.I.; Reilly, P.; Bull, A.M.J. Avoiding high-risk rotator cuff loading: Muscle force during three pull-up techniques. *Scand J Med Sci Sports*. Vol. 30.

2020. p. 2205-2214. <https://doi.org/10.1111/sms.13780>.

34-Wang, H.; Cochrane, T. Mobility impairment, muscle imbalance, muscle weakness, scapular asymmetry and shoulder injury in elite volleyball athletes. *J Sports Med Phys Fitness*. Vol. 41. Num. 3. 2001. p. 403-410.

2 - Centro Universitário Nossa Senhora do Patrocínio, Universidade Cruzeiro do Sul, Itu, São Paulo, Brasil.

3 - Faculdade de Medicina de Jundiaí, Jundiaí, São Paulo, Brasil.

E-mail dos autores:

juliavaleriom@hotmail.com

personalfelipeac@hotmail.com

victorramosfernandes@gmail.com

tiagonandr@gmail.com

marcelo.conte.prof@gmail.com

dr.victoraugustofernandes@gmail.com

cunhamr@hotmail.com

Autor correspondente:

Victor Augusto Ramos Fernandes

victorramosfernandes@gmail.com

Avenida dos expedicionários brasileiros, 948.

Vila Brasileira, Itatiba, São Paulo, Brasil.

Recebido para publicação em 21/01/2021

Aceito em 17/03/2021