

# 第47回

## 岡山スポーツ医科学研究会

日時：2023年7月22日（土）

会場：岡山大学鹿田キャンパス 鹿田会館 講堂

# 第47回岡山スポーツ医科学研究会・総会プログラム

日時：2023年7月22日（土）14時40分より

場所：岡山大学鹿田キャンパス 鹿田会館 講堂(旧生化学棟)

岡山市北区鹿田町2-5-1 TEL: 086-235-7272

## 開会の辞 14:40-14:45

I. 教育講演 14:45-15:15 座長：光生病院 島村 安則先生

「アスリートが知っておくべき食べ方」

中国学園大学 現代生活学部 人間栄養学科 教授 真鍋 芳江先生

II. 一般発表 15:35-16:25 座長：岡山県立大学 綾部 誠也先生

1) 膝蓋腱の部位特異的な材料特性が局所応力とその分布に与える影響

岡山大学教育推進機構 榎本翔太

2) 実業団女子長距離選手における大腿骨近位部骨折の3例

岡山大学学術研究院教育学域 津島愛子

III. 特別講演 16:35-17:35 座長：岡山大学教育推進機構 鈴木 久雄先生

「シン・骨格筋バイオメカニクス：筋腱の粘弾性と相互作用に着目して」

兵庫教育大学 教授 小田 俊明先生

IV. 総会 17:35-17:45

# 教育講演

# アスリートが知っておくべき食べ方

中国学園大学現代生活学部人間栄養学科  
真鍋 芳江

国際オリンピック委員会（IOC）のスポーツ栄養に関する合意声明に『普通に入手できる多くの種類の食べ物から適切なエネルギーを補給していれば、トレーニングや競技に必要な糖質（炭水化物）・たんぱく質・脂質、そして微量栄養素の必要量をとることができる。正しい食事はスポーツ選手が適切な体重や身体組成を獲得し、それぞれの競技で大きな成功を収めるのに役立つであろう。』とあげている。人が体内で利用する栄養素は、糖質、脂質、たんぱく質、ビタミン、ミネラル、食物繊維である。それぞれの栄養素の役割を図1に示す。これらの栄養素は多すぎても不足してもからだに何かしら不調をきたすため、栄養素は過不足なく摂取する必要がある。そのための食べ方が「バランスよく食べる」である。「バランスよく食べる」食べ方が食事の基本形になり、主食、主菜、副菜、牛乳・乳製品、果物の5つをそろえた形になる。これら摂取しなければならない栄養素の構成は、スポーツをしていない人と変わらない。しかし、スポーツ選手の場合、日常生活で消費される分にプラスして、トレーニングのためのエネルギー量と栄養素量をより多くとることが必要になり、「毎日の食事からこれらを過不足なく摂取すること」それがスポーツ選手としての強いからだづくりと、コンディショニングにおいてとても重要なポイントになる。このように、スポーツ選手の食事は、勝つための特別な食べ物やサプリメントが存在するわけではなく、日々の食べ方が大切になってくる。本講演では、アスリートが身につけたい食べ方について解説するとともに、ジュニアアスリート、女性アスリートにおける注意すべき点も解説する。

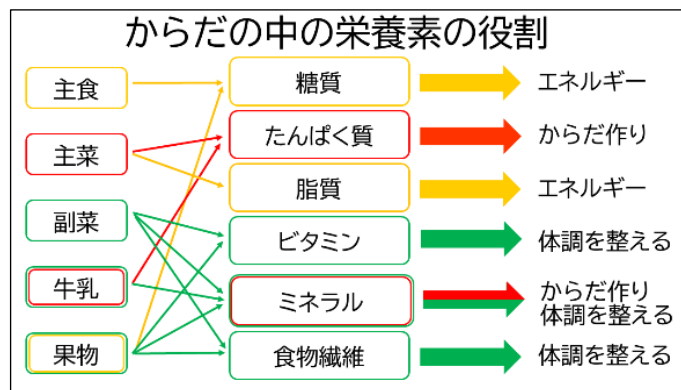


図1 からだの中の栄養素の役割

# 一般発表

# 膝蓋腱の部位特異的な材料特性が局所応力とその分布に与える影響

岡山大学教育推進機構

榎本翔太

兵庫教育大学学校教育研究科

小田俊明

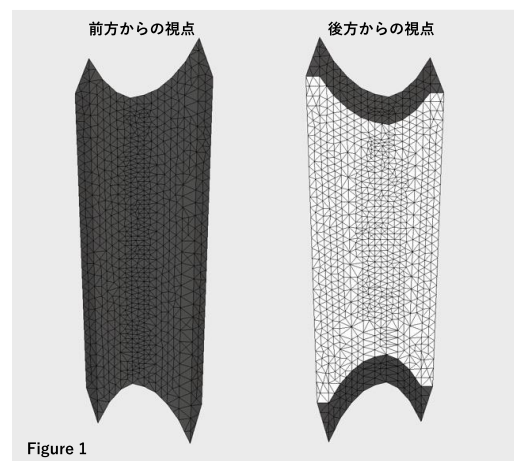
## 1. 背景

膝蓋腱炎は腱内で一様に発生するわけではなく、後方近位部で好発する(Dillon et al., 2008)。膝蓋腱炎の発生には、過度な引張応力やひずみに関連すると考えられていることから、近年、構造体内で生じる応力やひずみの挙動を推定できるシミュレーション手法である有限要素解析（以下「FEA」）を用いて、負荷時に膝蓋腱内で生じる応力やひずみを推定する試みがなされている(e.g., Wang et al., 2020)。例えば、Wang et al. (2020) は FEA を用いて歩行時に膝蓋腱内で生じる応力とひずみの分布を調査し、後方近位部ではその他の部位と比較して大きな応力とひずみが生じることを明らかとした。そしてその結果から、応力やひずみの集中が膝蓋腱炎の発生やその位置と関連している可能性を指摘した。また、類似した結果がその他の FEA を用いた研究でも得られている (Lavagnino et al., 2008)。

一方で、それらの FEA の研究は膝蓋腱の材料特性が均一であることを仮定しているという問題点がある。in vitro 研究により膝蓋腱は前方と後方で線維の材料特性が異なることが報告されている (Hansen et al., 2010)。例えば Hansen et al. (2010) は、膝蓋腱前方の線維は後方の線維と比較して降伏応力、最大応力などが著しく大きいことを報告した。腱内の材料特性の部位特異性は応力やひずみの大きさや分布に影響すると考えられることから、膝蓋腱炎発生により詳細なメカニズムを理解するためには、線維の材料特性における部位特異性を考慮したモデルでの検討が必要となる。そこで本研究は前方と後方で異なる材料特性を持つ膝蓋腱の 3 次元有限要素モデルを開発し、引張負荷時の応力を分析することで、膝蓋腱の部位特異的な材料特性が局所応力とその分布に与える影響を調査することを目的とした。

## 2. 方法

Basso et al. (2002) ならびに Oikawa et al. (2019) が報告している膝蓋腱の形状特性に基づき人工的な 3 次元膝蓋腱モデルを作成した後、前額面においてモデルを二等分した (Figure 1)。前方と後方の物性値には実験値 (Hansen et al., 2010) を元に Mooney-Rivlin モデルを使用した。比較のために、前方と後方に同じ物性値を入力したモデルも作成した。本研究で用いた実験モデルは以下の 2 つであった。①前方と後方にそれぞれ Hansen et al. (2010) が報告している前方と後方の線維の材料特性を与えたモデル（以下「Two\_mat」）、②前方と後方の両方に Hansen et al. (2010) が報告している前方の材料特性を与えたモデル（以下「One\_mat」）。

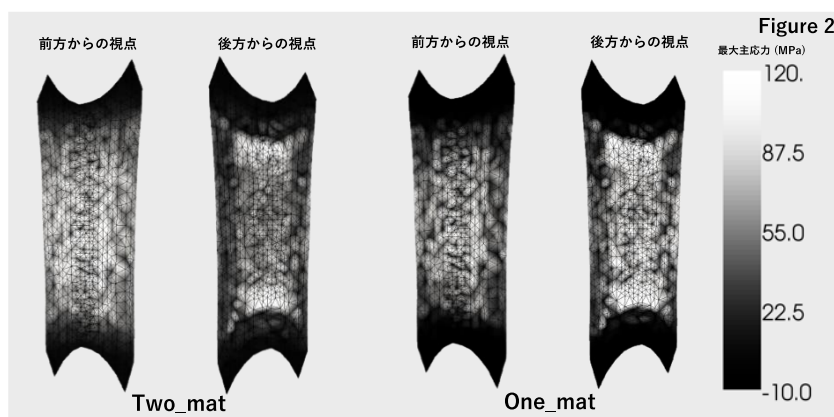


なお、Two\_mat モデルにおいて前方に入力された物性値は、後方よりもヤング率が高い（いわゆる硬い）ものであった。膝伸展運動時に膝蓋腱にかかる負荷をシミュレートするために、近位面は長軸方向のみの変位を許容し、8% (Kubo et al. (2014) が報告する等尺性膝進展筋力発揮中の膝蓋腱の最大ストレイン) の引張負荷をかけた。遠位面

は完全に固定した。FEAにはV-Biomechを用いた (Alves et al., 2010)。前方、後方それぞれで最大主応力を算出した。さらに、後方では近位部、中間部、遠位部のそれぞれで最大主応力を算出した。

### 3. 結果と考察

Two\_mat モデルにおいては前方 (48.9 MPa) で後方 (37.4 MPa) と比較して大きな最大主応力が観測された (Figure 2)。一方で、One\_mat モデルにおいてはその逆



となった (前方:50.5 MPa、後方:60.0 MPa)。Two\_mat モデルは前方に硬い物性値、後方に柔らかい物性値を入力した部位特異的な材料特性を考慮したモデルである。そのモデルでは、部位特異的な材料特性を考慮しないモデルである One\_mat モデルと相反する結果が得られたことは、部位特異的な材料特性が、負荷時の応力分布に影響することを示していると考えられる。

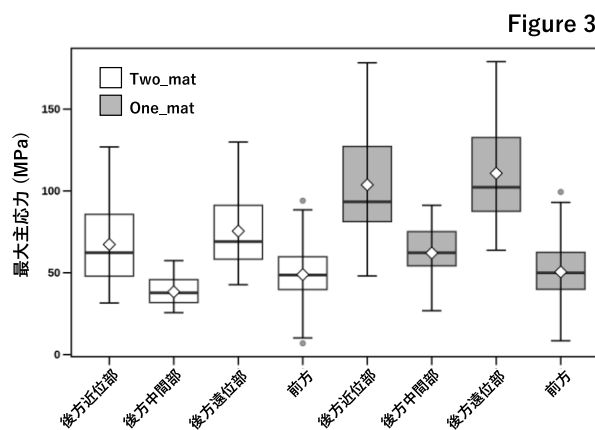
後方について、近位部、中間部、遠位部の3部位に分けて最大主応力を算出したところ、両モデルで近位部と遠位部において中間部と比較して高い最大主応力が観測された (Figure 2, 3)。このことは、部位特異的な材料特性を考慮するかどうかに関わらず、後方においては近位部と遠位部に応力が集中することを示しており、両モデルで形状が共通だったことを考慮すると、これは膝蓋腱特有の形状特性に由来するものと考えられる。さらに特筆すべきは、両モデルにおける近位部と遠位部の最大主応力の値は前面の値よりも大きかったことである (Figure 3)。先行研究において膝蓋腱の後方の線維は前方の線維と比較して降伏応力、最大応力などが著しく小さいことが報告されていること (Hansen et al., 2010) と、本研究の結果を合わせて考えると、材料的に弱い後方の線維に対して膝蓋腱特有の形状特性に起因すると考えられる大きな応力がかかることが、膝蓋腱炎発生の原因の一つである可能性がある。

### 4. 結論

本研究では、部位特異的な材料特性が膝蓋腱に負荷を与えた時の応力分布に影響すること、また部位特異的な材料特性を考慮するかどうかにかかわらず、負荷時には膝蓋腱後方における近位部と遠位部には大きな応力がかかることが明らかとなった。

### 5. 文献

Alves et al., CMBBE2010, 2010  
 Basso O et al. *Clin Orthop Relat Res* **400**: 246-253, 2002.  
 Dillon EM et al. *Am J Sports Med* **36**: 2119-2127, 2008.  
 Hansen P et al. *J Appl Physiol* **108**: 47-52, 2010.  
 Kubo K et al. *J Appl Biomech* **30**: 415-422, 2014.



Lavagnino M et al. *Am J Sports Med* **36**: 2110-2118, 2008.

Oikawa R et al. *Knee* **26**: 302-309, 2019.

Wang K et al. *Int J Numer Meth Biomed Eng* **36**: e3379, 2020.



# 実業団女子長距離選手における大腿骨近位部疲労骨折の3例

津島愛子<sup>1) 2)</sup>、三村由香里<sup>1)</sup>、千田益生<sup>3)</sup>、山田和希<sup>4)</sup>、林正典<sup>2)</sup>

1) 岡山大学学術研究院 教育学域 2) 岡山済生会総合病院 整形外科 3) かがわ総合リハビリテーション病院 4) 岡山大学学術研究院 医歯薬学域 運動器医療材料開発講座

## 【はじめに】

大腿骨近位部の疲労骨折は稀な疾患であり、そのうち大腿骨頸部疲労骨折は下肢疲労骨折全体の1～2.5%とされる(佐々木ら、2022)。A 実業団陸上競技部(以下、実業団とする)の過去23年間(1992年～2015年)に発症した疲労骨折のうち、大腿骨近位部疲労骨折の症例はなかった(津島ら、2016)。しかし、2016年～2022年の6年間で大腿骨近位部疲労骨折の発症が3例あった。そのうち2例は、カーボンプレートが入った厚底シューズ装着時に発症していた。大腿骨近位部疲労骨折は、骨折型や診断の遅れによる骨折の転位、大腿骨頭壊死、変形性股関節症などの合併症を招く可能性があり、早期発見が重要な疾患である。本研究では、3例の自験例に考察を加えて報告をする。

## 【方法】

対象は実業団に所属または所属していた女子長距離選手のうち、実業団所属期間中に大腿骨近位部疲労骨折を発症した3名である。体格(BMI、%Fat)、骨密度(腰椎)、既往、血液検査(Hb、Zn、25OHビタミンD、骨代謝マーカー)、単純X線、MRI、競技復帰期間を調査項目とした。

## 【結果】

発症年齢は20～27歳、BMI 17.2～18.4、%Fat 12.4～16.8%、Zスコア(腰椎骨密度) -1.2～-1.7であった。陸上競技の継続に支障が出るほどの股関節部痛を主訴に整形外科を受診した。全ての症例で、レースまたは練習中に発症(そのうち2例はカーボンプレート入りの厚底シューズ装着時)し、単純X線で明らかな異常所見を認めなかった。無月経があった選手は2例であった。MRIにて1例は大腿骨頸部疲労骨折(内側・圧迫型)、1例は大腿骨頸基部疲労骨折、1例は大腿骨小転子・転子下疲労骨折の診断を得た。3例に共通して小転子・腸腰筋附着部に輝度変化を認めた。全ての症例において保存的に加療した。運動制限や骨癒合の評価は、身体所見(圧痛・ROM・hop test)、MRI、単純X線像により行った。スポーツ競技復帰までの期間は約3ヶ月半～4ヶ月であった。

## 【考察】

厚底シューズの導入に伴い、大腿骨近位部の疲労骨折が2例発症した。厚底シューズは、男性長距離選手において股関節障害の発生リスク(植山ら、2022)と関連があるという報告がある。本研究の結果から、女性長距離選手においても同様の傾向があることが示唆された。3例とも、女性アスリートの3主徴のエネルギー不足(BMI17.5以下)、骨量減少(Zスコア-1.0以下)、無月経のいずれかに該当していた。女性アスリートの3主徴がみられる場合は、疲労骨折のリスクが高くなることが報告されている(能瀬ら、2017)。本症例においても、同様の可能性が示唆された。

全ての症例において大腿骨近位部内側に疲労骨折が生じていた。大腿骨頭に頸部軸に沿った圧迫力が加わると、皮質への圧迫力が近位内側に強く生じると報告されている(横田、2022)。小転子部の骨髓浮

腫と腸腰筋の付着部炎を伴っていた。小転子部と腸腰筋の付着部に長期的な負荷が加わることによって、小転子の裂離が生じ大腿骨内側の強度が弱くなり、疲労骨折が発症した可能性があることが示唆された。

# 特別講演

## シン・骨格筋バイオメカニクス：筋腱の粘弾性と相互作用に着目して

兵庫教育大学

小田 俊明

骨格筋は収縮装置としての筋線維のみで構成されず、筋線維がコラーゲンや弾性蛋白を含む結合組織に各階層で覆われている (e. g. 腱膜, 筋膜). これら結合組織は単に力伝達の役割を果たすだけでなく、その粘弾性により筋線維の長さ変化と相互作用し、収縮力やパワー発揮に大きな影響を与えることが知られてきた. 本発表では、この筋と結合組織（腱組織）の働き合いに着目し、筋腱複合体としての骨格筋機能や傷害との関係について再考したい. 先行研究の重要知見と、我々の研究室での実験、ならびにシミュレーションの知見を紹介する.