

令和2年度 博士学位論文

論文題目

高校男子サッカー選手における腰痛と姿勢に関する研究

東京有明医療大学大学院  
保健医療学研究科  
保健医療学専攻  
柔道整復学分野

学籍番号：5218002

氏名：手島 遼太

## 目次

第1章	序論	1
1-1	本研究の背景	2
1-2	本研究の目的	8
1-3	本研究の課題	8
第2章	高校男子サッカー選手の腰痛に関する調査	9
2-1	背景・目的	10
2-2	対象	11
2-3	方法	11
2-4	結果	11
2-5	考察	14
2-6	まとめ	16
第3章	高校男子サッカー選手における腰痛と身体特性に関する研究	17
3-1	背景・目的	18
3-2	対象	19
3-3	方法	20
3-4	結果	22
3-5	考察	25
3-6	限界点	27
3-7	まとめ	27
第4章	高校男子サッカー選手の腰痛と姿勢に関する研究	28
4-1	背景・目的	29
4-2	対象	29
4-3	方法	30
4-4	結果	34
4-5	考察	36
4-6	限界点	38
4-7	まとめ	38
第5章	総括	39
5-1	結論	40
5-2	今後の展望	41
	謝辞	42
	参考文献	43

## 第 1 章

### 序論

## 1-1 本研究の背景

### 【1-1-1 腰痛について】

腰痛は、国民の8割が人生に一度は経験するといわれており[1]、令和元年度の国民生活基礎調査[2]における有訴者率は男性で1位、女性で2位と男女ともに上位を占めている。その腰痛は特異的腰痛と非特異的腰痛の2つに大別され、原因が特定できない非特異的腰痛が85%と多くの割合を占めている[3]。さらに本邦では、国民の腰痛罹患率の増加に伴い、医療費が増加するなどの経済的損失も問題とされている[4]。また腰痛は、一般健常人に限らずスポーツ選手においても好発する代表的なスポーツ傷害である。スポーツ種目の違いにより異なるが、スポーツ選手の腰痛発生割合は一般的に高いとされている。その中でも本邦においてサッカーは国民的スポーツであり、サッカー選手における腰痛発生割合は、大規模な調査では1.8~4%[5][6][7]、フランスのエリートユース選手528名を対象とした10年間の調査では9.8%と報告されている[8]。また、サッカー選手は小学生期と比較して中高生期に障害が多いことが報告されている[9]。サッカー選手に腰痛や下肢の障害が多い理由として、サッカーの競技特性であるランニング、キック、ジャンプなどの動作や片脚で全体重を支えること、フィジカルコンタクトなどから、腰部や下肢に障害が集中していると報告されている[10]。さらに競技歴が長くなるほど腰痛などの慢性疾患が多く、サッカー競技中に行われる繰り返しの動作で骨、関節、筋、靭帯に負担がかかり障害が発生する[9]。

スポーツ選手が腰痛を罹患することにより、競技パフォーマンスの低下や試合を欠場せざるを得ない場合も考えられるため、サッカー選手の腰痛の予防を目的としたスクリーニングの方法を確立する事が急務であると考えられる。

### 【1-1-2 姿勢について】

姿勢は、前かがみ姿勢やフラット姿勢、スウェイバック姿勢などに分類されることが多い[11] (図 1-1)。一般的な姿勢の指標として、矢状面における評価では、耳垂、肩峰、大転子、膝蓋骨後面、外果前方が一直線上にある状態が良い姿勢といわれている。柔道整復師の臨床現場においても姿勢の評価は重要である。しかし、これらの指標は外見的な評価であり、詳細な測定値を得るためには機器を使用した測定が必要であると考えられる。具体的な数値を得るためには、X線撮像が必要となるが、コストや時間がかかること、また少なからず放射線による身体への被曝があるため侵襲的な評価であると考えられる。一方で、スパイナルマウス(Index社製)は、コストがかからず、持ち運びや測定が簡便であり、非侵襲的に姿勢評価を行うことができることから、スパイナルマウスを用いた姿勢および脊柱アライメントに関する研究が報告されている。本研究では、高校男子サッカー選手を対象としており、練習や試合がほとんど毎日行われていること、また身体に与える影響が少ない非侵襲的な機器であることから、実際のフィールドや臨床現場にも活用できるスパイナルマウスを用いた脊柱アライメントの評価を選択した。

Kendall et al. [11]は、良い姿勢とは筋と骨格のバランスの取れた状態と定義している。特に腰部の安定性は、骨や靭帯のみ(付着する骨格筋を除く)では不安定となり、腹部や腰部など体幹周囲の骨格筋が存在することで腰部の安定性(剛性)が保たれる。そのため、姿勢評価だけでなく姿勢を保持する筋についても併せて評価する必要があると考えられる。筋の評価には、筋電図による筋活動やバイオデックスによる筋力の評価が多く行われている。しかし、これらの機器をフィールドや臨床現場に用いることは不可能であり、持ち運びや測定が簡便である超音波画像装置を用いた筋の評価が必要ではないかと考えた。また、近年では柔道整復師の臨床現場に超音波画像装置が普及しており、高校サッカー選手の腰痛に関する有益な情報を提供するだけでなく、柔道整復師の臨床現場に役立つ情報になると考えられる。

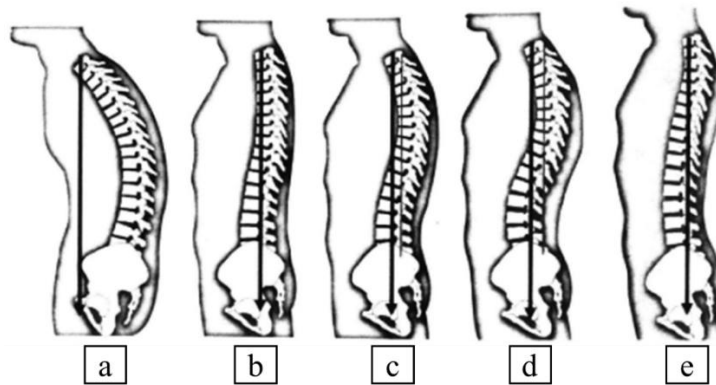


図 1-1. Kendall の分類

a : 前かがみ姿勢, b : フラット姿勢, c : 中間位, d : スウェイバック姿勢, e : 伸展姿勢

### 【1-1-3 脊柱アライメント】

先行研究において、脊柱アライメントの正常範囲は研究間でばらつきが大きく、一致した見解が得られていない。X線を用いた先行研究では、Bernhard et al. [12]は4.6～29.8歳の102名を対象とし胸椎後弯角度が平均36°、腰椎前弯角度が平均-44°、Gelb et al. [13]は100名を対象とし胸椎後弯角度が23～45°、腰椎前弯角度が-74～-54°、小林ら[14]は405名を対象とし胸椎後弯角度が20～50°、腰椎前弯角度が-60～-20°であったと報告している。そのため各弯曲角度の正常範囲は幅広いことが考えられる。

宝亀[15]のスパイナルマウスを用いた脊柱アライメントの測定値は、胸椎後弯角度が平均39.8°、腰椎前弯角度が平均-23.7°と報告されている。白田ら[16]は、17歳～28歳の大学生93名(男性17名)を対象にスパイナルマウスを用いて脊柱アライメントを検討した結果、胸椎後弯角度は38.3°(26°～51°)、腰椎前弯角度は17.4°(3.0～40°)、仙骨傾斜角度は4.2°(-8.0～19)と報告している。さらに宝亀のスパイナルマウスによる矢状面の姿勢評価はX線像で得られた数値とほぼ同等で、測定値の再現性、有用性についても報告している[15]。測定機器の信頼性は担保されていることから、柔道整復師の臨床現場において、スパイナルマウスを用いた非侵襲的な脊柱アライメントの評価を行うことが可能であると考える。

また、Offierski と Macnab[17]は、腰椎、骨盤、股関節が隣接する関節と密接に関連しており、Hip-spine syndrome の概念を提案した。腰椎骨盤リズム[18]は、体幹の前後屈運動中の腰椎と骨盤の運動の関係を示している。脊椎、骨盤、股関節の関係性は、これらの概念に不可欠である。また腰椎と骨盤の関係性について Kobayashi et al. [19]は、腰椎前弯角度を決定する因子は仙骨傾斜であると述べられており、他の研究でも腰椎と仙骨が強く相関関係を示すことが報告されている。Hip-spine syndrome や腰椎骨盤リズムのように体幹の動作では、骨盤が基準となっており、腰椎—骨盤(仙骨)に関しては多く報告されているが、骨盤と股関節可動域については明らかでない。

### 【1-1-4 腰痛と脊柱アライメント】

19～79歳の健常成人180名、21～58歳の腰痛患者36名を対象とし、スパイナルマウスを用い比較した結果、腰痛群は健常群に比し腰椎前弯角度が7.8°減少したと報告している[15]。また、辻ら[20]はX線を用い腰痛の有無で比較した結果、腰椎前弯角度は腰痛群で平均-50.3°、健常群で平均-54.2°と腰痛群において腰椎前弯角度が約4°減少したと報告している。これらの先行研究により、腰痛患者では腰椎前弯角度の減少が腰痛の発生に関与していると考えられる。しかし高校サッカー選手を対象とした姿勢評価の報告は少ない。

また、近年ではスマートフォンの普及などを背景に、若年者においても不良姿勢(いわゆる猫背姿勢)を有する者が多く認められる。Feng et al. [21]は、スパイナルマウスを用いて、中学生と高校生の脊椎の形態と機能を調査し、過度な胸椎後弯角度(TKA)と腰椎可動性の制限が青年期の非特異的腰痛の危険因子であること報告している。しかし、高校男子サッカー選手を対象とした脊柱アライメントと腰痛に関する報告はない。

### 【1-1-5 ローカル筋およびグローバル筋について】

体幹筋群は、体幹浅層筋のグローバル筋と体幹深層筋のローカル筋に大別される(図 1-2)。グローバル筋は、腹直筋、外腹斜筋、脊柱起立筋など腰椎をまたいで付着し、大きなトルクを発生させる。ローカル筋は、腰部多裂筋、腹横筋、大腰筋など各腰椎に分節的に付着することから分節的な動きの制御に関与している。中でも、腰部多裂筋、腹横筋、横隔膜、骨盤底筋群はインナーユニットと呼ばれ、それぞれが協調的に作用し骨盤帯の安定性を得ていると考えられている。以上のことから、体幹の安定性を評価するためには、姿勢を保持する筋であるローカル筋を調査する必要があると考えられる。

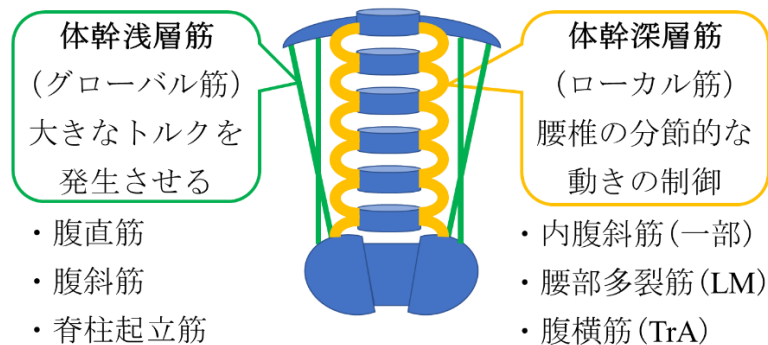


図 1-2. ローカル筋およびグローバル筋の分類

### 【1-1-6 腰部多裂筋について】

仙骨から腰椎までの下位区分に属する腰部多裂筋は、5つの筋束より構成され、横突棘筋のうち腰椎の内側に位置する。腰部多裂筋の起始は、仙骨後面、仙腸靭帯、各腰椎横突起から内上方に走行し、起始部より2~4椎上位の棘突起に停止する(図1-3)。腰部多裂筋の筋束は、下位腰椎ほど筋腹が増加し、腰仙骨移行部で最も大きな筋となる。また、脊柱起立筋をなす腰最長筋や腰腸肋筋の横断面積は下位腰椎ほど減少する。そのため、腰部多裂筋は腰椎レベルの支持性に最も貢献する筋肉であることが報告されている[22]。また、走行方向の椎間関節の滑走運動を制御することによって、脊椎へのストレスを制御するため、脊椎の構造を保護する唯一の筋肉であると考えられている[23]。

### 【1-1-7 腰痛と腰部多裂筋】

先行研究における腰痛患者の体幹筋に関する調査では、Magnetic Resonance Imaging (MRI)、Computed Tomography(CT)および超音波画像装置を用いた研究が数多く行われており、体幹深層筋の機能不全が腰痛に関与することが報告されている[24]。また Hides et al. [25]や Mayer et al. [26]のMRIやCTを用いた研究では、腰痛患者の腰部多裂筋の萎縮、脂肪組織への置換といった構造的変化を報告している。さらに、超音波画像装置を用いた片側性腰痛患者の評価では、患側の腰部多裂筋の横断面積が健側に比し有意に減少していると報告されている[27]。超音波画像装置を用いた腰部多裂筋の測定信頼性については高いことが証明されており[28, 29]、妥当性についてもMRIやワイヤ電極を用いた研究で証明されている[30] [31]。このことから超音波画像装置を用い簡便かつ非侵襲的に腰部多裂筋の信頼性のある評価を行うことが可能であると考えられる(図1-4)。

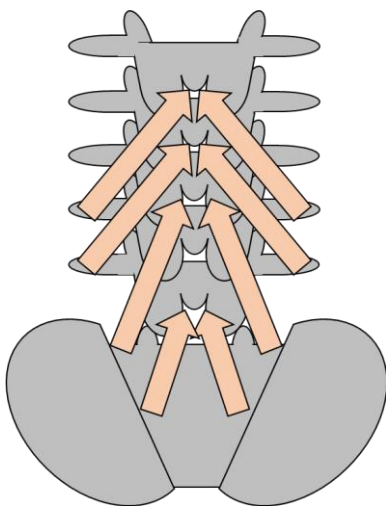


図1-3. 腰部多裂筋(LM)の走行

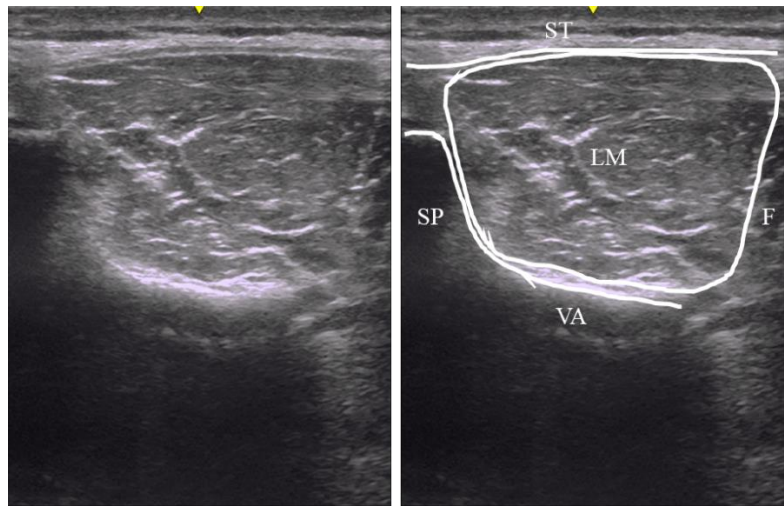


図1-4. 腰部多裂筋(LM)の横断面積

ST : subcutaneous tissue (皮下組織)

SP : spinal process (棘突起)

VA : vertebral arch (椎弓)

F : fascia (筋膜)

LM : lumbar multifidus muscle (腰部多裂筋)



### 【1-1-8 腹横筋について】

腹横筋は、第7～12肋軟骨、胸腰筋膜、腸骨稜内面、鼠径靭帯から起始し、胸骨剣状突起、白線(弓状線より上は腹直筋鞘の後葉、弓状線より下は腹直筋鞘の前葉)、恥骨(恥骨結合、恥骨櫛)を停止とする筋である(図1-5)。また、上部線維(胸郭下縁から水平方向に走行)と中部線維(胸腰筋膜を介して腰椎に付着)と下部線維(腸骨稜と鼠径靭帯に起始を持つ線維)の3つの領域に分けられる。腹横筋の作用は、下位肋骨を下方に引き下げ、両側性に収縮することで胸腰筋膜や腹部前方筋膜の緊張および腹囲の減少が起こり、その結果として腹圧を上昇させる[32]。また、腹横筋の収縮による胸腰筋膜の緊張は、ニュートラルゾーンにおける腰椎の剛性を向上させることが報告されている[33]。さらに、仙腸関節の安定性を増加させることが報告されている[34]。

### 【1-1-9 腰痛と腹横筋】

腹横筋は、上肢挙上時に主動筋である三角筋に先行して活動すること[35]や下肢の運動でも同様に早く活動すること[36]が明らかとなっている。体幹深層筋の Stabilizer 機能が適切に作用しないと、腰椎の分節間に不安定性が生じ、椎間関節障害や椎間板障害、仙腸関節障害などを引き起こすとされている。これらの後療法において腹横筋の機能向上が重要であると多くの研究で報告されている[37-39]。

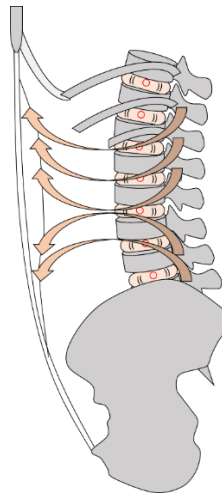


図 1-5. 腹横筋の走行

## 1-2 本研究の目的

本研究では、高校男子サッカー選手の姿勢に着目し腰痛について調査を行った。姿勢の評価には、スパイナルマウスによる脊柱アライメントの評価、また姿勢に関与する体幹深層筋の評価には超音波画像装置の評価、さらに、身体特性(関節可動域)の評価に着目し調査することで、高校男子サッカー選手の腰痛の要因について明らかにすることを目的とした。

## 1-3 本研究の課題

本研究では、以下の3つの研究課題を設定し高校サッカー選手の腰痛に関して研究を実施する。

### 1) 高校男子サッカー選手の腰痛に関する調査(第2章)

高校男子サッカー選手を対象に、質問紙による腰痛に関する調査を行ない、高校サッカー選手の腰痛について検討する。

### 2) 高校男子サッカー選手における腰痛と身体特性に関する研究(第3章)

高校男子サッカー選手を対象とし、身体特性(脊柱アライメント、関節可動域)について腰痛との関連を検討する。

### 3) 高校男子サッカー選手の腰痛と姿勢に関する研究(第4章)

高校男子サッカー選手を対象とし、腰痛の有無と姿勢との関係性について検討する。

## 第 2 章

### 高校男子サッカー選手の腰痛に関する調査

## 2-1 背景・目的

先行研究では、サッカー選手において高頻度に怪我が生じ[40-42]、重症化することが明らかとなっている[43]。大学サッカー選手の腰痛に関する調査では、サッカー経験を有さない一般学生に比べ、腰痛発生のオッズ比(OR)が 1.6(信頼区間[CI]: 1.3-2.2)と報告されている [44]。そのことから、サッカー選手の腰痛は、サッカー経験を有さない一般学生に比し、腰痛を生じる可能性が高いことが考えられる。また腰痛を有するサッカー選手は、パフォーマンスが低下し、早期の引退につながる可能性がある[45]。Loose et al.[46]は、サッカー選手において5つのスキルレベルで怪我の発生割合と有病率を調査した。外傷やオーバーユースなどの全体的な怪我の発生割合は、1000時間あたり 9.7であった。セミプロの選手は、全体的な怪我の発生割合が有意に高く(1000時間あたり 3.9)、膝、足首、大腿が外傷の影響を受けていた。一方、エリートジュニア選手では、身体の酷使による怪我の発生割合が高く(1000時間あたり 7.4)、腰、大腿、鼠径部が外傷の影響を受けていた。さらに、Shah et al.[7]は、思春期のサッカー選手の腰部の症状を調査し、骨折はトレーニングから最長で 149日(中央値)の欠席をもたらし、続いて不顕性骨折(腰椎分離症やすべり症、軟骨損傷などの X線による明確な骨折が認められない骨構造からの痛み)は 15.5日(中央値)、軟部組織損傷は 13日(中央値)と続いた。さらに、1000時間あたりの怪我の発生割合は、年齢が上がるにつれて増大することが報告されている。したがって、若いサッカー選手の腰痛は、サッカー競技による腰痛と成長期特有の腰痛が相まっていると考えられ、若年サッカー選手の腰痛発生を予防するため、サッカー選手における腰痛の特性を明らかにする必要があると考えられる。

しかしながら、高校サッカー選手における腰痛の発生割合に関して、大学生以上の腰痛発生割合に関する報告は散見されるが、腰痛発生割合が高くなると予測される高校生の調査はあまり行われていない。そこで本研究では、高校男子サッカー選手における腰痛の発生割合について明らかにすることを目的とした。

## 2-2 対象

対象は、全国大会出場レベルの高校男子サッカー部とし、調査に協力を得られた 291 名を対象とした。なお、ポジション別では、フォワード(FW)が 59 名、ミッドフィルダー(MF)が 113 名、ディフェンス(DF)が 93 名、ゴールキーパー(GK)が 26 名であった。調査期間は、2017 年から 2019 年の 3 年間とした。本研究における腰痛の定義は、「肋骨の最下部と臀部の下部の間の痛みで、24 時間以上続く」とした[47]。

## 2-3 方法

方法は、独自に作成した自己記入式アンケート用紙を用い調査を行なった。質問項目は、腰痛の既往歴、発生機序(試合または練習によるものかも含む)、疼痛の継続期間、疼痛誘発動作などとした。

### 【2-3-1 統計処理】

統計分析は、IBM SPSS Statistics 23.0 for Windows を用い、ポジション別の比較に  $\chi^2$  検定を行った。

## 2-4 結果

### 【2-4-1 全体の腰痛の発生割合】

全体の腰痛の発生割合は、現在腰痛を有する選手が 15.1%(44/291)、1 年以内に腰痛を有し現在腰痛のない選手が 12.4%(36/291)、1 年以上前に腰痛を有した選手が 14.1%(41/291)、腰痛のない選手(非腰痛)が 58.4%(170/291)であった(図 2-1)。

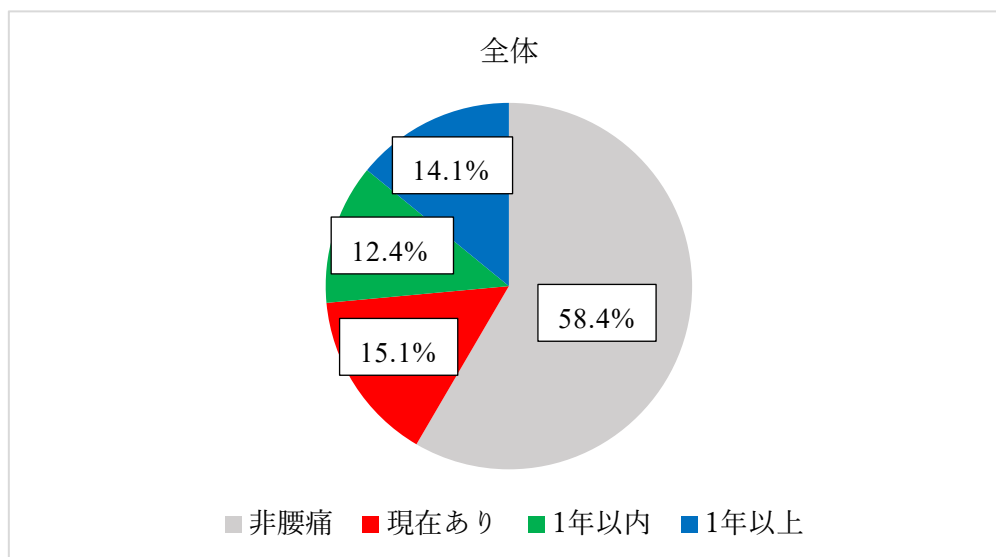


図 2-1. 全体の腰痛の発生割合

### 【2-4-2 ポジション別における腰痛の発生割合】

ポジション別における今までに腰痛を経験したことのある選手の発生割合は、FW で 57.9%、MF で 29.6%、DF で 44.1%、GK で 50%であった(図 2-2)。また、 $\chi^2$ 検定では、MF が他のポジションに比べて腰痛の発生割合が低値を示し、ポジション間に有意差を認めた ( $p<0.05$ )。

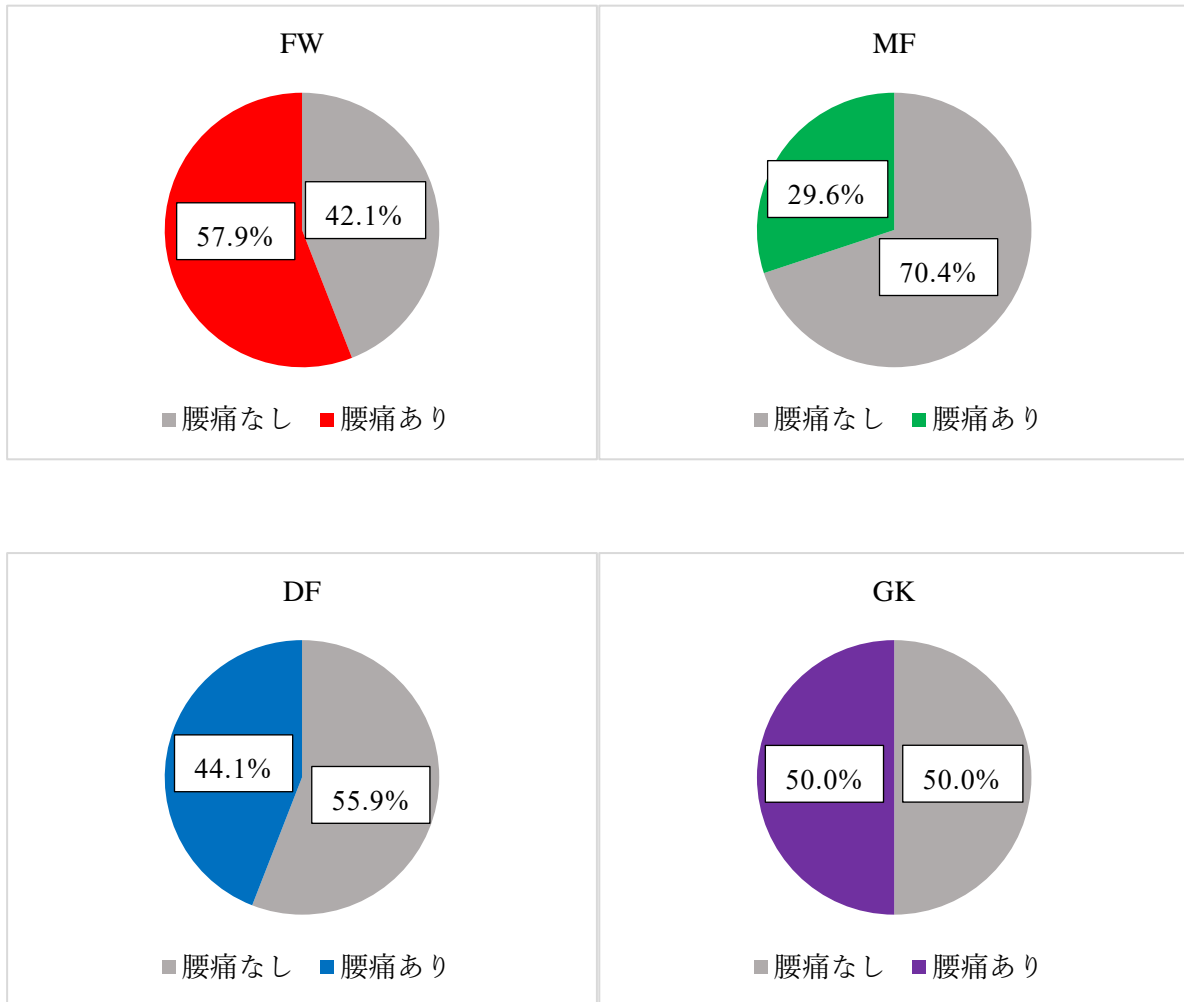


図 2-2. ポジション別における腰痛の発生割合

【2-4-3 動作時痛について(複数回答可)】

動作時痛に関するアンケート調査では、体幹伸展時痛が40件で一番多く、次いで体幹前屈時痛が多く認められた(図 2-3).

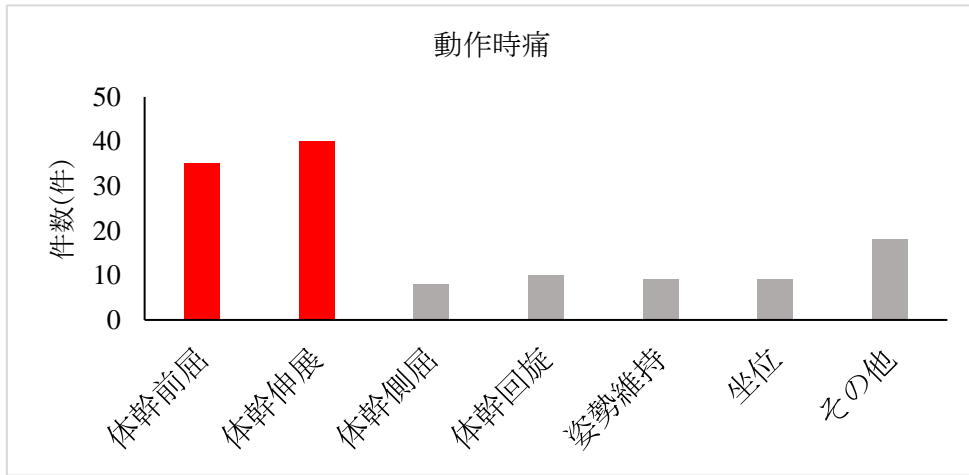


図 2-3. 動作時痛について

【2-4-4 競技歴と腰痛の発生割合】

競技年数と腰痛の発生割合では、競技歴が10年の選手が多く在籍し、腰痛の発生割合も競技歴が10年の選手に腰痛の発生割合が高い結果となった(図 2-4).

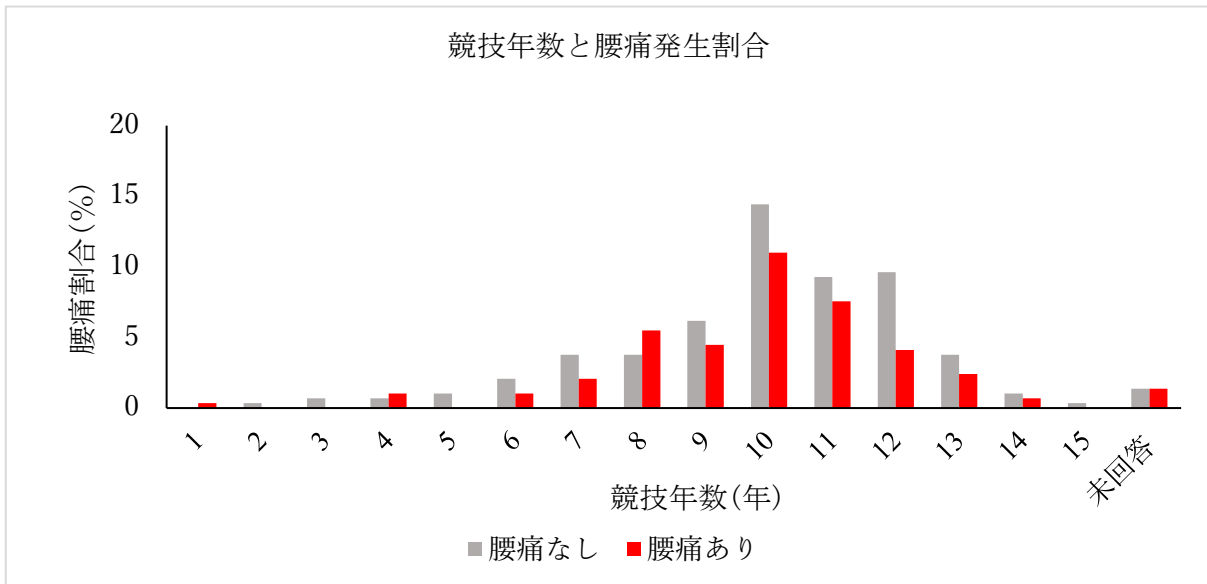


図 2-4. 競技歴と腰痛について

## 2-5 考察

本研究では、高校男子サッカー選手を対象に腰痛に関するアンケート調査を行なった。その結果、以下の2つの知見が得られた。一つ目に、現在腰痛を有する選手および1年以内に腰痛を有し現在腰痛の無い選手における腰痛の発生割合の合計は、27.5%であった。二つ目に、MFでは、他のポジションに比べて腰痛の発生割合が低値を示した。

### 【2-5-1 全体の腰痛発生割合について】

海外のジュニアサッカー選手における腰痛発生割合は、大規模調査において1.8~4% [5] [6] [7]、フランスのエリートユース選手 528 名を対象とした 10 年間の調査では 9.8%と報告されている [8]。一方、本邦におけるサッカー選手の腰痛の発生割合において、小松ら [48] は大学サッカー全日本選抜チームの選手 42 名を対象とし調査した結果、下肢の外傷に次いで腰痛を訴えた選手が多く、腰痛の発生割合は 31%であったと報告している。また、小玉ら [49] は大学サッカー選手 140 名を対象とし調査した結果、筋・筋膜性腰痛などの筋腱障害が 41.7%であったと報告している。このことから、諸外国のサッカー選手を対象とした先行研究に比べ、本研究の対象者である高校男子サッカー選手の腰痛発生割合は高いことが示唆された。しかし、先行研究では、腰痛の定義が研究間で一致しておらず、単純に比較することは困難であると考えられる。

また、サッカー選手は小学生期と比較して中学・高校生期に障害が多く [9]、サッカーの競技特性であるランニング、キック動作、ジャンプ動作や片脚で全体重を支えること、フィジカルコンタクトなどから、腰部や下肢に障害が集中していると報告されている [10]。さらに競技歴が長くなるほど腰痛などの慢性疾患が多く、サッカー競技中に行われる繰り返しのトレーニングで骨、関節、筋、靭帯に負担がかかり障害が発生するとされている [9]。Loose et al. [46] は、サッカー選手において 5 つのスキルレベルで負傷の発生割合と有病率を調査した。全体的な負傷の発生割合は、1000 時間あたり 9.7 であった。セミプロの選手は、全体的な怪我の発生割合が有意に高く (1000 時間あたり 3.9)、膝、足首、大腿が最も外傷の影響を受けていた。エリートジュニア選手は、身体の酷使による怪我の発生割合が高く (1000 時間あたり 7.4)、腰、大腿、鼠径部が外傷の影響を最も受けていたと報告している。

以上のことから、本邦の高校男子サッカー選手の腰痛発生割合は海外の選手に比べて高いことが明らかとなった。また高校生の年代から練習や試合などで身体を酷使することにより徐々に腰痛の割合が増加していることから、成長期特有の腰痛であるとも考えられる。



### 【2-5-2 ポジション別の腰痛発生割合について】

山本のプロサッカーチーム 50 名を対象とした 3 年間の調査[50]では、障害についてポジション間で違いは認められなかったと報告されている。また Hawkins et al. [51]も 3 年間のヨーロッパインターナショナル、イングランドプレミアリーグおよび第 1 節の 171 試合を調査し、ポジションによって傷害の受傷頻度に違いはないことが報告されている。しかし、Andersen et al. [52]はノルウェーのプロサッカー選手を対象にした研究で、MF はフィールド中盤でのボール獲得の競り合いによる傷害の受傷が 70%を占めていたこと、また他のポジションに比べ、傷害が多く発生していたと報告している。このことから現在では、ポジションと腰痛の関連性には一致した見解が得られていない。本研究では MF が他のポジションに比べて腰痛発生割合が低いことが明らかになった。そのことについて、特に FW や DF はボールの奪い合いや空中での競り合いなど相手選手と接触する場面が多いことが考えられる。また GK は、ボールへの飛び込による地面へ身体が叩きつけられる場面や相手選手との接触が起こるため腰痛発生割合が多くなったのではないかと考えられる。

### 【2-5-3 動作時痛について】

動作時における腰痛について複数回答可でアンケート調査を行った。動作時痛に関する調査項目は、体幹の前屈や伸展、回旋などの項目を設けており、高校男子サッカー選手では体幹の伸展時に疼痛を訴える選手が一番多く、次いで体幹の前屈時に疼痛を訴える選手が多く認められた。伸展時痛を有する腰部の傷害としては、椎間関節障害や椎弓疲労骨折(腰椎分離症)、棘突起インピンジメントが挙げられる。特に腰椎分離症では、腰椎伸展・回旋が発生に重要な運動方向であり、伸展時痛が特徴の一部とされている[53]。サッカー選手における腰椎分離症の発生割合について、14 種目のアスリート 1025 名を対象とした調査では、全体の 30%が腰椎分離症を有しており、競技別にみると野球に次いでサッカーに多く認められたと報告している[54]。運動中の椎間関節間部に生じる応力解析では、体幹の伸展時および回旋時(回旋側と反対側)に高い応力が椎間関節間部に生じていることが報告されている[55]。サッカー選手におけるキック動作では、キック動作の準備期に腰部の伸展がピークとなり、その間に体幹の回旋も生じている[56]。そのことから、サッカー選手のキック動作では、腰部の伸展および回旋が生じることから、腰椎分離症に至らなくても腰部に負荷が加わり腰痛を生じる可能性が高いのではないかと考えられる。また、踏み込み時の体幹伸展は、その後の体幹屈曲と膝関節の伸展をより強くすると報告されている[57]ことから、体幹の伸展や屈曲動作を円滑にかつ安全に行うことが腰痛予防に重要であると考えられる。体幹の伸展や屈曲動作は、脊柱の動きだけでなく、骨盤や股関節の動きも連動しているため、第 3 章において、脊柱アライメントおよび股関節可動域に着目して研究を行った。

#### 【2-5-5 競技歴と腰痛について】

競技歴と腰痛について、一般的に競技歴が長いほど外傷や障害を有する割合が増加するといわれている[9]。本研究では、競技歴が10年の選手数が一番多く、腰痛発生割合も高いことが明らかとなった。本研究では高校男子サッカー選手を対象としており、競技歴が10年、つまりは小学校低学年からサッカー競技を始めている選手が多く、高校に進学し練習や試合がハードになることで腰痛の発生も高くなったのではないかと考えられる。

#### 2-6 まとめ

本研究では、高校男子サッカー選手を対象に腰痛に関するアンケート調査を行なった。その結果、現在腰痛を有する選手を含む1年以内の腰痛の発生割合は27.5%(291名中80名)であった。また、ポジション別の腰痛の発生割合では、MFが他のポジション比べて有意に低値を示した。動作時痛では、体幹伸展時に痛みを訴える選手が一番多く、次いで体幹屈曲時に多く認められた。競技歴と腰痛の発生割合では競技歴が10年の選手に腰痛が多く認められると考えられた。

以上のことから、高校男子サッカー選手では、腰痛の発生割合が高く、体幹の屈曲や伸展時に痛みを訴えることから、腰痛の有無による体幹動作時の脊柱アライメントの変化やそれに伴う股関節可動域の変化、体幹を支持する体幹深層筋の活動に影響があるのではないかと考えられる。

### 第 3 章

高校男子サッカー選手における腰痛と身体特性に関する研究

### 3-1 背景・目的

第2章で高校男子サッカー選手の腰痛の発生割合が高いことが明らかとなった。そのため第3章では、高校男子サッカー選手の腰痛を予防するため、脊柱アライメントと身体特性に着目し、腰痛との関連性を調査する。また、高校男子サッカー選手がX線やMRIなどの画像検査を受け、高価な機器を使って測定を行うことは現実的ではなく、より現場的なアンケートや簡便な測定機器を使用して腰痛の調査を実施する必要があると考えられる。

若いアスリートの腰痛には、身長、体重、高レベルの身体活動、筋持久力、柔軟性など、いくつかの危険因子が報告されている[58]。しかし、高校男子サッカー選手における腰痛の危険因子についての報告はない。

Offierski と Macnab[17]は、腰椎、骨盤、股関節が隣接する関節と密接に関連しており、Hip-spine syndrome の概念を提案した。腰椎骨盤リズム[18]は、体幹の前後屈運動中の腰椎と骨盤の運動の関係を示している。脊椎、骨盤、股関節の関係性は、これらの概念に不可欠である。たとえば、股関節のROMが制限されている場合、骨盤の動きは抑制され、上の脊椎はバランスを維持するために異常な動きを示す。したがって、矢状面脊柱アライメントと股関節ROMを測定する必要があると考えられる。

股関節伸展ROMが制限されているアスリートの矢状面脊柱アライメントに関して、腰椎の最大伸展を頻繁に行うスポーツは、腰椎領域に過負荷をかける可能性があり、将来の腰痛を予測すると報告されている[59]。さらにMRIとX線撮影法は、脊柱アライメントを評価するためによく用いられるが、どちらもコストがかかることや時間がかかるといった問題がある。一方で、スパイナルマウスは、測定が簡便であり非侵襲的である。しかし、私たちの知る限り、高校男子サッカー選手の脊柱アライメントと股関節ROMの関係に焦点を当てた報告はない。

そこで本研究では、高校男子サッカー選手の身体的特性と腰痛との関係を明らかにすることを目的とした。脊柱アライメントの変化と股関節ROMの制限は、高校男子サッカー選手の腰痛と関係があると仮説を立てた。

### 3-2 対象

対象は、第2章で対象とした291名の中で、協力の得られた116名とした。これらのサッカー選手は、週に6日間、1日約2時間のトレーニングを定期的に行っている。

身体特性(年齢や身長など)および腰痛の既往歴を調査するため、自己記入式アンケート調査を行った。BMIは、体重(kg)を身長(m)の2乗で割ったもので算出した。

本研究における腰痛は、「肋骨の最下部と臀部の下部の間の痛みで、24時間以上続く」と定義した[47]。また、1年以上前に腰痛を経験した選手、損傷のために一部の測定に参加できなかった選手を対象から除外し(n=26)、アンケート調査の結果より非腰痛群(n=58)および腰痛群(n=32)に群分けした(図3-1)。なお腰痛群は、1年以内に腰痛を有した選手であり、測定時に痛みがなかった参加者も含まれる。

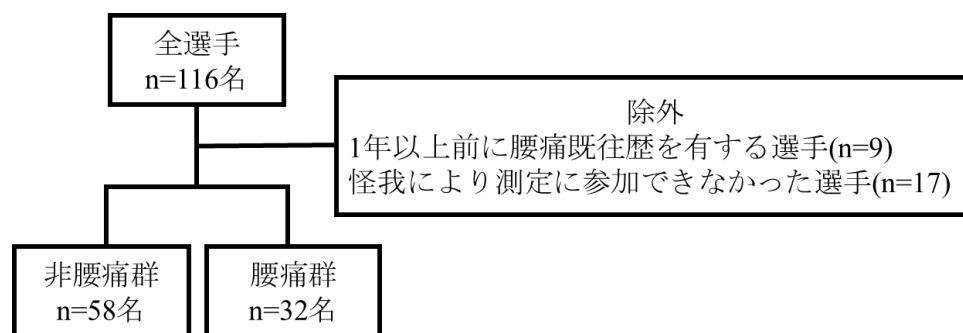


図 3-1. 対象について

### 3-3 方法

#### 【3-3-1 脊柱アライメントの測定】

脊柱アライメントの測定は、Index社製スパイナルマウス(図3-2)を使用して次の3肢位で測定した(図3-3)。(1)立位(UP [Upright position])：リラックス状態で、足を肩幅に合わせ、膝を伸展させ、上肢を側面に下垂させた肢位。(2)前屈位(FB [Forward bending])：下肢をまっすぐにさせ、頭部を屈曲、膝を屈曲させないように体幹を可能な限り快適に曲げる。(3)後屈位(BB [Backward bending])：下肢をまっすぐにし、腕を胸部正面に交差させ、頭を中間位にし、体幹を可能な限り快適に伸ばす。測定範囲は、第7頸椎(C7)から第3仙椎(S3)とし、スパイナルマウスをC7棘突起に当て頭側から尾側に移動させ測定した。脊柱アライメントの測定項目は、胸椎弯曲角度(TKA), 腰椎弯曲角度(LLA), 仙骨傾斜角度(SIA)とした。TKAはTh1/2~Th12/L1間の角度の和, LLAはL1/L2~L5/S1間の角度の和, SIAは仙骨によって描かれる背中表面の輪郭線が鉛直線に対して作る角度である。測定値は、後弯が正, 前弯が負, SIAは前傾が正, 後傾が負である。先行研究では、スパイナルマウスの有効性と信頼性が高いことが報告されている[60]。本研究では、UP, FB, BBを各1回、同じ検者によって測定を行った。

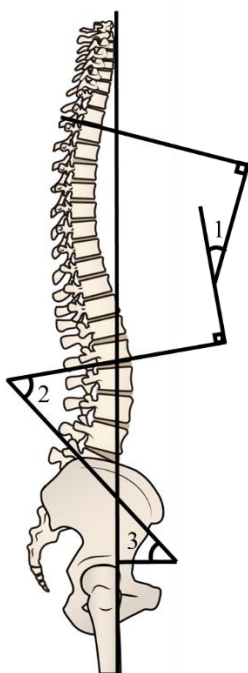


図3-2. スパイナルマウスによる各弯曲角度  
(文献[16]より一部改変して引用)

1. 胸椎後弯角度(TKA)
2. 腰椎前弯角度(LLA)
3. 仙骨傾斜角度(SIA)

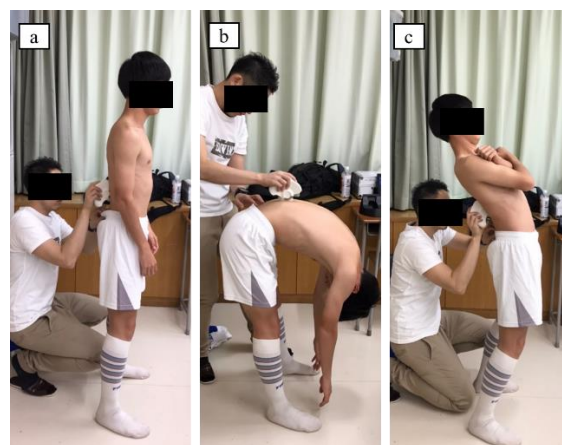


図3-3. 矢状面脊柱アライメント

- (a) 立位：UP
- (b) 前屈位：FB
- (c) 後屈位：BB

### 【3-3-2 股関節可動域の測定】

他動的股関節 ROM の測定は、ゴニオメーターを用いて測定した(図 3-4). 利き足は、ボールを蹴る足として定義した. すべての測定は、これらの測定を行った経験のある同じ 2 名のアスレティックトレーナーによって行われた. なお測定の前にウォームアップは行っていない. 本研究における測定方法の信頼性は、先行研究により担保されている[61].

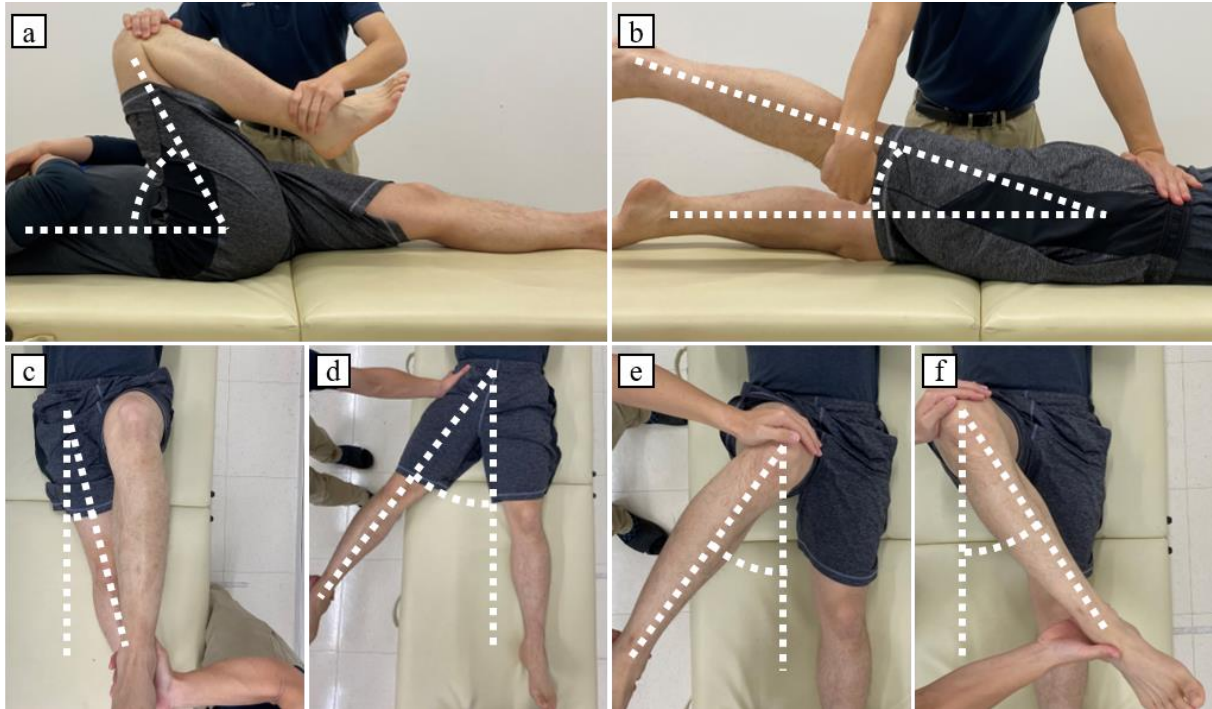


図 3-4. 他動的股関節 ROM

(a)屈曲 (b)伸展 (c)内転 (d)外転 (e)内旋 (f)外旋

### 【3-3-3 統計処理】

G \* Power(version 3.1.9.7)において両側独立 t 検定を行い、群間比較の検出力が 0.95 と算出された (入力パラメータ, effect size = 0.80, alpha = 0.05, group 1 sample size = 58, group 2 sample size = 32). また, Shapiro-Wilk 検定を用いて, 各パラメータの正規性を検定した. 身体特性の比較では, 対応のない t 検定を用いた. さらに, 従属変数に腰痛の有無, 独立変数を身体特性の比較で有意差( $p < 0.05$ )を認めた変数(UP の TKA および非利き足の股関節伸展 ROM)としたロジスティック回帰分析を行った. 尚, 有意水準 5%未満を統計的に有意とした. すべての統計分析は, IBM SPSS Statistics 23.0 for Windows を使用した.

### 3-4 結果

#### 【3-4-1 身体特性の比較】

サッカー選手の身体特性を表 3-1 に示す。

表 3-1. 身体特性

	非腰痛群 (n = 58)	腰痛群 (n = 32)	p
年齢 (歳)	16.4 (0.7)	16.2 (0.8)	0.152
身長 (cm)	171.0 (5.8)	173.1 (4.8)	0.093
体重 (kg)	61.0 (7.2)	64.3 (7.8)	0.049*
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	20.8 (1.8)	21.4 (2.3)	0.154
サッカー競技歴 (年)	9.9 (2.1)	9.6 (2.3)	0.489

BMI : body mass index p : p value \* : p<0.05 mean (SD)

#### 【3-4-2 脊柱アライメントの比較】

脊柱アライメントの比較では、UP の TKA において腰痛群が非腰痛群に比べ有意に高値を示した(表 3-2).

表 3-2. 脊柱アライメントの比較

		非腰痛群 (n = 58)	腰痛群 (n = 32)	p
立位 (°)	TKA	34.4 (8.1)	39.1 (6.7)	0.006*
	LLA	-21.4 (7.6)	-24.0 (8.0)	0.122
	SIA	13.6 (5.3)	13.9 (5.9)	0.826
前屈位 (°)	TKA	23.9 (10.8)	19.8 (10.9)	0.087
	LLA	55.1 (9.0)	58.0 (7.3)	0.119
	SIA	52.8 (13.5)	53.1 (15.7)	0.923
伸展位 (°)	TKA	-9.1 (12.6)	-10.8 (13.9)	0.546
	LLA	-20.4 (9.4)	-19.4 (7.6)	0.613
	SIA	-21.2 (9.0)	-23.4 (8.1)	0.258

TKA : 胸椎後弯角度 LLA : 腰椎前弯角度 SIA : 仙骨傾斜角度

p : p value \* : p<0.05 mean (SD)



【3-4-3 股関節可動域の比較】

股関節 ROM の比較では、非利き足の股関節伸展 ROM が非腰痛群に比べ腰痛群で有意に低値を示した(表 3-3)。さらに、腰痛の有無による股関節内・外旋差(利き足から非利き足の ROM を引いた値)の比較では、非腰痛群と腰痛群の間に有意差を認めなかった(表 3-4)。

表 3-3. 股関節 ROM の比較

		利き足			非利き足		
		非腰痛群	腰痛群	p	非腰痛群	腰痛群	p
股関節 ROM (°)	屈曲	125.9 (7.4)	126.4 (6.3)	0.767	124.2 (5.7)	121.8 (6.5)	0.069
	伸展	14.9 (3.6)	13.8 (3.1)	0.124	16.1 (4.0)	14.2 (4.2)	0.035*
	内転	15.5 (3.1)	16.7 (3.3)	0.108	16.0 (4.3)	17.0 (2.7)	0.203
	外転	35.6 (7.7)	38.7 (7.5)	0.069	31.4 (7.4)	32.5 (5.7)	0.465
	内旋	29.6 (10.5)	30.9 (10.0)	0.563	27.9 (8.0)	27.3 (7.8)	0.697
	外旋	39.4 (10.3)	37.9 (7.9)	0.474	42.9 (9.7)	45.9 (8.7)	0.146

ROM : 可動域 p : p value \* : p<0.05 mean (SD)

表 3-4. 股関節内・外旋差の比較

	非腰痛群	腰痛群	p
股関節内旋差 (°)	-8.2 (5.7)	-7.1 (5.4)	0.389
股関節外旋差 (°)	-8.7 (7.1)	-10.4 (7.9)	0.296

ROM : 可動域 p : p value mean (SD)

【3-4-4 ロジスティック回帰分析を用いた腰痛との関連性について】

ロジスティック回帰分析の結果，UPでのTKA(調整オッズ比[OR]，1.087; 95%信頼区間[CI]，1.019-1.159)および非利き足の股関節伸展ROM(調整OR，0.888; 95%CI，0.789~0.999)で腰痛との関連性を認めた(表3-5)．ロジスティック回帰分析では，モデルの有意性(p = 0.002)，適合度(p = 0.743)，およびヒット率(68.9%)が観察された．なお，ロジスティック回帰分析の式は以下のとおりである．

$$\text{Logit}(y) = -4.959 - 0.123X_1 + 0.079X_2.$$

X1 is number of upright position TKA;

X2 is Nondominant leg extension ROM

表 3-5. 腰痛に関するロジスティック回帰分析

	Coefficient	SE	Wald	Adjusted		p
				OR	95% CI	
立位 TKA (°)	0.079	0.033	5.729	1.083	1.014-1.155	0.017*
非利き足 股関節伸展 ROM (°)	-0.123	0.062	3.930	0.884	0.782-0.999	0.047*
体重 (kg)	0.053	0.034	2.474	1.054	0.987-1.126	0.116
Constant	-4.959	2.477	4.008	0.007		0.045

SE : standard error OR : odds ratio CI : confidence interval p : p value;

ROM : 可動域 TKA : 胸椎後弯角度 \* : p<0.05

### 3-5 考察

本研究では、ロジスティック回帰分析により、UPでのTKAおよび非利き足の股関節伸展ROMの制限が高校サッカー選手の腰痛と関係性を認めた。

#### 【3-5-1 身体特性について】

身体特性に関して、先行研究では、身長、体重、高レベルの身体活動、筋持久力、および柔軟性が、若いアスリートの腰痛の危険因子であることが報告されている[58]。本研究では、筋肉の持久力、柔軟性、パフォーマンスは測定していないが、体重において有意差を認めた。しかし、ロジスティック回帰分析の結果、腰痛との関係は認められなかった。そのため、高校サッカー選手の体重が腰痛の発生に与える影響は少ないと考えている。

#### 【3-5-2 過度なTKAについて】

脊柱アライメントと腰痛の関連性について、高校男子サッカー選手の過度なTKA(いわゆる猫背姿勢)が腰痛と関係性を認めた。Feng et al. [21] は、スパイナルマウスを用いて、中学生と高校生の脊椎の形態と機能を調査し、過度なTKAと腰椎可動性の制限が青年期の非特異的腰痛の危険因子であること報告している。TKAを増加させた姿勢調整には、骨盤の後方傾斜と平行移動、股関節伸展、膝屈曲、および体重を前方位置にシフトするための足関節背屈が含まれる[62, 63]。これらの姿勢調整は重心を安定させるために行われるが、姿勢調整のために矯正された姿勢であり、TKAとLLAのバランスが崩れる[64]。TKAの増加は、より高い屈曲モーメントを生じ、体を支えるためにより多くの筋力を必要とし、椎体への圧迫負荷を増加させる[65]。したがってTKAの増加は、不均衡な姿勢での繰り返しの練習や試合によって、体に加わる負担に起因する腰痛につながる可能性があると考えられる。

### 【3-5-3 股関節伸展可動域の制限について】

股関節 ROM と腰痛について、非利き足の股関節伸展 ROM 制限が腰痛と関係性を認めた。Tojima et al. [66]は、思春期サッカー選手の腰痛を予防するためには、股関節伸展に伴う腰椎の代償運動(腰椎伸展運動)を制限することが重要であると述べている。また、股関節前方組織(腸骨大腿靭帯や腸腰筋)の柔軟性低下によって股関節伸展 ROM が制限される[67]。腰痛を有する高校サッカー選手は、繰り返しのキック動作やステップ、切り返しが必要なため、非利き足の大腿四頭筋が緊張していると推測した。さらに股関節伸展 ROM の制限は、下位腰部における腰痛発生の可能性を高めると述べられている[68]。そのことから、股関節伸展 ROM の制限は、代償として腰部へのストレス増加につながる可能性が考えられる。

股関節回旋ROMの比較では、腰痛群および非腰痛群の間で有意差がないことを示した。Avman et al. による系統的レビューによると、股関節内旋 ROM の制限は、非特異的腰痛の有無と関連していた[69]。さらに、Vad et al. [70]は、腰痛のあるゴルフ選手は、軸足と非軸足を比較し、股関節内旋 ROM の非対称性を示した。しかし、本研究では、他の研究とは異なり、股関節内旋 ROM と外旋 ROM に有意差は認められなかった。サッカーでは、キックモーション以外にも多くの動きが必要なため、サッカーの競技特性の影響が考えられる。したがって、高校男子サッカー選手における股関節回旋 ROM は、腰痛と関係性を認めないのではないかと考えられる。

### 【3-5-4 腰痛との関連について】

ロジスティック回帰分析の結果、高校サッカー選手の腰痛は、過度な TKA(いわゆる猫背姿勢)の影響を大きく受け、続いて股関節伸展 ROM の制限が続くことが明らかになった。過度な TKA を有する選手では、腰部により負荷が加わることで、また非利き足の股関節伸展 ROM が制限されたことで骨盤との連動性が失われ、腰痛が生じたのではないかと推察した。

### 3-6 限界点

第一に、高校サッカー選手の腰痛との関係性を明らかにするため、他の要因(生体力学的要因、筋力など)を考慮することができなかった。しかし、これらの要因は腰痛に関与することがすでに知られている。今後、本研究で明らかになった要因と合わせて検討していく必要があると考えている。第二に、腰痛を機能的に評価できなかったことである。本研究では、腰痛を評価するためのアンケート調査を実施した。本研究の対象となったサッカーチームは選手数が多く、練習時間も限られていた。そのため、一人当たりの測定時間は短かった。アンケート調査に加えて、腰痛の評価には、より詳細で機能的な評価が必要であると考えられる。さらに、本研究では1つの高校のみの調査であるため、将来的により多くのチームを調査する必要がある。最後に、本研究では腰痛の発生に関連する因子について検討することは出来たものの、横断的研究であるため、上記の身体特性が実際にサッカーの動作で腰痛の発生にどのような影響を及ぼすか、その因果関係について十分なエビデンスを得ることは困難である。そのため、本研究で得られた結果の信頼性を確認する目的で、前向き研究を行うことを考えている。

### 3-7 まとめ

本研究の目的は、高校男子サッカー選手の矢状面脊柱アライメントおよび股関節 ROM を評価することであった。調査の結果、UP での過度な TKA と非利き足側の股関節伸展 ROM の制限が、高校男子サッカー選手の腰痛と関係性を認めることが明らかとなった。

## 第 4 章

### 高校男子サッカー選手の腰痛と姿勢に関する研究

#### 4-1 背景・目的

第3章では、脊柱アライメントおよび股関節 ROM に着目し腰痛との関連性について調査を行い、過度な胸椎後弯角度(TKA)および非利き足の股関節伸展 ROM が腰痛と関連性があることが明らかとなった。第4章では、腰痛の有無による脊柱アライメントの各パラメータの関係性の変化や姿勢保持に關与する体幹深層筋収縮率の比較について調査を行った。

腰痛に關する脊柱アライメントの変化では、腰椎前弯の増大や腰椎可動性の減少が報告されており[59]、脊柱アライメントの変化が腰痛に大きく關与していると考えられる。脊柱アライメントと骨盤傾斜の關係として、Kobayashi et al. は100名を対象に12年間にわたり実施したコホート研究において、腰椎前弯角度を決定する因子は仙骨傾斜であると報告している[19]。また仙骨上面の傾斜と水平線のなす角度(SS)と腰椎前弯の關連性が高いことが報告されている[71]。しかし、脊柱アライメントの關係性はいずれも立位のみの評価であり、前屈位や後屈位での評価は行われていない。

腰部の安定化は、腹部や腰部の筋の収縮性を高めることにより達成されると報告されている[72]。腰痛を有する被験者で、腹横筋(TrA)の筋厚収縮の低下[73]、腰部多裂筋(LM)の筋厚収縮率の低下が報告されている[74]。Richardson et al. [75]は、TrA と LM が腰椎セグメントの主要な安定化機構であり、脊椎構造への圧縮力を最小限に抑えることを示唆した。このことから TrA および LM の収縮は姿勢制御に關して重要であり、脊柱アライメントと TrA や LM などの体幹深層筋が密接に關係していることが考えられる。しかし、これまでに脊柱アライメントおよび体幹深層筋の収縮率についての報告は少ない。

仮説として、腰痛における脊柱アライメントの変化を認め、その変化の原因として体幹筋の特に TrA や LM の収縮率減少が影響を与えるのではないかと考えられる。そこで本研究では、脊柱アライメントの変化と体幹深層筋の収縮率に着目し、高校サッカー選手の腰痛について明らかにすることを目的とした。

#### 4-2 対象

対象は、第3章と同様の15～18歳の高校男子サッカー選手116名とした。なお、腰痛の定義および群分けも第3章と同様である。

#### 4-3 方法

##### 【4-3-1 脊柱アライメントの測定】

脊柱アライメントの測定は、スパイナルマウス®(インデックス社製)を用い、UP、FB、BBの3肢位にて測定を行った。測定範囲および測定項目は第3章と同様である。なお、統計に用いる値は、UP、立位から前屈位の変化量(U-F)、立位から伸展位の変化量(U-B)の各角度を用いた(図4-1)。測定値は、後弯角度を正、前弯角度を負、仙骨傾斜角度(SIA)は前傾を正、後傾を負とした。スパイナルマウスの信頼性は担保されている[60]。

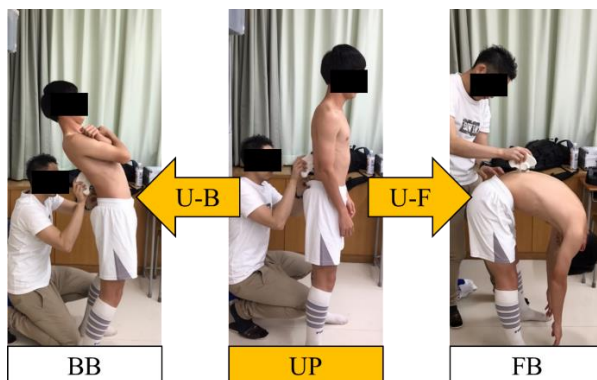


図4-1. 脊柱アライメントの測定に用いる値

UP：安静立位

U-F：立位から前屈位の変化量

U-B：立位から伸展位の変化量

##### 【4-3-2 体幹深層筋の測定】

体幹筋の測定には、超音波画像装置(GE社製 LOGIQ-e)、リニアプローブ(GE社製)、Bモードを使用し、1人の検者が測定を行った(図4-2)。描出条件は、周波数8MHz、深度50mm、焦点20mmとした。体幹深層筋の測定は、TrAおよびLMとした。なお、各筋の弛緩時および収縮時の筋厚を測定し収縮率を算出した。収縮率の算出方法は、「(収縮時-弛緩時)÷弛緩時×100」の式を用いた[76]。また、測定信頼性はTrA[77]およびLM[78]ともに高値を示している。さらに、超音波画像装置を用いた試技や測定はすべて一人の検者が行った[76]。

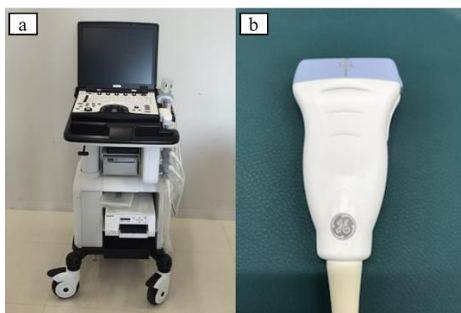


図4-2. 体幹深層筋の測定機器

a：超音波画像装置，b：リニアプローブ



### 【4-3-3 腹横筋の測定】

TrA の測定肢位は，背臥位とし両股関節および膝関節を屈曲させた姿勢で両上肢を前胸部でクロスさせた肢位とした．描出方法は，前腋窩線上における肋骨辺縁と腸骨稜の中央部とし，前腋窩線上に直交するようにプローブを設置した[79](図 4-3)．弛緩時の測定は，安静呼気終末期に撮像した．また，収縮時の測定は，Abdominal draw-in maneuver (ADiM) [80]を用い，3 回深呼吸させ 3 回目の呼気時に 5 秒間の持続性収縮を行わせ最大に筋が膨隆した際に撮像した(図 4-4)．なお測定前に，被験者全員に ADiM の練習を 1 回または 2 回行ってから撮像を開始した．得られた画像より，浅層の筋を外腹斜筋(EO)，中層の筋を内腹斜筋(IO)，深層の筋を腹横筋(TrA)として TrA の筋厚を画像解析ソフト Image J を用いて算出した(図 4-5)．

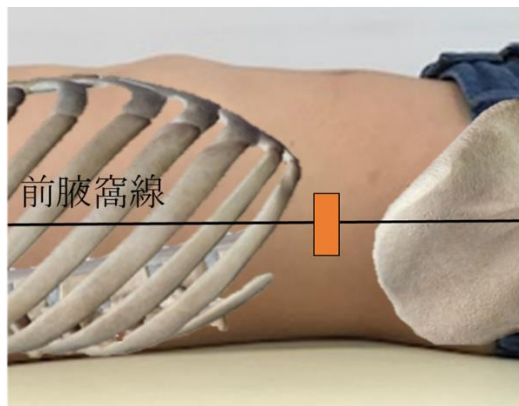


図 4-3. TrA 描出のプローブ設置位置  
オレンジ色の四角にプローブを設置する．



図 4-4. ADiM の測定肢位  
前胸部に両上肢をクロスさせ，股関節，膝関節を屈曲位とした．

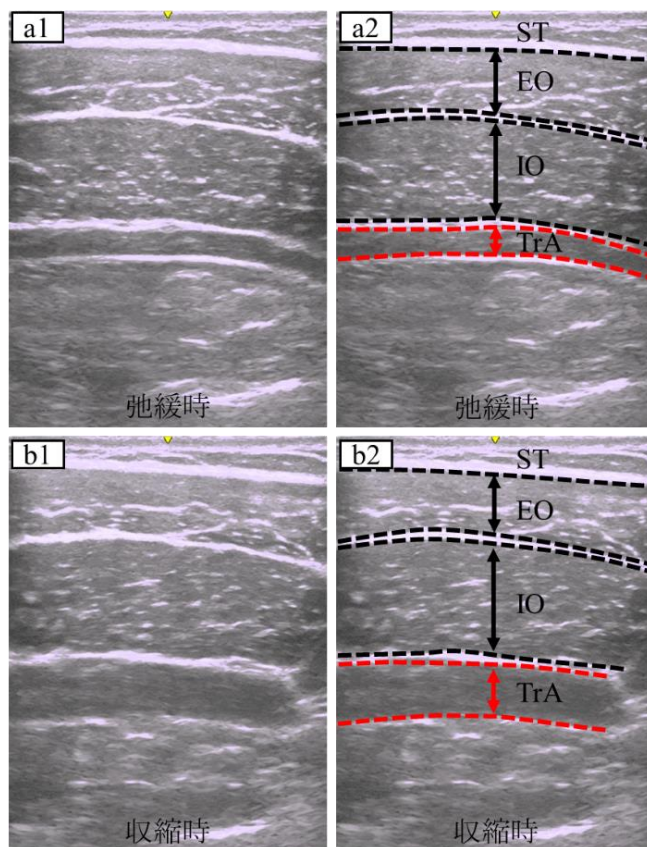


図 4-5. 腹横筋(TrA)の超音波画像

ST : 皮下組織 EO : 外腹斜筋 IO : 内腹斜筋 TrA : 腹横筋

a1 は弛緩時の TrA を描出した画像である． a2 は， a1 の画像に境界部をトレースした画像である． b1 は収縮時の TrA を描出した画像である． b2 は， b1 の画像に境界部をトレースした画像である．

#### 【4-3-4 腰部多裂筋の測定】

LM の測定肢位は、腹臥位で腹部に枕を挿入した肢位とし、両上肢はベッドサイドから垂らした状態とした。描出方法は、棘突起より 2cm 外側にプローブの中心を設置し長軸像にて L4/L5 間の腰部多裂筋筋厚の描出撮像を行った[81](図 4-6)。弛緩時の測定はベッド上で安静時に撮像した。収縮方法は Arm elevation[82]を用い、挙げた上肢の反対側の LM 収縮を撮像した(例：左上肢挙上では右腰部の LM を撮像する)。なお Arm elevation は肘関節 90°屈曲位、肩関節 120°外転位を開始位肢位とし、1kg の重りを把持させた状態で上肢を後方へ 5cm 程度挙上させた(図 4-7)。得られた画像より、LM 筋厚の骨ランドマークは椎間関節とし、皮下組織から椎間関節の距離を LM 筋厚として測定を行った(図 4-8)。筋厚の測定は、画像解析ソフト Image J にて LM 筋厚を算出した。

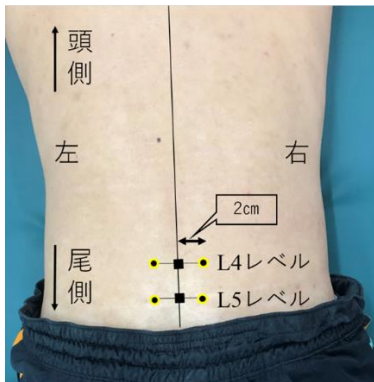


図 4-6. 腰部多裂筋(LM)の描出部位



図 4-7. Arm elevation の肢位

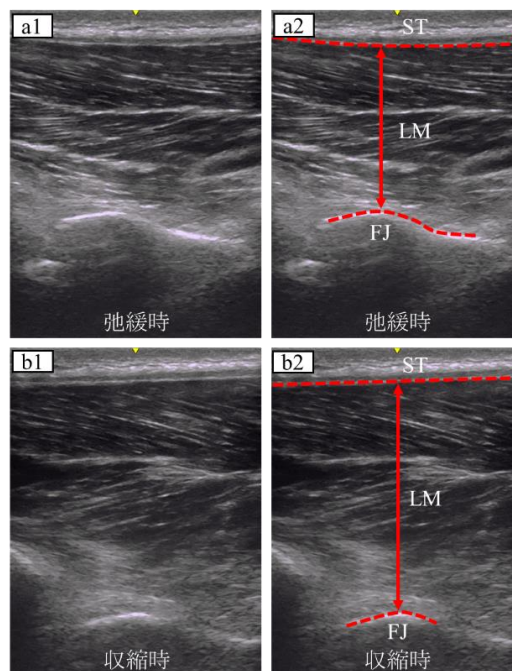


図 4-8. 腰部多裂筋(LM)の超音波画像

ST：皮下組織 LM：腰部多裂筋 FJ：椎間関節

a1 は弛緩時の LM を描出した画像である。a2 は、a1 の画像に境界部をトレースした画像である。b1 は収縮時の LM を描出した画像である。b2 は、b1 の画像に境界部をトレースした画像である。

【4-3-5 統計処理】

すべての統計処理には SPSS version 23.0 for windows を用いた。Shapiro-wilk 検定を用い正規性の検定を行った。脊柱アライメントの相関関係には、Pearson の相関係数を用いた。さらに、脊柱アライメントおよび体幹深層筋の比較に対応のない t 検定を行った。なお有意水準 5%未満を統計的有意とした。

4-4 結果

【4-4-1 身体特性の比較】

第 3 章の対象と同様であるため、身体特性の比較において体重のみ非腰痛群に比べ腰痛群で有意に高値を示した(表 3-1)。

【4-4-2 脊柱アライメントの相関関係】

UP での脊柱アライメントの相関関係では、非腰痛群において TKA と LLA, LLA と SIA の間に相関関係を認めた。しかし、腰痛群では、LLA と SIA の間にのみ相関関係を認め、TKA と LLA の間に相関関係を認めなかった。

U-F および U-B における変化量では、非腰痛群において LLA と SIA の間に相関関係を認めた。しかし、腰痛群では、TKA と LLA の間に相関関係を認め、LLA と SIA の間には相関関係を認めなかった(表 4-2, 図 4-9)。

表 4-2. 脊柱アライメントの相関関係

Position	Relation	非腰痛群 (n = 58)		腰痛群 (n = 32)	
		r	p	r	p
UP	TKA - LLA	-0.496	0.001*	-0.314	0.080
	LLA - SIA	-0.804	0.001*	-0.807	0.001*
U-F	TKA - LLA	-0.117	0.382	-0.366	0.039*
	LLA - SIA	-0.469	0.001*	.197	0.279
U-B	TKA - LLA	-0.195	0.143	-0.399	0.024*
	LLA - SIA	-0.478	0.001*	-0.321	0.074

UP : 立位 U-F : 前屈変化量 U-B : 伸展変化量

TKA : 胸椎後弯角度 LLA : 腰椎前弯角度 SIA : 仙骨傾斜角度

r : 相関関係 p : p value \* : p<0.05

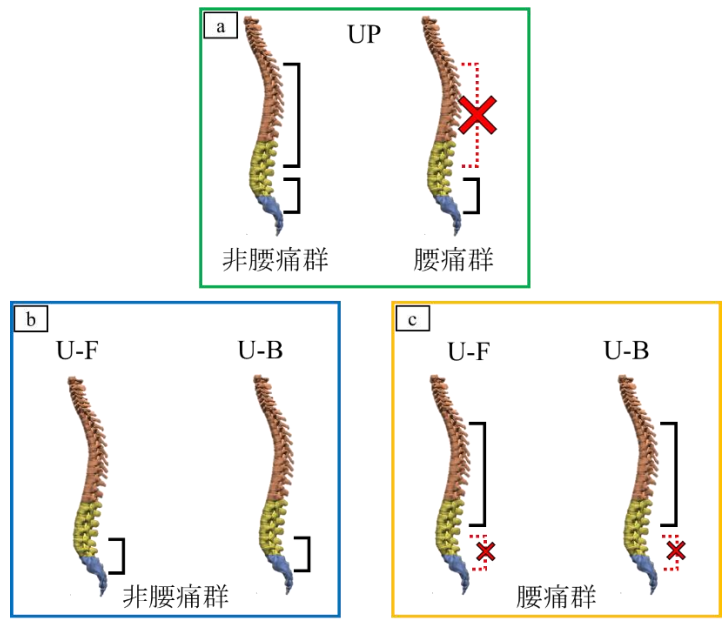


図 4-9. 脊柱アライメントの相関関係を図に変換

a は立位時を示し, b(非腰痛群)および c(腰痛群)は U-F と U-B の変化量の相関関係を示す. 黒線は相関関係を認めた箇所であり, 赤線は相関関係を認めなかった箇所である.

【4-4-3 体幹深層筋の収縮率の比較】

体幹筋筋厚の比較では, 非利き足側の LM 収縮率および利き足と非利き足を平均した LM 収縮率が非腰痛群に比べ腰痛群で有意に減少することが明らかとなった(表 4-3).

表 4-3. 超音波画像装置を用いた体幹深層筋収縮率の比較

		非腰痛群 (n = 58)	腰痛群 (n = 32)	p
TrA (%)	利き足	103.9 (51.8)	118.6 (74.9)	0.276
	非利き足	93.6 (50.3)	85.4 (50.4)	0.466
	平均	98.7 (41.8)	102.0 (52.6)	0.745
LM (%)	利き足	22.9 (14.2)	18.8 (10.2)	0.153
	非利き足	23.0 (9.9)	18.1 (11.8)	0.041*
	平均	22.9 (10.2)	18.5 (10.2)	0.050*

TrA : 腹横筋 LM : 腰部多裂筋 p : p value \* : p<0.05 mean (SD)

#### 4-5 考察

本研究の結果より、以下の知見が得られた。一つ目に、UPでの脊柱アライメントの相関関係において、非腰痛群ではTKAとLLA、LLAとSIAの間に相関関係を認めしたが、腰痛群ではLLAとSIAの間のみ相関関係が認められ、TKAとLLAの相関関係を認めなかった。二つ目にU-FおよびU-Bの変化量では、非腰痛群においてLLAとSIAの間に相関関係を認めしたが、腰痛群ではTKAとLLAの間に相関関係を認めた。三つ目に、体幹深層筋収縮率の比較において、TrA収縮率では有意差を認めなかったが、LM収縮率では非腰痛群に比べ腰痛群で有意な減少を認めた。

##### 【4-5-1 身体特性について】

身体特性における非腰痛群と腰痛群を比較した結果、体重のみ有意差を認め非腰痛群に比べ腰痛群で有意に体重が高い値を示した。Shiri et al.は、過体重や肥満が腰痛のリスクを高めると報告している[83]。しかし、慢性腰痛に対する喫煙、体重の影響についてのレビューでは、喫煙、体重と腰痛に関する十分なエビデンスに基づく文献は存在しないとされており[84]、必ずしも結論が一樣ではないとされている。また、BurtonとWaddellは体重などの体質的な側面は腰痛の危険因子ではないことを示唆している[85]。本研究では、腰痛群において体重の増加が認められたことから、Shiri et al.を支持する結果となったが、今後、さらなる調査を行うことを検討している。

##### 【4-5-2 立位時の脊柱アライメントの相関関係について】

非腰痛群のUPにおいて、TKAとLLA、LLAとSIAの相関関係を認めた。腰痛群のUPではLLAとSIAの相関関係を認めしたがTKAとLLAの相関関係を認めなかった。Raphael et al. [86]は、無症状のボランティア300名の立位時における頭部、脊椎、骨盤の矢状面X線写真を評価した結果、腰椎前弯と仙骨傾斜( $r=0.86$ )および胸椎後弯( $r=0.9$ )の間に有意な相関関係が認められたと報告している。また、Yin et al. [87]は、成人ボランティア223名における脊椎全体の立位X線写真を評価し、LLのみが他のすべてのパラメータ(TK, TLK, SS, PT, PI, SVA, SSA)と有意な相関を認め、LLとTK( $r=-0.387$ )、LLとSS( $r=-0.858$ )の関連性を報告した。本研究の結果、非腰痛群においてUP時のTKAとLLA、LLAとSIAに有意な相関関係を認めたことから、これらの研究を支持する結果となった。しかし、腰痛群においてLLAとSIAの相関関係を認めしたが、TKAとLLAの相関関係を認められなかった。Feng et al. [21]は、中学および高校生を対象に脊椎の形態及び機能を調査した結果、中学男子では47%、高校男子では52.6%に異常なTKAを認め、過度なTKAおよび腰椎可動性の制限が青年期の非特異的腰痛の危険因子であると報告している。本研究の結果、非腰痛群と腰痛群の比較では、腰痛群においてTKAが有意に高値を示した。このことから、腰痛群のTKAとLLAの相関が認められなかった要因として、TKAの増加が一要因となり、アライメントの不均衡を招いたのではないかと考えられる。

#### 【4-5-3 変化量を用いた脊柱アライメントの相関関係について】

非腰痛群では、U-F および U-B とともに LLA と SIA の相関関係を認めた。しかし、腰痛群では、U-F および U-B とともに LLA と SIA の相関関係を認めず、TKA と LLA の相関関係を認めた。腰椎と骨盤の関係として、Kobayashi et al. [19]は腰椎前弯角度を決定する因子は仙骨傾斜であると述べられており、他の研究でも腰椎と仙骨が強く関係すると報告されている。腰椎と骨盤の関連性では、骨盤前傾に伴い腰椎前弯は増加し、骨盤後傾に伴い腰椎後弯は減少する。このように、骨盤運動に伴った腰椎前弯角度の変動は周知の事実であり、非腰痛群のすべての肢位で LLA と SIA の関係を裏付けする結果であると考えられる。しかし、腰痛群では BB 以外の FB, U-F, U-B の肢位で LLA と SIA の相関関係を認めず、TKA と LLA の相関関係を認めた。これは LLA と SIA の連動性が失われている状態と考えられる。本研究の結果、体幹深層筋収縮率の比較において非利き足側の LM 収縮率および平均した LM 収縮率が非腰痛群に比べ腰痛群で低値を示した。LM は両側収縮では腰部を伸展させ、片側収縮では腰部の回旋、側屈をさせる作用がある。そのため LM が収縮すると骨盤を前傾させるとともに腰椎前弯を増加させる。また、LM は体幹の安定化機構として働き、LM は腰仙移行部で最も大きな筋であり、腰椎レベルの支持性を最も提供していると報告されている[22]。さらに走行方向の椎間関節の滑走運動を制御し、脊椎へのストレスや負荷部分を制御し、脊椎構造を保護する唯一の筋であると報告されている[23]。腰痛群では非腰痛群に比べ LM の収縮率が減少していることから、体幹の安定化機構としての役割を失い、腰椎と仙骨が連動せず、LLA と SIA の相関関係が認められなかったのではないかと考えられる。

#### 4-6 限界点

本研究にはいくつかの限界点がある。第一に本研究では、脊柱アライメントおよび体幹深層筋に着目し調査を行ったが、身体特性における他の要因(筋力、筋のタイトネスなど)を考慮して脊柱アライメントの関連性を明らかにすることはできなかった。しかし、これらの要因が腰痛に関与することが知られている。第二に、腰痛の評価にMRIやレントゲン撮像を行わなかったことが挙げられる。しかし、コストが高いこと、また撮像にかかる時間が長くなることから、本研究では第3章同様、アンケート調査のみの評価であった。しかしながら、先行研究で報告されている腰痛の定義を使用したことで信頼性の高い結果が得られたと考えている。最後に本研究は横断研究のため、体幹筋収縮率の減少や脊柱アライメントの変化が高校サッカー選手の腰痛によって直接引き起こされたかどうかについては明らかではない。今後、更なる調査のための前向き研究が必要であると考えている。

#### 4-7 まとめ

本研究では高校サッカー選手の腰痛について、脊柱アライメントの変化と体幹筋に着目し調査を行った。

その結果、本来LLAとSIAは強く相関するのに対し、腰痛群ではLLAとSIAの間に相関関係を認めなかった。また、腰痛群においてLMの収縮率が減少することが明らかとなり、LMによる腰椎前弯の増加と仙骨前傾の作用が弱まったことから、腰部の安定化機構として機能せず、LLAとSIAの相関関係が認められなかったのではないかと考えられる。



## 第 5 章

### 総括

## 5-1 結論

本研究では、高校男子サッカー選手の姿勢に着目し腰痛について調査を行った。姿勢の評価には、スパイナルマウスによる脊柱アライメントの評価、また姿勢に関与する体幹深層筋の評価には超音波画像装置の評価、さらに、身体特性(関節可動域)の評価に着目し調査することで、高校男子サッカー選手の腰痛の要因について明らかにすることを目的とし研究を実施した。その結果、以下の知見が得られた。

### 1. 高校男子サッカー選手の腰痛に関する調査(第2章)

高校男子サッカー選手を対象に、質問紙による腰痛に関する調査を行ない、高校サッカー選手の腰痛発生割合について検討を行った。その結果、現在腰痛を有する選手および1年以内に腰痛を経験(現在腰痛なし)した選手の割合は291名中27.5%(80名)であった。また、ポジション別の腰痛の発生割合では、MFが他のポジション比べ、腰痛を有する選手が少ないことが明らかとなった。動作時痛に関して、体幹伸展時に痛みを訴える選手が一番多く、次いで体幹屈曲時に多く認められた。競技歴と腰痛発生割合では、競技歴が10年前後の選手に腰痛が多く認められると考えられた。

### 2. 高校男子サッカー選手における腰痛と身体特性に関する研究(第3章)

高校男子サッカー選手を対象とし、身体特性(脊柱アライメント、股関節関節可動域)について腰痛との関連性を検討した。第3章では、UPでの過度なTKAと非利き足側の股関節伸展ROMの制限が、高校男子サッカー選手の腰痛と関係性を認めたことが明らかとなった。

### 3. 高校男子サッカー選手の腰痛と姿勢に関する研究(第4章)

高校男子サッカー選手を対象に、腰痛の有無による姿勢の変化と体幹深層筋について検討した。その結果、立位時の相関関係として非腰痛群では、TKAとLLA、LLAとSIAの間に相関関係を認めたが、腰痛群ではTKAとLLAの間に相関関係を認めなかった。また屈曲および伸展の変化量では、本来LLAとSIAは強く相関するのに対し、腰痛群ではLLAとSIAの間に相関関係を見出すことができなかった。また、腰痛群においてLMの収縮率が減少することが明らかとなり、LMによる腰椎前弯の増加と仙骨前傾の作用が弱まったことから、腰部の安定化機構として機能せず、LLAとSIAの相関関係が認められなかったのではないかと考えられる。

## 5-2 今後の展望

### 1. 高校サッカー選手の腰痛について

本研究における高校男子サッカー選手の調査は、ひとつの高校のみで行っているため、サンプルサイズを増加し、競技レベルやポジションを考慮した検討を行うことを考えている。

### 2. 前向き調査

本研究は横断研究であるため、前向き調査を行うことで、今回第3章で腰痛と関係性を認めたTKAの増加と股関節伸展ROMの制限がサッカー選手の腰痛の危険因子となり得るか調査する必要があると考えられる。

### 3. 動作時における体幹深層筋の動態について

本研究における体幹深層筋の評価は、ADiMやArm elevationを用いて筋の収縮率を測定したが、実際の動き(体幹の屈曲や伸展)の中で筋の収縮を捉えたものではない。そこで、体幹の屈曲や伸展といった動作の中で脊柱アライメントおよび体幹深層筋の評価を行いたいと考えている。

### 4. 臨床現場へのフィードバック

本研究により得られた結果(過度なTKAや非利き足の股関節伸展ROMの制限、また脊柱アライメントの変化やLMの収縮率低下)は、サッカー選手を育成する際に腰痛を予防するための基礎的な情報であり、柔道整復師が臨床現場でサッカー選手を施術する際の有益な情報であると考えられる。今後、これらの情報を基に、腰痛の予防法や腰痛の施術方法などといった、さらなる調査を行いたいと考えている。

## 謝辞

博士論文執筆に際し，研究の方向付けから詳細に至るまで，公私に渡り多大なる御指導を賜りました東京有明医療大学 保健医療学部 柔道整復科 小山 浩司 准教授に深謝と尊敬の意を表します．また，東京有明医療大学 保健医療学部 柔道整復学科 福田 翔 助教には研究・論文の貴重な御助言，御指導を賜り深く感謝しております．本研究の実施にあたり，多大な御協力を賜りました日本柔道整復専門学校 山口 竜彦先生に心より感謝致します．最後に，本研究を補助して頂いた学部生の皆様および測定に御協力頂きました高校サッカー部の皆様に心より感謝致します．

## 参考文献

- [1]Andersson GB. Epidemiological features of chronic low-back pain. *Lancet* (London, England). 1999;354(9178):581-5.
- [2]国民生活基礎調査 令和元年. 2019 [Available from:  
<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa19/dl/04.pdf>.
- [3]Deyo RA, Rainville J, Kent DL. What can the history and physical examination tell us about low back pain? *Jama*. 1992;268(6):760-5.
- [4]Itoh H, Kitamura F, Yokoyama K. Estimates of annual medical costs of work-related low back pain in Japan. *Industrial health*. 2013;51(5):524-9.
- [5]Schmidt-Olsen S, Bunemann LK, Lade V, Brasso JO. Soccer injuries of youth. *British journal of sports medicine*. 1985;19(3):161-4.
- [6]Price RJ, Hawkins RD, Hulse MA, Hodson A. The Football Association medical research programme: an audit of injuries in academy youth football. *British journal of sports medicine*. 2004;38(4):466-71.
- [7]Shah T, Cloke DJ, Rushton S, Shirley MD, Deehan DJ. Lower Back Symptoms in Adolescent Soccer Players: Predictors of Functional Recovery. *Orthopaedic journal of sports medicine*. 2014;2(4):1-9.
- [8]Le Gall F, Carling C, Reilly T, Vandewalle H, Church J, Rochcongar P. Incidence of injuries in elite French youth soccer players: a 10-season study. *The American journal of sports medicine*. 2006;34(6):928-38.
- [9]石本 壮星, 成田 崇矢, 鳥飼 達也, 後藤 雅幸. 本大学準硬式野球部員・サッカー部員の傷害調査. *健康科学大学紀要*. 2012(8):79-86.
- [10]金子 保敏, 金澤 篤志. 千葉県ユースサッカー選手における傷害の発生と受傷状況に関する調査. *日本体育学会大会号*. 1997(48):567.
- [11]Kendall P, Provance G, McCreary K. ケンダル筋：機能とテスト：姿勢と痛み：西村書店, 東京; 2006.
- [12]Bernhardt M, Bridwell KH. Segmental analysis of the sagittal plane alignment of the normal thoracic and lumbar spines and thoracolumbar junction. *Spine*. 1989;14(7):717-21.
- [13]Gelb DE, Lenke LG, Bridwell KH, Blanke K, McEneaney KW. An analysis of sagittal spinal alignment in 100 asymptomatic middle and older aged volunteers. *Spine*. 1995;20(12):1351-8.
- [14]小林 徹也, 熱田 裕司, 武田 直樹, 竹光 正和, 小野沢 司, 松野 丈夫. LOW BACK PAIN Up To Date 腰痛の臨床 原因と診断 姿勢と腰痛 特に中高年者の姿勢変化について. *脊椎脊髄ジャーナル*. 2000;13(6):545-9.
- [15]宝亀 登. スパイナルマウスによる日本人健常成人と背・腰部痛患者の姿勢分析. *杏林医学会雑誌*. 2010;41(1):2-12.
- [16]白田 梨奈, 佐藤 みつ子. スパイナルマウスを用いた青年期の立位姿勢の評価. *山梨大学看護学会誌*. 2007;5(2):13-8.
- [17]Offierski CM, MacNab I. Hip-spine syndrome. *Spine*. 1983;8(3):316-21.
- [18]Esola MA, McClure PW, Fitzgerald GK, Siegler S. Analysis of lumbar spine and hip motion during forward bending in subjects with and without a history of low back pain. *Spine*.

- 1996;21(1):71-8.
- [19] Kobayashi T, Atsuta Y, Matsuno T, Takeda N. A longitudinal study of congruent sagittal spinal alignment in an adult cohort. *Spine*. 2004;29(6):671-6.
- [20] Tsuji T, Matsuyama Y, Sato K, Hasegawa Y, Yimin Y, Iwata H. Epidemiology of low back pain in the elderly: correlation with lumbar lordosis. *Journal of orthopaedic science : official journal of the Japanese Orthopaedic Association*. 2001;6(4):307-11.
- [21] Feng Q, Jiang C, Zhou Y, Huang Y, Zhang M. Relationship between spinal morphology and function and adolescent non-specific back pain: A cross-sectional study. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*. 2017;30(3):625-33.
- [22] McGill SM. A revised anatomical model of the abdominal musculature for torso flexion efforts. *Journal of biomechanics*. 1996;29(7):973-7.
- [23] Bogduk N. 腰椎 骨盤領域の臨床解剖学. 2008:99-124.
- [24] Hodges PW, Richardson CA. Delayed postural contraction of transversus abdominis in low back pain associated with movement of the lower limb. *Journal of spinal disorders*. 1998;11(1):46-56.
- [25] Hides JA, Richardson CA, Jull GA. Multifidus muscle recovery is not automatic after resolution of acute, first-episode low back pain. *Spine*. 1996;21(23):2763-9.
- [26] Mayer TG, Vanharanta H, Gatchel RJ, Mooney V, Barnes D, Judge L, et al. Comparison of CT scan muscle measurements and isokinetic trunk strength in postoperative patients. *Spine*. 1989;14(1):33-6.
- [27] Hides JA, Stokes MJ, Saide M, Jull GA, Cooper DH. Evidence of lumbar multifidus muscle wasting ipsilateral to symptoms in patients with acute/subacute low back pain. *Spine*. 1994;19(2):165-72.
- [28] 生方 瞳, 丸山 仁司, 霍 明, 黄 秋晨. 超音波画像診断装置を用いた腰部多裂筋横断面積の男女差について. *理学療法学*. 2014;41(5):301-5.
- [29] 安彦 鉄平, 竹井 仁, 島村 亮太, 安彦 陽子, 山本 純一郎, 逆井 孝之, et al. 超音波画像を用いた腰部多裂筋筋厚測定の検者内信頼性の検討. *理学療法科学*. 2011;26(5):693-7.
- [30] Hides JA, Richardson CA, Jull GA. Magnetic resonance imaging and ultrasonography of the lumbar multifidus muscle. Comparison of two different modalities. *Spine*. 1995;20(1):54-8.
- [31] Kiesel KB, Uhl TL, Underwood FB, Rodd DW, Nitz AJ. Measurement of lumbar multifidus muscle contraction with rehabilitative ultrasound imaging. *Man Ther*. 2007;12(2):161-6.
- [32] 大久保 雄, 金岡 恒治. 【コアスタビリティトレーニング】 コアスタビリティトレーニングのための機能解剖学. *理学療法*. 2009;26(10):1187-94.
- [33] Hodges P, Kaigle Holm A, Holm S, Ekström L, Cresswell A, Hansson T, et al. Intervertebral stiffness of the spine is increased by evoked contraction of transversus abdominis and the diaphragm: in vivo porcine studies. *Spine*. 2003;28(23):2594-601.
- [34] Richardson CA, Snijders CJ, Hides JA, Damen L, Pas MS, Storm J. The relation between the transversus abdominis muscles, sacroiliac joint mechanics, and low back pain. *Spine*. 2002;27(4):399-405.

- [35]Hodges PW, Richardson CA. Feedforward contraction of transversus abdominis is not influenced by the direction of arm movement. *Experimental brain research*. 1997;114(2):362-70.
- [36]Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Physical therapy*. 1997;77(2):132-42; discussion 42-4.
- [37]佐藤 正裕. 腰部・体幹障害予防とアスレティックトレーニング. *日本アスレティックトレーニング学会誌*. 2019;5(1):19-25.
- [38]Harringe ML, Nordgren JS, Arvidsson I, Werner S. Low back pain in young female gymnasts and the effect of specific segmental muscle control exercises of the lumbar spine: a prospective controlled intervention study. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. 2007;15(10):1264-71.
- [39]金岡 恒治. 腰痛の病態別運動療法. 東京: 文光堂; 2016.
- [40]Hawkins RD, Fuller CW. A prospective epidemiological study of injuries in four English professional football clubs. *British journal of sports medicine*. 1999;33(3):196-203.
- [41]Hawkins RD, Hulse MA, Wilkinson C, Hodson A, Gibson M. The association football medical research programme: an audit of injuries in professional football. *British journal of sports medicine*. 2001;35(1):43-7.
- [42]Rahnama N, Reilly T, Lees A. Injury risk associated with playing actions during competitive soccer. *British journal of sports medicine*. 2002;36(5):354-9.
- [43]Darrow CJ, Collins CL, Yard EE, Comstock RD. Epidemiology of severe injuries among United States high school athletes: 2005-2007. *The American journal of sports medicine*. 2009;37(9):1798-805.
- [44]Hangai M, Kaneoka K, Okubo Y, Miyakawa S, Hinotsu S, Mukai N, et al. Relationship between low back pain and competitive sports activities during youth. *The American journal of sports medicine*. 2010;38(4):791-6.
- [45]Drawer S, Fuller CW. Propensity for osteoarthritis and lower limb joint pain in retired professional soccer players. *British journal of sports medicine*. 2001;35(6):402-8.
- [46]Loose O, Fellner B, Lehmann J, Achenbach L, Krutsch V, Gerling S, et al. Injury incidence in semi-professional football claims for increased need of injury prevention in elite junior football. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. 2019;27(3):978-84.
- [47]Noormohammadpour P, Rostami M, Mansournia MA, Farahbakhsh F, Pourgharib Shahi MH, Kordi R. Low back pain status of female university students in relation to different sport activities. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*. 2016;25(4):1196-203.
- [48]小松 尚, 片野 博, 三戸 明夫, 黒川 智子, 中澤 重信, 三束 武司, et al. スポーツと腰痛 大学サッカートップチーム選手の腰痛に関して. *青森県スポーツ医学研究会誌*. 2000;9(1):23-5.
- [49]小玉 京士朗, 早田 剛, 清水 健太, 降屋 丞, 桂 秀樹, 古山 喜一, et al. 大学サッカー選



- 手における傷害調査とケアについて. 環太平洋大学研究紀要. 2015(9):291-6.
- [50]山本 純. プロサッカー選手における3年間の傷害調査. *Football Science*. 2013;11:36-50.
- [51]Hawkins RD, Fuller CW. An examination of the frequency and severity of injuries and incidents at three levels of professional football. *British journal of sports medicine*. 1998;32(4):326-32.
- [52]Andersen TE, Larsen O, Tenga A, Engebretsen L, Bahr R. Football incident analysis: a new video based method to describe injury mechanisms in professional football. *British journal of sports medicine*. 2003;37(3):226-32.
- [53]西良 浩一, 前田 徹. 【頸・肩・腰痛の最新の診断と治療】腰痛の診療 発育期腰椎分離症のサイエンス. *臨牀と研究*. 2020;97(7):851-60.
- [54]Selhorst M, Fischer A, MacDonald J. Prevalence of Spondylolysis in Symptomatic Adolescent Athletes: An Assessment of Sport Risk in Nonelite Athletes. *Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*. 2019;29(5):421-5.
- [55]Sairyo K, Katoh S, Komatsubara S, Terai T, Yasui N, Goel V, et al. Spondylolysis fracture angle in children and adolescents on CT indicates the fracture producing force vector-A biomechanical rationale. *Internet J Spine Surg*. 2005;1.
- [56]中村 康雄, 齊藤 稔, 林 豊彦, 江原 義弘. 熟練者・未熟練者におけるインステップキック動作解析. *バイオメカニズム*. 2010;20:53-64.
- [57]浅井 武, 荒木 優子, 金 達郎, 黒田 篤, 橘 完太. サッカーのキックにおける関節トルクと筋モーメントの推定(サッカー等(1)). *ジョイント・シンポジウム講演論文集: スポーツ工学シンポジウム: シンポジウム: ヒューマン・ダイナミクス*. 2004;2004(0):288-92.
- [58]Moradi V, Memari AH, ShayestehFar M, Kordi R. Low Back Pain in Athletes Is Associated with General and Sport Specific Risk Factors: A Comprehensive Review of Longitudinal Studies. *Rehabilitation research and practice*. 2015;2015:850184.
- [59]Kujala UM, Taimela S, Oksanen A, Salminen JJ. Lumbar mobility and low back pain during adolescence. A longitudinal three-year follow-up study in athletes and controls. *The American journal of sports medicine*. 1997;25(3):363-8.
- [60]Post RB, Leferink VJ. Spinal mobility: sagittal range of motion measured with the SpinalMouse, a new non-invasive device. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. 2004;124(3):187-92.
- [61]Kubo Y, Nakazato K, Koyama K, Tahara Y, Funaki A, Hiranuma K. The Relation between Hamstring Strain Injury and Physical Characteristics of Japanese Collegiate Sepak Takraw Players. *International journal of sports medicine*. 2016;37(12):986-91.
- [62]Roussouly P, Nnadi C. Sagittal plane deformity: an overview of interpretation and management. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*. 2010;19(11):1824-36.
- [63]Schwab F, Lafage V, Boyce R, Skalli W, Farcy JP. Gravity line analysis in adult volunteers: age-related correlation with spinal parameters, pelvic parameters, and foot position. *Spine*.

- 2006;31(25):E959-67.
- [64] Knight R, Jackson R, Killian J, Stanley E, Lowe T, Winter R. White Paper on Sagittal Plane Alignment. accessed from SRS 2003 [Available from: <https://www.srs.org/>].
- [65] Bruno AG, Anderson DE, D'Agostino J, Bouxsein ML. The effect of thoracic kyphosis and sagittal plane alignment on vertebral compressive loading. *Journal of bone and mineral research : the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*. 2012;27(10):2144-51.
- [66] Tojima M, Torii S. Changes in lumbopelvic rhythm during trunk extension in adolescent soccer players. *Gait & posture*. 2017;52:72-5.
- [67] 小林 寛和, 金村 朋直, 岡戸 敦男. 【体幹 体幹の構造と機能】体幹と下肢の運動連鎖. *理学療法*. 2006;23(10):1386-93.
- [68] 井原 拓哉, 秋本 剛, 大林 弘宗, 山中 悠紀, 浦辺 幸夫. 股関節伸展可動域の大きさによる上位および下位腰椎の前彎増強の違い. *体力科学*. 2010;59(4):357-61.
- [69] Avman MA, Osmotherly PG, Snodgrass S, Rivett DA. Is there an association between hip range of motion and nonspecific low back pain? A systematic review. *Musculoskeletal science & practice*. 2019;42:38-51.
- [70] Vad VB, Bhat AL, Basrai D, Gebeh A, Aspergren DD, Andrews JR. Low back pain in professional golfers: the role of associated hip and low back range-of-motion deficits. *The American journal of sports medicine*. 2004;32(2):494-7.
- [71] Cho M, Lee Y, Kim CS, Gong W. Correlations among Sacral Angle, Lumbar Lordosis, Lumbar ROM, Static and Dynamic Lumbar Stability in College Students. *Journal of physical therapy science*. 2011;23(5):793-5.
- [72] Carolys Kisner, Colby L. *Therapeutic Exercise: Foundations and Techniques*, 4th Edition. 2002.
- [73] Ferreira PH, Ferreira ML, Hodges PW. Changes in recruitment of the abdominal muscles in people with low back pain: ultrasound measurement of muscle activity. *Spine*. 2004;29(22):2560-6.
- [74] Wallwork TL, Stanton WR, Freke M, Hides JA. The effect of chronic low back pain on size and contraction of the lumbar multifidus muscle. *Man Ther*. 2009;14(5):496-500.
- [75] Richardson C. Therapeutic exercise for lumbopelvic stabilization. 2004:158-99.
- [76] Kopenhagen SL, Hebert JJ, Fritz JM, Parent EC, Teyhen DS, Magel JS. Reliability of rehabilitative ultrasound imaging of the transversus abdominis and lumbar multifidus muscles. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2009;90(1):87-94.
- [77] Pirri C, Todros S, Fede C, Pianigiani S, Fan C, Foti C, et al. Inter-rater reliability and variability of ultrasound measurements of abdominal muscles and fasciae thickness. *Clinical anatomy (New York, NY)*. 2019;32(7):948-60.
- [78] Wallwork TL, Hides JA, Stanton WR. Intrarater and interrater reliability of assessment of lumbar multifidus muscle thickness using rehabilitative ultrasound imaging. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 2007;37(10):608-12.

- [79] Misuri G, Colagrande S, Gorini M, Iandelli I, Mancini M, Duranti R, et al. In vivo ultrasound assessment of respiratory function of abdominal muscles in normal subjects. *The European respiratory journal*. 1997;10(12):2861-7.
- [80] Urquhart DM, Hodges PW, Allen TJ, Story IH. Abdominal muscle recruitment during a range of voluntary exercises. *Man Ther*. 2005;10(2):144-53.
- [81] Hides JA, Richardson CA, Jull GA. Use of real-time ultrasound imaging for feedback in rehabilitation. *Manual Therapy*. 1998;3(3):125-31.
- [82] Hosseinifar M, Akbari A, Ghiasi F. Intra-Rater Reliability of Rehabilitative Ultrasound Imaging for Multifidus Muscles Thickness and Cross Section Area in Healthy Subjects. *Global journal of health science*. 2015;7(6):354-61.
- [83] Shiri R, Karppinen J, Leino-Arjas P, Solovieva S, Viikari-Juntura E. The association between obesity and low back pain: a meta-analysis. *American journal of epidemiology*. 2010;171(2):135-54.
- [84] Wai EK, Rodriguez S, Dagenais S, Hall H. Evidence-informed management of chronic low back pain with physical activity, smoking cessation, and weight loss. *The spine journal : official journal of the North American Spine Society*. 2008;8(1):195-202.
- [85] Burton K, Gordon W. Risk factors for back pain. In: *The Back Pain Revolution*. 2nd edition. . 2004.
- [86] Vialle R, Levassor N, Rillardon L, Templier A, Skalli W, Guigui P. Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2005;87(2):260-7.
- [87] Yin GH, Zhu LX, Chen RS, Lü ZD, Lu M, Yan HB, et al. [Preliminary study for classification of spino-pelvic sagittal alignment in adult volunteers]. *Zhonghua wai ke za zhi [Chinese journal of surgery]*. 2013;51(6):522-6.