

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：17702

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18K10851

研究課題名(和文) 動的下肢アライメント障害knee valgus予防のためのトレーニング開発

研究課題名(英文) Development of a New Training to prevent Knee Valves, One of the Dynamic malalignment of Lower Extremities causing the Anterior Cruciate Ligament injury

研究代表者

藤井 康成 (Fujii, Yasunari)

鹿屋体育大学・スポーツ生命科学系・教授

研究者番号：30315410

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：膝前十字靭帯損傷の原因として、近年、着地やストップ時などの膝屈曲時に生じる膝が内側に曲がる現象、knee valgus (KV) が注目され、その予防には、体幹の安定性向上を目的としたバランストレーニングや骨盤・股関節周囲の柔軟性を高めるトレーニングが必須とされている。本研究では、我々の開発した骨盤訓練を継続的に行うことによる骨盤機能への影響を調査し、並行して訓練前後での骨盤運動を自動制御する腹横筋の収縮能の変化と、3次元動作解析装置を用いて膝屈曲時の膝屈曲方向の変化、KVの改善の有無を調査した。結果は、骨盤機能の改善は明らかに認められたが、腹横筋の収縮能やKVの改善は得られなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

動的下肢アライメント障害の一つで、膝前十字靭帯損傷の原因となるKVを改善・予防するために、我々は体幹の安定化機能の向上を目指して新しい骨盤訓練を開発した。本研究では、新しい骨盤訓練を継続的に行うことで、1)骨盤機能の改善が得られるか、2)超音波エコーを用いて、骨盤運動の改善により腹横筋の収縮能が強化され、骨盤運動の自動制御が可能となるか、3)3次元動作解析装置を用いて、骨盤運動の自動制御がKVの改善に繋がるかを調査した。結果は、腹横筋の収縮能やKVの改善は得られなかったが、骨盤他動運動の改善は明らかで、本法による骨盤機能の改善は、腰椎や下肢スポーツ障害の予防に貢献し得る可能性が期待される。

研究成果の概要(英文)：Recently the knee valgus(KV) is much focused on as one of the biggest causes of the anterior cruciate ligament injury (ACL). The KV is a dynamic malalignment of lower extremities that during landing, cutting, and stopping, pivoting foot cannot manage to absorb stress, as its knee is flexed, it is forced to be bended inward. In order to prevent the KV balance training to improve trunk stability and pelvic flexibility around the hip is considered essential. In this study, we investigated how effect on pelvic function the continuous pelvic training we devised would have. In parallel, we investigated whether our training could improve the contraction of transversus abdominis muscle (TAM) using a sonography, which automatically controls pelvic motion, and whether improvement of pelvic mobility and the TAM's contraction could correct the KV using a 3-dimensional motion analyzer. Our results showed clear improvement in pelvic function, but no improvement in the TAM's contraction and the KV.

研究分野：スポーツ整形外科

キーワード：膝前十字靭帯損傷 膝外反 骨盤機能訓練 Pelvic Mobilityテスト 腹横筋 三次元動作解析システム

## 1. 研究開始当初の背景

スポーツ障害の発症に間接的に影響を与える因子の代表として、体幹や下肢の形の歪み（以下アライメント）の問題がある。腰痛に対する脊椎の湾曲の異常や、下肢のO脚やX脚変形など、以前よりアライメントとスポーツ障害との関連性が指摘されてきた。下肢のアライメント異常として、最近特に注目を集めているのが knee valgus という現象で、動的アライメント障害（静止した状態では問題なく、運動中、つまり体の動きの中で発生するアライメント異常）の代表である（蒲田 2000）。

knee valgus は、30~40度の軽度膝屈曲時に膝が外反し内側方向へ内折れする現象で、スポーツ活動時のジャンプの着地やカットイン、ストップなどの体の動く方向の急激な切り返し動作時に起こりやすい。knee valgus が生じると、体を支持するために膝関節に過多のストレスが瞬間的にかかり、そのため前十字靭帯や内側側副靭帯などの靭帯損傷を引き起こす（蒲田 2000、Krosshaug 2007）。また、knee valgus による慢性的な膝の外反の繰り返しは、ランニングやジャンプ動作による下腿の疲労骨折や小児の膝の成長痛として有名なオスグット病の発生にも関与している（藤井 2004）。つまり様々な下肢のスポーツ外傷・障害の発症に影響している knee valgus の発生機序を解明し、それをコントロールし得るトレーニング法を開発できれば、スポーツ活動に伴う外傷・障害の発生を予防できるだけでなく、パフォーマンスの向上につながると言える。

## 2. 研究の目的

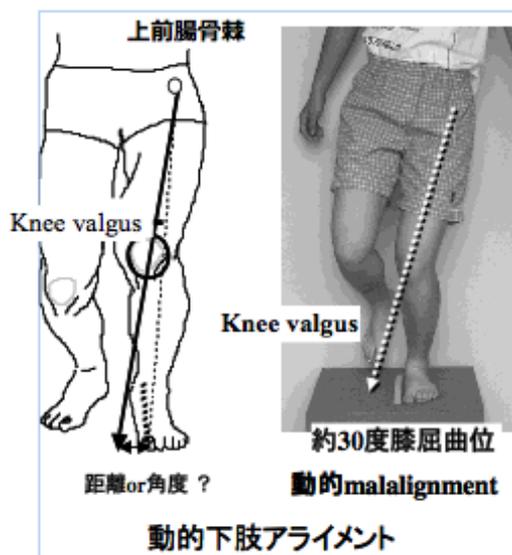
Engebretsen ら（2007）は、前十字靭帯の損傷機序として、knee valgus を挙げ、その改善が、損傷の予防に有用と報告しており、我々も、これまで、knee valgus と足部のアーチの機能的な異常（回内足や扁平足）との関係（藤井 2004）や、骨盤、股関節周囲筋の機能低下との関係（藤井 2004）をスポーツ選手のメディカルチェックの結果を通して、統計学的に検討し、その関連性を明らかにしてきた。

近年、骨盤や股関節周囲筋は、股関節の運動だけでなく、骨盤のわずかな動き（骨盤の捻れ運動：藤井 2007）や腰椎を中心とした脊椎、体幹の安定性にも貢献していることが

証明され、特に体幹の深部の筋である腹横筋を中心としたコアマッスルは、体幹のトレーニング法のターゲットとしてトレーニング理論やリハビリテーションの分野でも注目を集めている

（Schamberger 2002、Richardson 2002）。下肢の動的なアライメント異常である knee valgus は、体幹の安定性や股関節の動きをコントロールする骨盤や股関節周囲筋を中心としたコアマッスルの機能が低下し、そのため股関節の運動制御がうまく機能しなくなるために生じる。特に股関節外転外旋方向への運動が制限され、膝屈曲時にその逆の股関節内転、内旋方向への運動が生じやすくなり、同時に膝関節は外反すると考えられている（藤井 2007）。つまり、knee valgus の矯正には、膝屈曲時の股関節の運動制御が不可欠と言える。

さらに我々は、骨盤の捻れるような運動の評価法を独自に開発し、スポーツ障害を有する選手のほとんどに骨盤の動きの制限が存在し、その制限を解除するトレーニング（骨盤版インナーマッスル訓練や骨盤ストレッチ：鹿屋体育大学オリジナル骨盤ストレッチ&トレーニング）を行う



ことで投球による肩・肘障害や腰痛症、オスグット病など治療を行ってきた（藤井 2013、2015、2017）。

我々の開発した骨盤機能訓練が、骨盤の運動性を向上させ、それに伴い骨盤運動をコントロールしているコアマッスルの代表である腹横筋収縮能が改善され、体幹の安定性の確保と股関節周囲筋の機能が改善される。それにより、動的下肢アライメントの制御機能が獲得され、その正常化が可能となるのではと考えた。

**\* 本研究の目的は、knee valgus の発生する原因を探り、その予防や改善に効果的なトレーニングを開発することである。**

### 3. 研究の方法

対象は、事前に本研究の目的および方法について説明を行い、十分な理解、同意を得られたエリート女子大学バスケット選手 14 名、28 股、平均年齢は 19.7±0.8 歳であった。

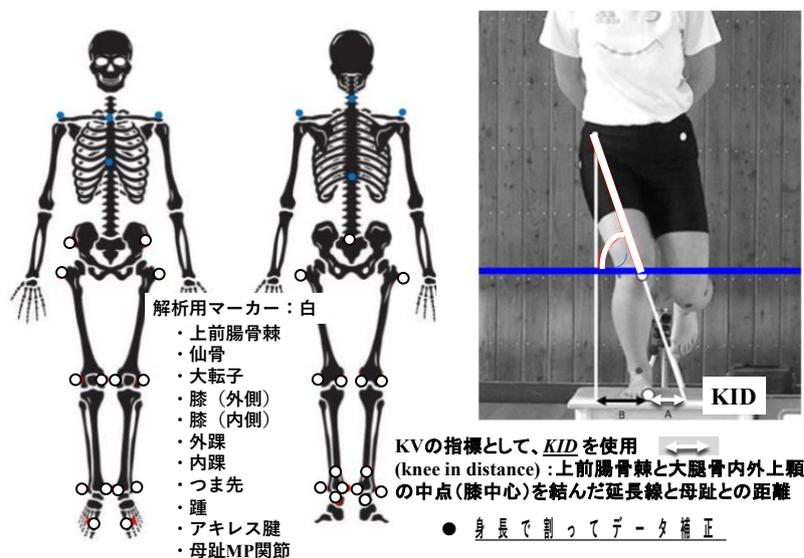
無作為に骨盤機能訓練を継続的に行う訓練群（T 群）7 例と全く介入を行わないコントロール群（C 群）7 例の 2 群に分けた。14 名全員が同一チームに所属しており、調査期間中の練習メニューに両群間で特に差はなかった。

T 群のみ、我々の考案した骨盤機能訓練を 12 週間継続して 1 日 3-5 セット、interval をおいて行わせ、両群で、下記 A)、B)、C) の評価および測定を、訓練開始前、4 週後、8 週後、12 週後の計 4 回行った。

A) 骨盤機能評価は、Pelvic Mobility テスト（以下 PMT）を用いた（藤井 2011、2021）。

B) 腹横筋の収縮能の評価は、超音波エコーにて腹圧をかける前後での腹横筋厚を測定し、安静時の筋厚に対する腹圧時の筋厚の比を腹横筋収縮率（以下収縮率）として算出し検討した。

C) KV の計測には三次元動作解析システムを用いた。KV の評価は、上前腸骨棘から膝内外側上顆中心を結んだ延長線と母趾中央部との距離（Knee in distance : KID）を前額面上で計測し、身長で割ってデータ補正を行なった（Kagaya Y 2015）。



**KVの評価:光学式3次元動作解析システム(Mac3D、Motion Analysis社製)使用**

### 4. 研究成果

1) T 群における PMT の推移は、訓練開始時陽性 6 股 (42.9%) が、4 週、8 週、12 週のいずれにおいても全て陰性化し、14 股全て陰性を示した。

C 群においては、開始前 2 股 (14.3%)、4 週後 9 股 (64.3%)、8 週後と 12 週後はともに 7 股 (50.0%) と、特に変化を認めなかった (表 1)。

検討項目として、1) 各群における計 4 回の評価および測定値の推移および変化を評価、2) 各評価ならびに測定時における両群間の比較検討を行った。

本研究に際しては、本学倫理審査委員会承認を得た (承認番号: 第 15-4 1 号)。

骨盤機能訓練の継続により、PMT は明らかな改善を示し、その効果も良好に維持されていた。

収縮率および KID は、両群ともほぼ変化を示さず、T 群における訓練の継続による効果は認められなかった (表 2、3)。

2) 各評価、計測時の両群間の比較においても、収縮率と KID では差を認めず、PMT の結果のみ、開始前を除いて訓練後 4 週、8 週、12 週のいずれにおいても、C 群に比し T 群で骨盤機能の明らかな改善を認めた (表 1、2、3)。

**表1. PMTの推移:T群 v.s. C群**

	開始前	4週後	8週後	12週後
T群 (陽性/陰性) N=14	6 / 8	0 / 14	0 / 14	0 / 14
C群 (陽性/陰性) N=14	2 / 12	9 / 5	7 / 7	7 / 7

P M テ ス ト 陽 性 率

訓練前 → T群:42.9% (6/14股) C群: 14.3%(2/14股)

↓  
訓練12週後 → T群: 0% (0/14股) C群: 50% (7/14股)

**表2. 腹横筋収縮率の推移:T群 v.s. C群**

	開始時	4週後	8週後	12週後
T群 N=14	1.64 ± 0.42	1.91 ± 0.51	2.04 ± 0.58	2.06 ± 0.47
C群 N=14	1.87 ± 0.37	1.73 ± 0.46	1.86 ± 0.45	1.78 ± 0.34

N.S.

腹横筋収縮率= 腹圧時腹横筋厚/ 安静時腹横筋厚 (%)

● 両群間で特に腹横筋の収縮率に変化を認めず。

**表3. KV ( KID ) の推移: T群 v.s. C群**

	開始時	4週後	8週後	12週後
T群 N=14	0.54 ± 0.10	0.53 ± 0.20	0.47 ± 0.18	0.56 ± 0.12
C群 N=14	0.62 ± 0.19	0.56 ± 0.18	0.64 ± 0.23	0.66 ± 0.28

N.S.

KID(cm)/身長(cm) × 100 ● 身長で割りデータ補正施行

● 骨盤機能訓練の継続による KV に対する改善は認められなかった。

本研究により、継続的な骨盤機能訓練が、PMT の継続的な陰性化に寄与したことは明らかとなったが、骨盤の自動運動制御の中心となる腹横筋の収縮能や、片脚スクワット運動時に生じる KV の改善にはつながらなかった。これは、本骨盤運動が、単に骨盤を構成する仙腸関節や恥骨結合の他動による関節包内運動を改善させる効果を有するものの、中枢を介して腹横筋を収縮させることで生じる、自動での骨盤運動を獲得させるまでには至らないことを意味している。骨盤の自動運動が生じなければ、当然下肢アライメント制御機能の向上は期待できず、今回の KID の結果からも、KV の改善効果は得られなかった。

今後の本研究の方向性としては、腹横筋の自動収縮を向上させるためのトレーニングの開発が重要で、本骨盤機能訓練により獲得された骨盤の運動性を、如何に自動にてコントロールさせるかがポイントとなる。今回、被検者に対して、片脚スクワット時に、膝の屈曲方向を意識的に矯正させる動作介入は行わなかった。1) draw in などの呼吸法の併用による腹横筋の意識的な賦活、2) ビデオなどを利用した視覚的学習に基づく積極的な動作介入、以上 2 点が、下肢アライメント制御機能の獲得、ならびにそれに基づく KV の治療や予防のための次なるステップと考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 藤井 康成、木葉 一総	4. 巻 32
2. 論文標題 骨盤機能改善のためのエクササイズ - 継続した骨盤エクササイズによる女子バスケットボール選手の骨盤機能の変化 -	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 九州・山口医・科学研究会誌	6. 最初と最後の頁 51-56
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小濱 泰斗、藤井 康成	4. 巻 31
2. 論文標題 インナーユニットと骨盤帯機能の関連について	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 九州・山口医・科学研究会誌	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 藤井 康成、木葉 一総、鈴木 智春、小濱 泰斗	4. 巻 33
2. 論文標題 継続した骨盤機能改善トレーニングのKnee valgusと腹横筋収縮能に対する効果 エリート女子バスケットボール選手の分析結果から	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 九州・山口医・科学研究会誌	6. 最初と最後の頁 41-46
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 藤井康成
2. 発表標題 Knee valgus予防を目的とした骨盤機能改善トレーニングの有用性—エリート大学女子バスケットボール選手の分析から—
3. 学会等名 第32回日本臨床スポーツ医学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤井康成
2. 発表標題 Knee valgus予防を目的とした骨盤機能改善トレーニングの有用性ーエリート大学女子バスケットボール選手の分析からー
3. 学会等名 第33回九州・山口スポーツ医・科学研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤井康成
2. 発表標題 継続した骨盤機能改善訓練による女子バスケットボール選手の股関節内旋角度と腹横筋収縮能の変化
3. 学会等名 第12回日本関節鏡・膝・スポーツ整形外科学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤井 康成
2. 発表標題 骨盤機能改善のためのエクササイズ - 継続した骨盤機能訓練による女子バスケットボール選手の骨盤機能および股関節内旋可動域の変化 -
3. 学会等名 第32回九州・山口医・科学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小濱 泰斗、藤井 康成
2. 発表標題 インナーユニットと骨盤帯機能の関連について
3. 学会等名 第31回九州・山口スポーツ医・科学研究会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	木葉 一総  (Kiba Kazufusa)  (00644395)	鹿屋体育大学・スポーツ・武道実践科学系・准教授    (17702)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------