

腰痛を有する大学男子サッカー選手における全力両下肢挙上運動時の体幹安定化能力の特徴

Trunk-stabilizing ability during bilateral leg raises in college soccer players with low back pain

大江 厚*¹, 藤竹俊輔*¹, 藤高紘平*²
本城邦晃*³, 立入久和*⁴, 立入克敏*⁴

キー・ワード：trunk stability, soccer, low back pain
体幹安定性, サッカー, 腰痛

〔要旨〕 腰痛を有する大学男子サッカー選手における全力両下肢挙上運動時の体幹安定化能力の特徴について、我々が考案した定量的評価方法を用いて検討した。対象は大学男子サッカー選手40名とし、腰痛を有する選手を腰痛群（13名）、それ以外を対照群（27名）に分類した。測定方法は、背臥位になった被験者の両足部を、徒手筋力計と板で作成した筋力測定装置とともにベッドに固定し、等尺性両下肢挙上運動を全力で実施した際の筋力について、自由に行う free 条件と、腰椎部と床の間に設置した圧測定装置の値が動作開始時の設定値より低下しないように体幹伸展を制御した trunk stabilize (TS) 条件で、各2回ずつ測定した。また、背臥位になった被験者の胸部を同様の筋力測定装置でベッドに固定し、等尺性体幹屈曲運動 (ITF) 時の筋力についても2回測定した。各条件2回の平均値を体重で除した値と、free 値に対する TS 値の割合を示す TS/free 値を算出し、腰痛群と対照群間の差について対応の無い t 検定を行った。結果、free 値と TS 値において腰痛群が対照群より有意に低値を示し、ITF 値については両群で有意差を認めなかったことから、腰痛を有するサッカー選手においては、従来から評価されているような腹筋群の量的な筋力の指標である ITF よりも、体幹を安定化させて下肢を全力で挙げるという体幹・下肢運動連鎖を遂行する制御能力が低下していることが示唆された。

はじめに

スポーツ場面において体幹を安定化させることは、腰椎を保護し腰部障害の予防および治療に重要であるとされている^{1,2)}。またスポーツ動作時の過剰な腰椎伸展運動の反復は、腰椎の後方要素に負荷をかけ、腰椎疲労骨折などのスポーツ障害の発生要因になり得るとされている³⁾。このような背景から近年では、従来から行われている体幹筋力

増強トレーニングに加え、体幹安定化トレーニングがさかんに指導・実践されている^{4,5)}。特に四肢の高強度な運動を繰り返し要求されるスポーツ選手に対しては、四肢運動時の体幹安定性といった運動連鎖に焦点を置いたトレーニングが重要視されている^{1,6-10)}。サッカー競技においても、競技特性上、シュートやダッシュ、ジャンプなど下肢の高負荷運動が反復されるため、腰部への負荷が強いられるとされている¹¹⁾。したがって、プレー中の腰部を保護するためには、全力相当の下肢運動時において体幹を安定化させる能力が要求されるが、こうしたトレーニングを進めていくうえでは、全力相当の四肢動作時における体幹安定性の評価が重要になってくると考えられる。

*1 たちいり整形外科医院リハビリテーション科

*2 貴島病院本院附属クリニック

*3 済生会京都府病院整形外科

*4 たちいり整形外科医院整形外科

四肢動作時の体幹安定性に関する代表的な評価方法としては、Kendall らの straight-leg-lowering test¹²⁾ や Sahrman core stability test^{7,13)} が挙げられる。これらの方法では、設定の異なる下肢の自重負荷運動に対する腰部姿勢保持能力を観察する事で体幹安定性を評価している。しかし、下肢の自重を利用した負荷設定には上限があり、実際のスポーツ場面で要求されるような全力相当の四肢筋力発揮場面における体幹安定化能力を定量的に評価するには適さない。そのため、スポーツ選手の四肢動作時の体幹安定化能力については、最大能力の効果判定や競技復帰基準といった客観的指標が不十分であり、セラピストやトレーナーによる主観や観察など定性的な評価によって治療効果や復帰への判断が委ねられているのが実情である。

そこで著者らは、四肢運動時の体幹安定化能力について、従来の方法とは逆に、腰部を動かさないという条件下において実施可能な最大等尺性両下肢挙上力の限界を測定するように工夫することで、体幹安定化の最大能力を検出可能な測定方法を考案した¹⁴⁾。背臥位からの等尺性両下肢挙上運動は、体幹筋群による固定が不十分な場合、主動作筋である腸腰筋や大腿四頭筋は、骨盤の前傾に作用し腰椎を伸展させる¹⁵⁾。この主動作筋群による腰椎伸展作用を制御した状態で発揮可能な等尺性両下肢挙上力の限界を体幹安定化能力と考え、その評価方法の信頼性について臨床上活用する上で有用であることを報告してきた¹⁴⁾。さらに著者らが考案した測定方法と腰部障害との関連を明確にすることができれば、腰部障害の治療および予防に反映する事ができ意義の大きいことと考えられる。

以上より本研究では、サッカー競技において、我々が考案した定量的評価方法を用いて、腰痛の有無による全力両下肢挙上運動時の体幹安定化能力の特徴について検討する事を目的とした。

対象および方法

1. 対象

某大学サッカー部に所属し、体幹から下肢に手術および骨折の既往がなく本研究の運動課題を痛みや不安なく遂行可能な選手男子 40 名を対象とした。被験者に対しては、参加者募集の段階で、書面及び口頭にて、本研究についての「意義と目

的」、「方法」、「被験者が実施する運動課題」に加え、「研究に伴う危険または不快な状態」として、腰部への急激な負荷と腰痛増悪の可能性について十分に説明した。また研究参加の任意性についても、「研究の開始前・開始後に関わらず、同意をいつでも撤回でき、撤回しても何ら不利益を受けることはない」ことを説明したうえで、研究参加の同意を書面にて得た。さらに実際に本研究の運動課題を痛みや不安なく遂行可能であることを、運動課題の練習の際に確認することで、腰痛増悪の危険性に十分に配慮したうえで研究の対象とした。

本研究は、たちいり整形外科医院倫理委員会 (AMED 研究倫理審査委員会報告システム IRB 番号 16000157) の承認を得て実施した。

測定当日に問診により、選手の年齢・身長・体重および腰痛について聴取した。群分けとして、問診結果に基づき、過去 3 か月以内に腰痛のため医療機関にかかったか、部活動を休んだか、あるいは過去 3 か月以内のプレー中に visual analog scale (VAS) で中等度とされる¹⁶⁾ 30mm 以上の腰痛を有する選手を腰痛群 (13 名)、それ以外を対照群 (27 名) に分類した。また、腰痛群に対しては立位にて体幹前後屈を実施し、腰痛再現運動方向を確認した。

2. 測定方法

1) 等尺性両下肢挙上運動時の体幹安定化能力の測定方法¹⁴⁾

①測定開始肢位

図 1A のように背臥位で両手を頭の後ろで組んだ被験者の両足部を徒手筋力計 (micro FET2; HOGGAN 社製) と板で作成した筋力測定装置 (図 1B) とともにベルトでベッドに固定した。被験者の腰の下に圧測定装置 (図 1C; STABILIZER; Chattanooga 社製) の空気マット部分を、下縁が第 2 仙椎高位に、中央が棘突起を結ぶ線上に設置し、測定の前に空気マット部にポンプで空気を入れていき¹⁾、40mmHg になるように空気圧を調節した。また、圧測定装置のアナログインジケータ部分を被験者からリラックスした状態で確認できる位置に設置した。

②運動課題と測定方法

測定開始肢位から、両肩をベッドから離さないようにし、膝関節は伸展位を維持したままの状態です等尺性に両股関節を屈曲しようとする、等尺性両下肢挙上運動を全力で行わせた。動作は検者の

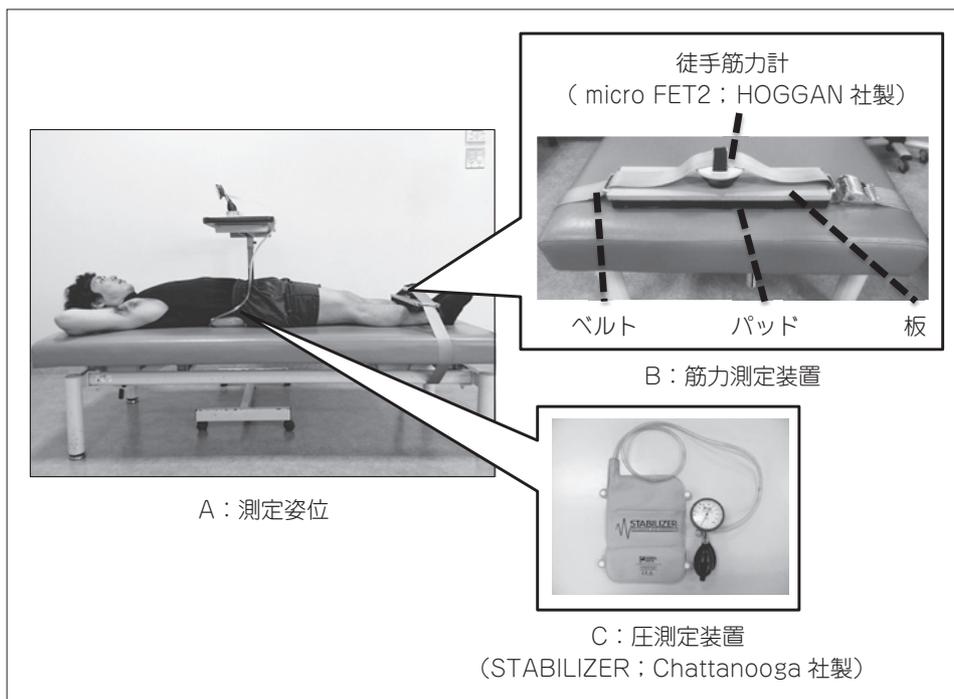


図 1 測定姿勢と装置

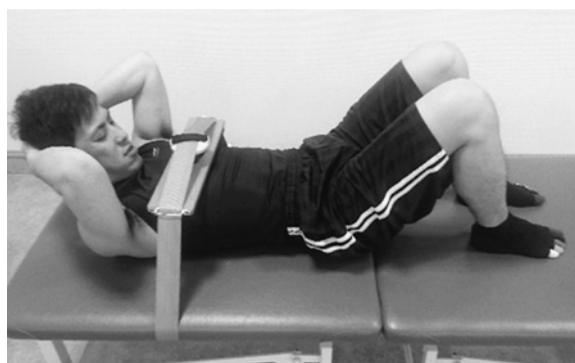


図 2 等尺性体幹屈曲の測定姿勢

合図によって開始したが、急激な動作開始による腰部への負担や測定のばらつきを避けるために、動作の開始から3秒かけて漸増的に全力まで筋力を発揮するように指導した。

運動課題を実施した際の筋力について、特別な意識を持たずに自由に行う free 条件と、腰の下に敷いた圧測定装置の値が動作開始時の設定値より低下しないようにアナログインジケータからの視覚的フィードバック情報により体幹伸展を制御して行う trunk stabilize (TS) 条件の2条件で測定した。

2) 等尺性体幹屈曲力の測定方法

従来から体幹筋力の指標とされてきた腹筋群に

よる体幹屈曲力を把握するために、等尺性体幹屈曲 (ITF: isometric trunk flexion) 運動時の筋力を測定した。

①測定開始肢位

図2のように両手を頭の後ろで組み両股関節60度屈曲位となるよう膝を立て、背臥位になった被験者の胸部を上記の筋力測定装置 (図1B) の板部下縁が剣状突起下端高位に合うようにベルトでベッドに固定した。

②運動課題と測定方法

測定開始肢位から、足部や臀部がベッドから離れないように等尺性体幹屈曲運動を全力で行わせた。動作は検者の合図によって開始し、3秒かけて漸増的に全力まで筋力を発揮するように指導した。注意点として、呼吸時の胸隔の運動による筋力計の数値への影響を排除するために、常に安静呼吸位で息を止めた状態で徒手筋力計のゼロ校正を実施した後、動作開始の合図を出した。

以上の free 条件, TS 条件, ITF それぞれにおいて、3回の練習後2回の測定を実施した。3回の練習の際には、腰痛増悪の危険性に十分配慮し、被験者が各条件の運動課題に対して、痛みや不安なく遂行可能かを確認しながら実施したが、本研究の運動課題中に疼痛や不安を訴える被験者はなかった。3条件とも、動作と動作の間には、30秒

表 1 腰痛群と対象群の属性

	腰痛群 (13名)	対照群 (27名)
年齢 (歳)	20.2±0.1	20.3±0.8
身長 (cm)	175.1±5.9	173.3±5.4
体重 (kg)	67.1±5.7	68.2±6.0
VAS (mm)	36.5±18.8	2.7±6.2
腰痛再現運動方向	伸展 10名, 屈曲 3名	

平均±標準偏差

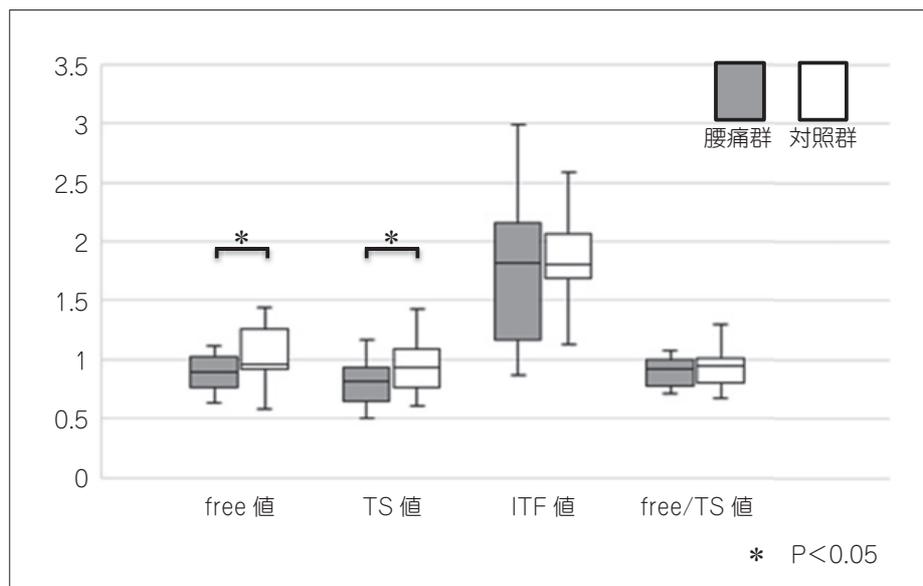


図 3 両群における各パラメータの平均値の比較

の安静を取ることで疲労による影響に配慮した。また、3条件の順序については、乱数表を使用して無作為化した。なお、測定は全て同一検者によって実施した。

3. 統計処理

まず、年齢、身長、体重およびVASそれぞれの平均値について、腰痛群と対照群間における平均値の差を対応の無いt検定で確認した。次に、free条件、TS条件、ITF各2回の平均値を体重で除したfree値、TS値、ITF値および、free値に対するTS値の割合を示すTS/free値を算出し、各パラメータの腰痛群と対照群間の平均値の差について、対応の無いt検定を行った。なお、すべての統計解析はSPSS 18.0 for windowsを使用し、有意水準は5%未満とした。

結果

1. 腰痛群と対象群の属性 (表 1)

腰痛群 13名と対照群 27名の属性を表 1 に示

す。年齢、身長、体重の身体特性については、両群間において有意差は認めなかった。また、過去3か月以内におけるプレー中の疼痛の程度(VAS)においては、腰痛群では36.54±18.83mm、対照群では2.67±6.23mmとなり腰痛群が対照群より有意に大きかった。また腰痛群のうち、腰痛再現運動方向は伸展10名、屈曲3名であった。

2. 両群における各パラメータの平均値の比較 (図 3)

両群における各パラメータの平均値を図 3 に示す。free値は、腰痛群では0.89±0.15N/kg、対照群では1.03±0.23N/kgとなり、腰痛群が対照群より有意に小さかった。TS値は、腰痛群では0.81±0.18N/kg、対照群では0.95±0.21N/kgとなり、腰痛群が対照群より有意に小さかった。ITF値は、腰痛群では1.78±0.66N/kg、対照群では1.89±0.48N/kgとなり、有意差は認められなかった。TS/free値は、腰痛群では0.90±0.11、対照群では0.94±0.14となり、有意差は認められなかった。

考 察

本研究の結果により、体幹屈曲運動の筋力を評価した ITF 値では両群間に差が無かったものの、下肢挙上運動時における体幹安定化能力を評価した TS 値が腰痛群で低値であったことが示された。これは、腰痛を有するサッカー選手においては、従来から評価されているような腹筋群の量的な筋力の指標である体幹屈曲力よりも、体幹を安定化させて下肢を全力で挙げるといった質的な体幹・下肢運動連鎖を遂行する制御能力が低下していることが示唆された。本研究の TS 条件の運動課題においては、主導作筋の収縮により骨盤前傾・腰椎伸展作用が働く。対象者は運動課題に疼痛や不安が無いことを前提としているものの、特に本研究の腰痛群で 77% (10 人/13 人) を占めた伸展型腰痛を有する被験者にとっては、無意識的に疼痛再現動作である腰椎伸展を回避するように下肢の筋出力を抑制したか、あるいは体幹の伸展制御能力が不十分なためにそれ以上の下肢の筋出力が不可能であったかが考えられ、本研究の結果に影響した可能性がある。本研究は横断調査であるため、腰痛を回避した結果として TS 値が低値を示したのか、あるいは TS 値が低値であることが腰部への負担の原因になっているのかは不明である。しかし、いずれの理由にしても、合目的動作を要素的に分解した本研究の運動課題である、体幹を安定させて下肢筋力を発揮するという基本的な能力が、対照群と比較して低下しているということは、より複雑なスポーツ動作時における腰部への負担の増大やパフォーマンスの低下の要因となる可能性が考えられる。このことから、サッカー選手の腰痛治療や予防のための運動処方を実施する際には、腹筋群や下肢の筋力トレーニングだけでなく、体幹を安定させた状態で下肢筋力を発揮するというような運動制御に焦点を当てたトレーニングも疼痛増悪動作に十分留意した上で実施することが重要であると考えられる。

また普段の無意識での全力動作を反映する free 値についても腰痛群で有意に低値であった。上下肢の筋力を発揮する際には、体幹がその支点になるという力学的な要因から、体幹・四肢運動連鎖における体幹の安定性が重要であるとされており⁶⁻⁸⁾、我々の過去の報告でも、TS 値と free 値には強い正の相関を認めていることから¹⁴⁾、本研究

においても、腰痛群の体幹安定化能力の低下が、下肢筋力発揮の低下に影響したと考える。

一方、TS/free 値については、本研究においては両群間に差を認めなかった。TS/free 値は、普段の無意識下での下肢挙上動作能力を反映する free 値に対する、体幹安定化能力を反映した TS 値の割合を示している。そのため、free 値は高値であるが TS/free 値が低値を示す被験者の場合には、強い下肢筋力発揮が可能である反面、動作中の腰椎伸展負荷がより大きくなっていることが考えられ、逆に TS/free 値は高値であるが free 値が低値を示す場合には、動作中の腰椎の伸展負荷は小さいものの、スポーツパフォーマンスに必要とされる筋力発揮が十分でないことが推察される。本研究の腰痛群では、TS 値と free 値の両方が低下していたことにより、TS/free 値としては低値を示さなかったと考えられる。

本研究の限界と今後の課題について以下に述べる。

先ず、本研究の測定方法についてであるが、筆者らは、下肢動作時の体幹安定化の最大能力を定量的に検出するために、代償運動が生じにくい課題として背臥位での等尺性両側下肢挙上運動を設定している¹⁴⁾。また、腰部の動きを確認するために腰部圧測定装置を使用していることから、運動課題が背臥位に限定されている。そのため、本研究の運動課題は、測定姿勢や荷重条件といった運動様式が、実際の競技動作とは異なっている。したがって、運動指導を実施する際には、本研究の結果だけでなく、競技動作に関連した評価も併せて判断していく必要がある。今後は、本研究の測定結果と実際の競技動作との関連性について検証することや、より競技動作に近い条件での定量的な測定方法を検討していくことが課題であると考えられる。

次に、本研究では、腰椎伸展方向への運動を制御する能力を体幹安定化能力としたが、屈曲や回旋方向といった他の運動方向を制御する能力に関しては検討できていない。また、本研究における腰痛群の疼痛再現運動方向の内訳は伸展方向 10 名、屈曲方向 3 名であったが、症例数が少ないため疼痛再現運動方向の違いによる体幹安定化能力の特徴までは検討できていない。体幹安定化には、運動方向にかかわらず、腹部や背部の深部筋や表在筋を含む体幹筋群を同時収縮することにより、

腹腔内圧を上昇させ脊柱を安定化する必要があるとされている¹⁷⁾。したがって、本研究で測定した伸展制御能力の測定結果は、他の運動方向に対する制御能力もある程度反映していることが考えられるが、腰痛再現運動方向の違いによっても体幹制御能力の運動方向に特徴がある可能性もあるため、今後は他の運動方向に対する運動制御能力についても検討していく必要があると考える。

最後に、本研究で測定した体幹安定化能力は、体幹筋力をはじめ、隣接関節周囲筋の筋力およびそれらの運動をコントロールする運動制御能力を統合した結果であると考えられるため、実際の現場においては本研究で測定できていない関連部位の筋力評価を合わせて実施することで、より詳細に個々の選手の特性に合った運動処方が可能になると考える。

以上のような限界はあるものの、我々の考案した方法は、これまで定性的に評価されていた体幹・下肢運動連鎖について定量的に測定し、腰痛を有するサッカー選手の体幹安定化能力の特徴を客観的に把握するのに有用であった。そして、全力両下肢挙上運動時の体幹安定化能力の測定が、腰痛を有するサッカー選手に対する運動処方を行う際や、トレーニング効果および復帰基準の指標として活用できるのではないかと考えた

結 論

大学男子サッカー選手を対象に、腰痛の有無による下肢挙上運動中の体幹安定化能力の特徴について、我々の考案した定量的評価法を用いて検討した。腰痛を有するサッカー選手は、従来から評価されているような体幹屈曲力よりも、体幹を安定化させて下肢を全力で挙げるという体幹・下肢運動連鎖を遂行する制御能力が低下していることが示唆された。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

文 献

- 1) Richardson C, Hides JA. Chapter 16. Open chain segmental free and progression into function. In: Richardson C, Hodges PW, Hides JA, eds. Therapeutic Exercise for Lumbopelvic Stabilization; A Motor free Approach for the Treatment and Pre-

- vention of Low Back Pain. 2nd ed. Edinburgh: Churchill Livingstone; 233-246, 2004.
- 2) Panjabi M. The stabilizing system of the spine. Part II. Neutral zone and instability hypothesis. J Spinal Disord. 1992; 5: 390-396.
- 3) Sairyo K, Katoh S, Komatsubara S, 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: 1-6.
- 4) Stuber KJ, Bruno P, Sajko S, et al. Core stability exercises for low back pain in athletes: a systematic review of the literature. Clin J Sport Med. 2014; 24: 448-456.
- 5) Smith BE, Littlewood C, May S. An update of stabilisation exercises for low back pain: a systematic review with meta-analysis. BMC Musculoskeletal Disord. 2014; 9: 416.
- 6) Kibler WB, Press J, Sciascia A. The role of core stability in athletic function. Sports Med. 2006; 36: 189-198.
- 7) Akuthota V, Nadler SF. Core strengthening. Arch Phys Med Rehabil. 2004; 85: 86-92.
- 8) Loren ZF. Are Specific Spine Stabilization Exercises Necessary for Athletes? Strength and Conditioning Journal. 2007; 29: 15-17.
- 9) 大江 厚, 木村貞治, Goh Ah Cheng, 他. 体幹筋の収縮様式の違いが下肢挙上動作時における腰部の動きに及ぼす影響. 理学療法学. 2012; 39: 322-329.
- 10) Ohe A, Kimura T, Goh AC, et al. Characteristics of trunk control during crook-lying unilateral leg raising in different types of chronic low back pain patients. Spine. 2015; 40: 550-559.
- 11) 松本 學. 腰部障害の保存的治療. 臨床スポーツ医学. 2006; 23: 1301-1309.
- 12) Kendall FP. Chapter 5. Trunk and Respiratory muscles. In: Kendall FP, Provance PG, McCreary EK, Rodgers MM, Romani WA, eds. Muscles Testing and Function with Posture and Pain. 5th ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 210-214, 1993.
- 13) Faries MD, Greenwood M. Core training: stabilizing the confusion. Strength and Conditioning Journal. 2007; 29: 10-25.
- 14) 大江 厚, 藤竹俊輔, 西尾大地, 他. 両下肢挙上運動時における体幹安定化能力の定量的評価の試み

- 相対信頼性と絶対信頼性の検討— 日本臨床スポーツ医学会誌. 2018; 26: 81-87.
- 15) Neumann DA. Chapter 12. Hip. In: Neumann DA, ed. *Kinesiology of the musculoskeletal system: Foundations for Physical Rehabilitation*. 2nd ed. Philadelphia PA: Mosby; 486-487, 2002.
- 16) Collins SL, Moore RA, McQuay HJ. The visual analogue pain intensity scale: what is moderate pain in millimeters? *Pain*. 1997; 72: 95-97.
- 17) Hagins M, Adler K, Cash M, et al. Effects of practice on the ability to perform lumbar stabilization exercises. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1999; 29: 546-555.

(受付：2018年7月7日，受理：2019年3月29日)

Trunk-stabilizing ability during bilateral leg raises in college soccer players with low back pain

Ohe, A.^{*1}, Fujitake, S.^{*1}, Fujitaka, K.^{*2}
Honjo, K.^{*3}, Tachiiri, H.^{*4}, Tachiiri, K.^{*4}

^{*1} Department of Rehabilitation, Tachiiri Orthopedic Clinic

^{*2} Kishima Hon-in Clinic

^{*3} Department of Orthopedic Surgery, Saiseikai Kyoto Hospital

^{*4} Department of Orthopedic Surgery, Tachiiri Orthopedic Clinic

Key words: trunk stability, soccer, low back pain

[Abstract] This study aimed to analyze the trunk-stabilizing ability during maximal bilateral leg raises in college soccer players with low back pain (LBP) using a quantitative measurement method. Thirteen subjects with LBP and 27 healthy subjects participated in this study. The subjects were lying in the supine position with both feet fixed to a bed using a custom-made board. They were instructed to perform isometric bilateral leg raises with maximal capacity under two conditions: 1) free condition: involuntary, and 2) trunk-stabilizing (TS) condition: controlled trunk extension in reference to back pressure based on a biofeedback device. The subjects were subsequently instructed to perform maximal isometric trunk flexion (ITF). The average strength values recorded twice for each condition were divided by the subjects' body weight to standardize the values. The ratio of the TS condition and the free condition values implied the percentage of free condition values. Each parameter was statistically compared between the LBP and the control groups. The results showed that the free condition and TS condition values in the LBP group were significantly smaller than those in the control group. This suggested that motor control ability to stabilize the trunk during leg raises decreases in soccer players with LBP.