

# RELAÇÕES ENTRE O CICLO HORMONAL DA MULHER E DESEMPENHO ESPORTIVO DE PRATICANTES DE EXERCÍCIOS

*Data de aceite: 06/06/2023*

**Kleisler Leal Rangel**

**Carlos Eduardo Raymundo dos Santos**

**Celia Gonzalez de Jesus**

**Carlos Fabricio Trindade Dutilh**

**Marlise Rosa Mendes**

**RESUMO:** As alterações hormonais da mulher ao longo do mês viraram um assunto de suma importância no mundo do esporte, devido aos períodos ondulatórios ao longo do mês impactando na relação entre desempenho esportivo e diário, dentre os seus principais hormônios, estrogênios e progesteronas, uma secreção mais alta de testosterona em alguns momentos, poder interessante na relação de desempenho, na literatura encontramos conflitos e posicionamento diferente vindos de inúmeras vertentes de pesquisadores, abordando uma possível alteração no desempenho ou alegando nenhuma mudança significativa o fato é que mais estudos de caráter longitudinal são necessários para compreender essa relação, porém, a percepção de esforço das mulheres ao longo do mês também

sofre alterações, indicando que além dos fatores hormonais, a percepção de esforço sofre alterações, maiores riscos de lesões foram identificados em algumas fases do mês das mulheres, principalmente por consequências de maior frouxidão ligamentar. Os achados apontam para um melhor rendimento e vindo do 1° ao 17° dia pós-sangramento menstrual, fase essa conhecida como fase folicular e período de ovulação, e uma possível queda no desempenho e maior riscos de lesões, principalmente de ligamento cruzado anterior (LCA) vindo no 18° a 28° dia pós-fase folicular, fase essa conhecida como fase lútea, sendo consequências de um aumento significativo na progesterona e uma queda no estrogênio, enquanto na fase folicular um aumento do estrogênio, a progesterona mais baixa e uma produção maior de testosterona, são consequências de uma possível melhora no desempenho e menores riscos de lesões, as percepções de esforço das mulheres são importantes, pois desconfortos podem diminuir o rendimento no exercício ou inclusive o abandono da prática, saber manipular essas fases é importante para organizar as variáveis do treinamento de acordo com o mês da mulher. Objetivo: Identificar as

interferências do ciclo hormonal da mulher e desempenho. Método: Revisão bibliográfica de cunho qualitativo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Mulheres 1. Hormônios 2. Desempenho 3.

## RELATIONSHIP BETWEEN THE HORMONAL CYCLE OF WOMEN AND SPORTS PERFORMANCE OF PRACTITIONERS OF EXERCISES

**ABSTRACT:** Women's hormonal changes throughout the month have become a matter of paramount importance in the world of sports, due to the undulating periods throughout the month impacting the relationship between sports and daily performance, among its main hormones, estrogens and progesterones, a more high testosterone at times, interesting power in the performance relationship, in the literature we find conflicts and different positioning coming from numerous strands of researchers, addressing a possible change in performance or claiming no significant change the fact is that more longitudinal studies are needed to understand this relationship, however, the women's perception of effort throughout the month also undergoes changes, indicating that in addition to hormonal factors, the perception of effort undergoes changes, greater risks of injuries were identified in some phases of the month for women, especially consequences of greater ligament laxity. The findings point to a better performance and coming from the 1st to the 17th day after menstrual bleeding, a phase known as the follicular phase and ovulation period, and a possible drop in performance and greater risk of injuries, mainly of the anterior cruciate ligament (ACL). ) coming on the 18th to 28th day after the follicular phase, this phase known as the luteal phase, being consequences of a significant increase in progesterone and a fall in estrogen, while in the follicular phase an increase in estrogen, lower progesterone and a lower production greater testosterone, are consequences of a possible improvement in performance and lower risk of injury, women's perceptions of effort are important, as discomfort can reduce exercise performance or even abandon the practice, knowing how to manipulate these phases is important to organize the training variables according to the woman's month. Objective: Identify the interferences of the woman's hormonal cycle and performance. Method: Qualitative bibliographic review.

**KEYWORDS:** Women 1. hormones 2. performance 3.

### 1 | INTRODUÇÃO

A performance feminina nos esportes amadores e profissionais leva consigo marcas e feitos históricos por parte das mulheres, feitos esses, os quais, ao longo da história não conseguiram realizar comparativos próximos com os homens, tanto em atividades de predominância metabólica aeróbia como em exercícios e esportes predominantemente anaeróbios, os jogos olímpicos transmitem tais feitos com os atletas de ponta do esporte mundial, porém, as marcas entre homens e mulheres seguem distantes, dentro de clubes e academias hoje em dia o reflexo dessas diferenças de rendimento muitas vezes vem com a maior evasão de mulheres da prática de exercícios ou sedentarismo vindo do público feminino (IBGE, 2020).

Dentro dos contextos fisiológicos, procuramos uma possível explicação para essas

diferenças, pois, em atletas amadores ou praticantes de treinamento em academias, clubes ou atividades ao ar livre, conseguimos identificar diferentes ao longo do mês da mulher, levando a hipótese de uma possível interferência de seu ciclo hormonal no desempenho atlético e diário da mesma como demonstra em uma metanálise (CONSTANTINE, et al., 2005), a influência dos hormônios ao longo do mês da mulher interfere no rendimento e algumas hipóteses levantadas abordam um possível maior risco de lesões (T OLEKA, 2019), os hormônios que influenciam o eixo hormonal feminino são o estrogênio e a progesterona, porém, o hormônio testosterona demonstra uma importante contribuição no rendimento do treinamento (RANGEL, 2023, MCNULTY, et al., 2020).

Os estudos atuais procuram compreender como o desempenho atlético das mulheres deve se comportar em cada etapa do seu ciclo hormonal, apontando fases de melhor desempenho e períodos onde a mulher teria uma possível queda de desempenho onde o professor deverá adaptar as estratégias da periodização (T OLEKA, 2019, RANGEL, 2023).

Dentre os objetivos propostos no projeto, visamos considerar e destacar fases de melhor desempenho para as mulheres nos treinamentos de força e aeróbio, bem como, apontar melhores momentos dentro de uma periodização e planejamento de treinamento para treinos de alta intensidade ou mais volumosos, apontando benefícios das etapas do mês da mulher em desempenhar tal tipo de treinamento ou fases de atenção para a queda no seu desempenho.

## 2 | MÉTODOS

Foi realizada uma revisão bibliográfica, no período de fevereiro a abril de 2023 através de uma investigação feita em três das principais bases de referência acadêmica: Biblioteca Nacional de Medicina dos Estados Unidos- PubMed, Biblioteca Científica Eletrônica- Scielo e na Base de dados de Universidades. Segundo Revista JRG de Estudos Acadêmicos (2019) a revisão da literatura é o norteador da pesquisa onde teremos a fundamentação teórica para elaboração da pesquisa. Os seguintes descritores foram utilizados: Mulheres, Ciclo hormonal, desempenho físico. Após busca realizamos análise e seleção dos artigos que abordavam sobre o desempenho da mulher durante o ciclo hormonal e fatores relevantes. Os critérios para exclusão foram aqueles que citavam algum método contraceptivo no ciclo hormonal da mulher.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A melhora na performance e desempenho de atletas amadores, profissionais assim como praticantes de atividades física, relacionasse com as atividades endócrinas em estudos envolvendo a linha de pesquisa da fisiologia do exercício, demonstrando ter uma relação muito significativa, mulheres em seu ciclo menstrual tem por consequência,

alterações significativas na relação de desempenho em determinadas atividades, segundo (ONIEVA – ZAFRA et al, 2020) foi realizado um estudo com 311 estudantes espanholas, afim de avaliar as relações entre dieta, desempenho diário e dor menstrual e outras características relacionadas a seus ciclos, dieta mediterrânea, o consumo de álcool e o consumo de alimentos típicos do sul da Espanha parecem influenciar a duração do ciclo, o fluxo menstrual e a dor menstrual, dados esses que alertam uma relação de “sensibilidade” ao longo do mês da mulher, influenciada pela relação hormonal ondulatória, de acordo com (OOSTHUYSE T, et al., 2010) a progesterona teria uma relação maior com catabolismo enquanto o estrogênio tem uma reação anabólica maior, de acordo com (RANGEL, 2023) o eixo hormonal da mulher gira em torno de dois principais hormônios, progesterona e estrogênio, o estrogênio possui várias formas no corpo feminino sendo os ovários a principal fonte de produção, já a progesterona traz uma maior sensibilidade à insulina, menor tolerância à glicose, e ajuda no controle de síndromes metabólicas como no caso da síndrome dos ovários policísticos (SOP), ambos os hormônios são secretados pelo eixo hipotálamo e hipófise a partir do hormônio de gonadotropin-releasing (GnRH) e dos hormônios luteinizando (LH) e follicle-stimulating (FSH) (RANGEL, 2023, pág 42, 43).

O ciclo hormonal da mulher é definido como eumenorreco quando ocorre regularmente e dura entre 21 e 35 dias. Podendo ser interrompido por alguns fatores sendo um deles o anticoncepcional hormonal. Quando durante o ciclo, não se utiliza nenhum anticoncepcional hormonal a mulher sofre oscilações cíclica de forma regular. Separado por duas fases macro folicular e lútea que se formam quando acontece a menstruação, sendo processos amplos que não se explicam em grande esfera optando por dividir em pequenas fases folicular precoce, folicular tardio, ovulatório, lúteo inicial, lúteo médio e lúteo tardio (CARMICHAEL, et al., 2021).

O ciclo da mulher pode ser separado em três momentos importantes ao longo do mês, a fase folicular, fase essa onde a mulher tem suas concentrações de estrogênio mais altas que a progesterona, uma produção de testosterona maior que nas outras fases, tendo início no 1 dia pós-menstruação com a fase folicular inicial e finalizando no 14º com a fase folicular tardia, o 14º e 15º dia marcam mais uma fase importante indo até o 16º a 17º dia com o período de ovulação da mulher, subindo a produção endócrina de testosterona e hormônios estrogênicos, o 18º a 28º dia pós-período de ovulação marca o início da fase lútea, onde as concentrações de progesterona sobem e a produção de testosterona fisiológica despenca (RANGEL, 2023, pág. 45, 46).

Segundo (ROMERO-MORALED A et al, 2019), demonstrou ganhos significativos de força e potência em exercícios multiarticulares na fase folicular de 57 mulheres treinadas, em contra partida (J.FINDLAY, et al., 2020) avaliarão e um estudo o ciclo menstrual relacionado com o desempenho a percepção de esforço de 15 jogadoras interacionais de rugby , as jogadoras assinalam cansaço e queda de desempenho nos dias próximos do sangramento mensal, e um desempenho melhor e menores desconfortos após passar

esses dias, dados esses que coincidem com os relatados nos estudos anteriores.

O nível de hormônios sexuais femininos muda a produção de força. Segundo Carmichael, et al., (2021) Os estudos analisados são conflitantes para uma possível diminuição da rigidez e síntese de colágeno, não sendo constatada uma mudança significativa. Podendo admitir que o desempenho físico muda ao longo do ciclo menstrual por diversos fatores. A composição corporal é uma delas que também pode mudar com um aumento da água corporal da fase folicular para a fase lútea. Podendo ser influenciado com o aumento da progesterona e diminuição da insulina. Podendo levar um maior consumo de alimentos.

De acordo pesquisa atletas não observou diminuição no desempenho físico durante o período menstrual e a dor diminuiu durante o treinamento e a competição. O que pode ter relação com a endorfina que produz após a atividade física a diminuição das dores (KISHALI, et al., 2021) No entanto a pratica de atividade física em excesso por mulheres e com baixa ingestão calórica, podem sofrer com a diminuição dos níveis de estrogênio, muitas passam a ter ciclos amenorreicos, com predisposição para diversas doenças (ASHLEY, et al., 2021), segundo (JANSE de JORGE AS, et al., 2003) considerou por meio de uma antiga revisão sistemática uma que os a influência do ciclo hormonal da mulher leva a queda de rendimento durante a fase folicular, principalmente na força.

Segundo (RANGEL, 2023) em uma obra publicada falando em 161 páginas sobre desempenho de mulheres em diversas práticas esportivas, afirma que faltam estudos longitudinais na literatura, para acompanhar esses achados, (RANGEL, 2023) em uma pesquisa binacional realizada com mulheres praticantes de atividade física regular e rotinas de trabalho, 169 mulheres contribuíram com respostas auto avaliativas, as participantes eram na em faixas etárias entre 18 e 40 anos, 53% relataram ter um ciclo menstrual de 28 dias, avaliando seu desempenho no dia a dia e em algum tipo de exercício físico como ótimo nos primeiros 15 dias pós menstruação, relatado por 73,6% das participantes, assim como 70,2% relataram ter um desempenho de ruim a regular na semana que antecede a sua menstruação, achados esses demonstram ter uma relação entre dias específicos do ciclo menstrual de mulheres com amenorreia regular, dados esses que mostram uma percepção de esforço que as mulheres tem durante seu ciclo menstrual.

Pressupondo que a força e potência é aumentada durante a fase folicular quando ocorre a diminuição da progesterona e sendo seu pico durante o período tardio. E quando a progesterona declina na fase lútea os níveis de força declinam (CARMICHAEL, et al., 2021). Oscilações cíclicas que causam complexidade no ciclo hormonal podem ser um dos fatores para poucos estudos clínicos com mulheres (BRUINVELS, et al 2016) E segundo Carmichael, et al., (2021), é necessário estudos mais bem elaborados para saber como dosar o exercício durante as fases do ciclo hormonal.

Diferentes parâmetros esportivos sofrem alterações ao longo do mês da mulher, porém, a direção desses efeitos ainda são inconclusivos, como mostra uma revisão sistemática

de 2021, (MEIGNIE et al., 2021) reuniu estudos publicados até o ano 2020, utilizando 218 estudos com 314 participantes, onde foram avaliados os efeitos do ciclo menstrual das mulheres atletas de elite, embora, diferenças significativas aconteceram ao longo do estudo, os autores afirmam que estudos longitudinais são necessários para tomar decisões mais assertivas sobre tais características, além das capacidades de força e resistência, alguns estudos abordam uma possível queda também em capacidades coordenativas e equilíbrio de mulheres durante seus dias de menstruação segundo (LEGERLOTZ K, et al., 2018), um teste de senso de posição articular foi realizado para caracterizar mudanças na propriocepção, enquanto perturbações inesperadas em uma prancha de equilíbrio foram usadas para obter medidas de controle postural dinâmico de atletas de nove atletas de hóquei no gelo, demonstrando uma leve alteração na propriocepção dessas atletas durante a semana que antecede a sua menstruação e nos dias da menstruação, fatores esses que podem ser associados com um maior risco de lesões, como indicado por Rangel (2023) a influência dos fatores hormonais podem causar mecanismos de lesão relacionados ao controle neuromuscular e frouxidão ligamentar, além de muitos estudos atuais abordarem uma frequência de lesões de ligamento cruzado anterior (LCA).

De acordo com (HERZBERG SD, et al., 2017) em uma meta-análise e revisão sistemática publicada, demonstraram um risco maior causado por uma frouxidão ligamentar na fase ovulatória e lútea do ciclo menstrual, segundo (SOMERSON JS, et al., 2019) em uma meta-análise e revisão sistemática onde foi concluído que os riscos de lesões em LCA são consequências de uma prevalência na frouxidão ligamentar nas fases lúteas e dias de menstruação.

Outra capacidade que se relaciona com o ciclo hormonal das mulheres é a resistência aeróbia segundo (KISSOW J, et al., 2022) por meio de uma revisão sistemática concluiu um aumento no rendimento aeróbio durante a fase folicular quando comparada com a fase lútea, de acordo com (HEILING VJ, et al., 1992) em estudos com exames de sangue em atletas e praticantes de atividade física regular, não demonstrou uma utilização acima do normal de ácidos graxos durante as fases do ciclo hormonal, de acordo com (RANGEL, 2023), alterações em impulsos ventilatórios com alterações, uma maior ventilação e melhoras no VO<sub>2</sub> máx, foram relatados durante a fase lútea, também foi identificado uma resistência em torno de 8% maior e um armazenamento de glicogênio acima da fase folicular.

A maior parte dos estudos apontam que o início do ciclo hormonal das mulheres é a fase onde a maior parte de seus benefícios acontecem, como melhora da força e desempenho relacionado ao treinamento, além de ter os menores riscos de lesões, o aumento do estrogênio, a maior produção de testosterona são fatores apontados como principais nesses mecanismos, contudo a associação da fase lútea relacionada a sintomatologia emocional negativa até uma semana antes e durante a menstruação, podem afetar o rendimento das mulheres também, tornando assim a fase folicular tardia

uma possível etapa do mês onde as mulheres teriam seus desempenhos acima das outras fases do mês (RANGEL, 2023, ÁLVAREZ, et al, 2022)

As alterações do ciclo hormonal da mulher ao longo do mês têm uma constante relação com seu eixo hormonal, principalmente na oscilação entre estrogênio, progesterona e testosterona, também as oscilações entre os hormônios LH e FSH são importantes para a relação entre desempenho e ciclo hormonal.

## 4 | CONCLUSÃO

Concluindo, o estudo parece haver relações entre desempenho e os hormônios estrogênio e progesterona durante diferentes fases do ciclo. Necessário estudos mais elaborados para evidenciarmos como dosar de forma correta uma periodização do treinamento que contemple as diferentes fases do ciclo hormonal da mulher. Parece haver relações nas diferentes fases do ciclo hormonal e um maior risco de lesão visto que algumas articulações apresentam frouxidão ligamentar em determinadas fases do ciclo menstrual, as primeiras fases do ciclo hormonal da mulheres apresentam os melhores resultados, principalmente a fase folicular tardia e período de ovulação.

Por fim, estudos futuros sobre essas variações de desempenho, volume e intensidade, dentre outras variáveis de treinamento em cada fase hormonal, devem fazer uma investigação mais detalhada para dosar melhor o treinamento.

## REFERÊNCIAS

AGENCIA BRASIL. 43% dos adultos são sedentários no Brasil. Agencia Brasil, 2019. Disponível em: <<https://agenciabrasil.etc.com.br/saude/noticia/2020-11/ibge-403-dos-adultos-sao-considerados-sedentarios-no-brasil>>. Acesso em: 24/04/2023.

Álvarez F, Fernández-Folgueiras U, Méndez-Bértolo C, Kessel D, Carretié L. Menstrual cycle and exogenous attention toward emotional expressions. **Horm Behav.** 2022 Nov;146:105259. doi: 10.1016/j.yhbeh.2022.105259. Epub 2022 Sep 15. PMID: 36116197.

BRUINVELS G, Burden RJ, McGregor AJ, Ackerman KE, Dooley M, Richards T, Pedlar C. Sport, exercise and the menstrual cycle: where is the research? **Br J Sports Med.** 2017 Mar;51(6):487-488. doi: 10.1136/bjsports-2016-096279. Epub 2016 Jun 6. PMID: 27267895.

CARMICHAEL MA, Thomson RL, Moran LJ, Wycherley TP. The Impact of Menstrual Cycle Phase on Athletes' Performance: A Narrative Review. **Int J Environ Res Public Health.** 2021 Feb 9;18(4):1667. doi: 10.3390/ijerph18041667. PMID: 33572406; PMCID: PMC7916245.

CONSTANTINI NW, Dubnov G, Lebrun CM. The menstrual cycle and sport performance. **Clin Sports Med.** 2005 Apr;24(2):e51-82, xiii-xiv. doi: 10.1016/j.csm.2005.01.003. PMID: 15892917.

ASHLEY CD, Kramer ML, Bishop P. Estrogen and substrate metabolism: a review of contradictory research. **Sports Med.** 2000 Apr;29(4):221-7. doi: 10.2165/00007256-200029040-00001. PMID: 10783898.

FINDLAY RJ, Macrae EHR, Whyte IY, Easton C, Forrest Née Whyte LJ. How the menstrual cycle and menstruation affect sporting performance : experiences and perceptions of elite female rugby players. **Br J Sports Med.** 2020 Sep;54(18):1108-1113. doi: 10.1136/bjsports-2019-101486. Epub 2020 Apr 29. PMID: 32349965.

HERZBERG SD, Motu'apuaka ML, Lambert W, Fu R, Brady J, Guise JM. The Effect of Menstrual Cycle and Contraceptives on ACL Injuries and Laxity: A Systematic Review and Meta-analysis. **Orthop J Sports Med.** 2017 Jul 21;5(7):2325967117718781. doi: 10.1177/2325967117718781. PMID: 28795075; PMCID: PMC5524267.

JANSE DE JONGE XA. Effects of the menstrual cycle on exercise performance. **Sports Med.** 2003;33(11):833-51. doi: 10.2165/00007256-200333110-00004. PMID: 12959622.

KISHAL NF, Imamoglu O, Katkat D, Atan T, Akyol P. Effects of menstrual cycle on sports performance. **Int J Neurosci.** 2006 Dec;116(12):1549-63. doi: 10.1080/00207450600675217. PMID: 17145688.

KISSOW J, Jacobsen KJ, Gunnarsson TP, Jessen S, Hostrup M. Effects of Follicular and Luteal Phase-Based Menstrual Cycle Resistance Training on Muscle Strength and Mass. **Sports Med.** 2022 Dec;52(12):2813-2819. doi: 10.1007/s40279-022-01679-y. Epub 2022 Apr 26. PMID: 35471634.

LEGERLOTZ K, Bey ME, Götz S, Böhlke N. Constant performance in balance and proprioception tests across the menstrual cycle - a pilot study in well trained female ice hockey players on hormonal contraception. **Health Sci Rep.** 2017 Nov 24;1(1):e18. doi: 10.1002/hsr2.18. PMID: 30623036; PMCID: PMC6266417.

MEIGNIÉ A, Duclos M, Carling C, Orhant E, Provost P, Toussaint JF, Antero J. The Effects of Menstrual Cycle Phase on Elite Athlete Performance: A Critical and Systematic Review. **Front Physiol.** 2021 May 19;12:654585. doi: 10.3389/fphys.2021.654585. PMID: 34093223; PMCID: PMC8170151.

MCNULTY KL, Elliott-Sale KJ, Dolan E, Swinton PA, Ansdell P, Goodall S, Thomas K, Hicks KM. The Effects of Menstrual Cycle Phase on Exercise Performance in Eumenorrhoeic Women: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Med.** 2020 Oct;50(10):1813-1827. doi: 10.1007/s40279-020-01319-3. PMID: 32661839; PMCID: PMC7497427.

OOSTHUYSE T, Bosch AN. The effect of the menstrual cycle on exercise metabolism: implications for exercise performance in eumenorrhoeic women. **Sports Med.** 2010 Mar 1;40(3):207-27. doi: 10.2165/11317090-000000000-00000. PMID: 20199120.

OLEKA CT. Use of the Menstrual Cycle to Enhance Female Sports Performance and Decrease Sports-Related Injury. **J Pediatr Adolesc Gynecol.** 2020 Apr;33(2):110-111. doi: 10.1016/j.jpag.2019.10.002. Epub 2019 Oct 31. PMID: 31678355.

ONIEVA-ZAFRA MD, Fernández-Martínez E, Abreu-Sánchez A, Iglesias-López MT, García-Padilla FM, Pedregal-González M, Parra-Fernández ML. Relationship between Diet, Menstrual Pain and other Menstrual Characteristics among Spanish Students. **Nutrients.** 2020 Jun 12;12(6):1759. doi: 10.3390/nu12061759. PMID: 32545490; PMCID: PMC7353339.

RANGEL, KL. **Treinamento feminino: O lado forte do sexo frágil.** 1ª edição. Santana do Livramento, RS: Clube dos autores, 2023.



ROMERO-MORALEDA B, Coso JD, Gutiérrez-Hellín J, Ruiz-Moreno C, Grgic J, Lara B. The Influence of the Menstrual Cycle on Muscle Strength and Power Performance. **J Hum Kinet.** 2019 Aug 21;68:123-133. doi: 10.2478/hukin-2019-0061. PMID: 31531138; PMCID: PMC6724592.

SAMANSCHI L, Stroescu V, Botezatu-Antonescu L, Dumitru C, Anastasiu C. Implications des séquences hormonales du cycle menstruel sur le rendement chez l'équipe nationale de canotage féminin [The implications of the hormonal sequences of the menstrual cycle for the performance of the national female rowing team]. **Endocrinologie.** 1989 Apr-Jun;27(2):97-104. French. PMID: 2799244.

SOMERSON JS, Isby IJ, Hagen MS, Kweon CY, Gee AO. The Menstrual Cycle May Affect Anterior Knee Laxity and the Rate of Anterior Cruciate Ligament Rupture: A Systematic Review and Meta-Analysis. **JBJS Rev.** 2019 Sep;7(9):e2. doi: 10.2106/JBJS.RVW.18.00198. PMID: 31490339.