前十字靱帯損傷患者の股関節形態が股関節筋力および膝関節外反角度に及ぼす影響

Effects of Hip Morphology on Hip Muscle Strength and Knee Valgus Deviation Angle of Patients with Anterior Cruciate Ligament Injury

福山 友見¹⁾ 藤田 晃史²⁾ 森内 宏充²⁾
熊田 仁¹⁾ 西島 吉典³⁾

YUMI FUKUYAMA, RPT, MS¹⁾, AKIFUMI FUJITA, MD, PhD²⁾, HIROMITSU MORIUCHI, MD, PhD²⁾,
HITOSHI KUMADA, RPT, MS¹⁾, YOSHINORI NISHIJIMA, PhD³⁾

¹⁾ Department of Physical Therapy, Faculty of Health Science, Aino University: 4-5-4 Higashi-Ota, Ibaraki-shi, Osaka 567-0012, Japan TEL +81 72-627-1711 E-mail: y-fukuyama@pt-u.aino.ac.jp

²⁾ Department of Knee Sports Arthroscopy Center, First Towakai Hospital

³⁾ Professor Emeritus, Osaka Kyoiku University

Rigakuryoho Kagaku 37(1): 65-70, 2022. Submitted Aug. 24, 2021. Accepted Oct. 13, 2021.

ABSTRACT: [Purpose] To investigate whether hip morphology is associated with non-contact anterior cruciate ligament (ACL) injury. [Participants and Methods] Twenty patients with ACL injury and 20 control subjects were examined. The acetabulum-head index (AHI) and the center-edge (CE), Sharp, and pelvic inclination angles were measured using frontal hip radiographs. The hip muscle strength was calculated using the agonist/antagonist muscle strength ratio. The knee valgus deviation angle was measured during single-leg squatting. [Results] There were no significant differences in the CE, Sharp, and knee valgus deviation angles between the two groups. However, the AHI was lower and the pelvic inclination angle was higher in the ACL injury group than in the control group ($p < 0.05$ for both). [Conclusion] Lower AHI and an increased angle of pelvic inclination may affect anterior hip instability and ACL injury.

Key words: anterior cruciate ligament injury, hip morphology, pelvic inclination angle

要旨:〔目的〕非接触型の前十字靱帯（ACL）損傷者における股関節の形態が、股関節周囲筋および膝外反角に及ぼす影響を検討した。〔対象と方法〕ACL損傷者20名と対照群20名を対象とした。両股関節正面レントゲン像にて、股関節骨形態と骨盤傾斜角を測定した。股関節周囲筋は主動作筋力／拮抗筋力で評価した。膝関節外反角の測定は、片脚スクワット時の膝関節屈曲60°の肢位で計測した。〔結果〕股関節周囲筋と膝外反角は、群間に差がなかった。ACL損傷群はAcetabular-Head Indexが有意に小さく、骨盤後方傾斜角は有意に大きかった。そのため股関節不安定性があると考えられた。〔結論〕骨盤後方傾斜角の増加に従い股関節外旋／内旋筋力の減少を認め、この主動作筋／拮抗筋比率の不良がACL損傷の受傷肢位を助長すると考えられた。

キーワード: 前十字靱帯損傷, 骨盤形態, 骨盤傾斜角

¹⁾ 藍野大学 医療保健学部 理学療法学科：大阪府茨木市東太田4-5-4（〒567-0012）TEL 072-627-1711

²⁾ 医療法人東和会 第一東和会病院 膝スポーツ関節鏡センター

³⁾ 大阪教育大学名誉教授

I. はじめに

前十字靱帯 (anterior cruciate ligament: 以下, ACL) 損傷は、主にスポーツ活動中に発生し約 70% が非接触により発生する¹⁾。非接触型損傷は急激な方向転換 (カッティング動作) やジャンプ後の着地、ダッシュ後のストップ動作で生じる²⁾。受傷肢位は膝関節が屈曲、外反、外旋位、いわゆる knee-in toe-out で^{3,4)}、その際に股関節は屈曲、内転、内旋位になる。受傷時の膝関節と股関節の動きは連動しているため、予防医学の見地から両関節の関係を調査した研究は多い。鈴木ら⁵⁾は、カッティング動作時の膝関節外反角と股関節伸展・外転・外旋筋力を調査し、女性において股関節伸展・外転・外旋筋力が弱いほど膝関節外反角が増加することを報告した。また Khayambashi ら⁶⁾は、非接触 ACL 損傷をきたしたアスリートは股関節外転・外旋筋力が低値であったと報告した。これらの報告により、膝関節の受傷肢位に股関節周囲筋が関連していることが明らかにされ、受傷肢位に拮抗する股関節周囲筋 (股関節外転筋と外旋筋) の強化が、ACL 損傷の受傷予防に有効であると考えられている^{7,8)}。

一方、股関節の機能を評価するうえで、股関節の周囲筋を調査した報告は多いが、骨形態を評価したものは少ない。Ellera Gomes ら⁹⁾は、非接触型損傷の ACL 損傷患者の 56% において、股関節の内外旋の可動域制限を認め、レントゲン像で寛骨臼の辺縁の石灰化や骨棘形成、femoroacetabular impingement に認められる大腿骨頭と頸部の骨性異常がみられたことを報告した。また Philippon ら¹⁰⁾は、股関節側面レントゲン像の α 角を用いて大腿骨の head-neck offset を評価し、 α 角が 60° 以上であったのは対照群が 35% であったのに対し、ACL 損傷群では 94% と、ACL 損傷群では有意に大腿骨の head-neck offset が減少していたと報告した。Kaneko ら¹¹⁾は、16 名の健常女性を調査し、大腿骨頸部前捻角が増大している群において、股関節屈曲角度が小さく膝関節外反角度が大きかったと報告した。Yamazaki ら¹²⁾は、女性の ACL 損傷患者 100 名のうち 37 人に寛骨臼形成不全を認めたと報告した。股関節の形態異常により生じる関節不安定性が、股関節と連動する膝関節における ACL 損傷に関与している可能性がある。しかしながら、これまでに股関節の骨形態と股関節周囲筋の関係を調査したものは少ない。これらが明らかになることにより、非接触型 ACL 損傷の受傷肢位に関与する股関節周囲筋力の低下に関連する股関節骨形態が明らかになる。

そこで我々は、非接触型 ACL 損傷患者と膝に外傷歴のない対照者の股関節の骨形態と骨盤傾斜、股関節周囲の筋力、さらに片脚スクワットを行った時の膝関節外反角を調査し、股関節の形態と骨盤傾斜が股関節周囲筋および膝外反角に影響を及ぼすかを検討したので報告する。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は、スポーツ活動中に非接触型の ACL 損傷を受傷した 20 名 (以下、ACL 損傷群) と膝に外傷歴のない対照群 20 名とした。ACL 損傷群の活動性は全例、国際膝記録委員会 (IKDC) の level I で、競技種目はサッカー 6 名、バスケットボール 4 名、野球 3 名、ダンス 3 名、バレーボール 2 名、ラグビー 2 名であった。各種スポーツに参加中に受傷し、受傷肢位は全例とも股関節屈曲内転内旋位、膝関節屈曲外旋位であった。ACL 損傷群は急性期を過ぎて再建手術を受ける直前 (受傷後 45.9 ± 19.8 日: 平均 $\pm$ 標準偏差) に受傷側の評価を行った。対照群の競技種目は、サッカー 7 名、テニス 5 名、バスケットボール 4 名、バドミントン 2 名、野球 1 名、ハンドボール 1 名で、全例 level I のスポーツ経験者であった。対照群ではボールを蹴る際の軸脚を評価した。

本研究は第一東和会病院にて承認を得た後、研究への参加について医師より研究の趣旨、個人情報について十分に説明を行い、署名にて同意が得られた者のみを対象とした。

2. 方法

ACL 損傷群と対照群の身体的特性として、性別、年齢、身長、体重、Body Mass Index (以下、BMI) を調べた。

股関節の形態測定は、立位両股関節正面レントゲン像を用いた。撮影には KXO-50R (東芝メディカルシステムズ社製) を使用した。股関節の形態を評価するために、center-edge angle (以下、CE 角)、Sharp 角、Acetabular-Head Index (以下、AHI) を計測した^{13,14)}。

骨盤後方傾斜角は、土井口ら¹⁵⁾の報告した重回帰方程式を用い、股関節正面像から算出した (図 1)。すなわち、両股関節正面レントゲン像で骨盤腔の最大横径 T と、恥骨結合上縁から両仙腸関節下縁を結ぶ線までの垂線 (縦径) L を計測し、男性の骨盤傾斜角 = $-67 \times L/T + 55.7$ 、女性の骨盤傾斜角 = $-69 \times L/T + 61.6$ から算出した。関心領域の測定には、画像システム SOS ビューアー (テクマトリクス社製) を用いた。

股関節周囲筋の測定については、ACL 損傷群では受傷側下肢を測定し、対照群の測定下肢はボールを蹴る時の軸脚を計測した。股関節の筋力測定には、徒手筋力計 (Hand Held Dynamometer: 以下、HHD) micro FET2 (日本メディックス社製) を用いて、固定ベルトで HHD を固定して計測した。計測は、股関節の各運動方向へ等尺性収縮を 5 秒間 3 回実施し中央値を用いた。先行研究より測定肢位は、端座位で股関節屈曲・外旋・内旋筋力を、背臥位にて股関節外転・内転筋力を、腹臥位にて股関節伸展筋力を計測した¹⁶⁻¹⁹⁾。代償動作に上肢を使用しないように、端座位では胸の前で腕を組み、臥位では体側

図1 股関節正面レントゲン画像による骨盤傾斜角の測定方法

骨盤傾斜角：aとcの間の線は、左右の仙腸関節の下縁を結ぶ。T：aとcの間の線に平行な骨盤腔の最大横径。L：恥骨結合の上縁からaとbの間の線までの垂直線。各々を下記の式に当てはめて骨盤傾斜角を算出する。骨盤の傾斜が大きいほど骨盤の後方傾斜を示す。

男性：骨盤傾斜角 = $-67.0^{\circ} \times L/T + 55.7$

女性：骨盤傾斜角 = $-69.0^{\circ} \times L/T + 61.6$

図2 片足スクワット時の膝外反角度の測定方法

上前腸骨棘から膝蓋骨の中心を通る線と、足首の中心から膝蓋骨の中心を結ぶ線とがなす角度。外反膝の角度は、式 $180 - \alpha$ を使用して計算した。

に上肢を添えるように指導した。股関節屈曲筋力は大腿前面の遠位 1/3、外転筋力は大腿骨外側の遠位 1/3、内転筋力は大腿骨内側部遠位 1/3、伸展筋力は大腿骨後面遠位 1/3 に設置し計測した¹⁶⁻¹⁸⁾。また、内旋筋力の下腿遠位 1/3 で、外旋筋力の下腿内側遠位 1/3 に HHD を設置し計測した¹⁹⁾。計測した各々の筋力から主動筋力/拮抗筋力、すなわち屈曲/伸展筋力、外転/内転筋力、外旋/内旋筋力を算出した。

膝関節外反角の測定には、対象者に胸の前で上肢を組ませ、片足スクワットを行い、膝関節が屈曲 60° となった肢位で計測した。デジタルカメラを対象者からの距離 200 cm 高さ 80 cm に固定し、前額面から画像撮影を行った。撮影時のランドマークは両上前腸骨棘、膝蓋骨中央、足関節内外果を結んだ中央に貼付した。膝関節外反角の計測には画像解析ソフト Osirix lite を用いて、上前腸骨棘から膝蓋骨中央を結んだ線と、膝蓋骨中央から足関節中央を結んだ線の外側になす角度を算出した (図 2)。

統計処理は SPSS を用いて、股関節の形態計測値・膝関節外反角は対応のない t 検定、対象者の身体的特徴と股関節の周囲筋の評価は Mann-Whitney の U 検定を用いた。股関節の形態と股関節周囲筋および膝関節外反角の関連については、ACL 損傷群と対照群における股関節の形態 (CE 角, Sharp 角, AHI, 骨盤傾斜角) と股関節周囲筋 (屈曲/伸展筋力, 外転/内転筋力, 外旋/内旋筋力) のそれぞれとの間で、相関関係の有無を Spearman の順位相関係数を用いて調べた。また同様の方法を用いて、両群における股関節の形態 (CE 角, Sharp 角, AHI, 骨盤後方傾斜角) と膝関節外反角との

関連も調べた。有意水準は 5% とした。

III. 結果

対象者の身体的特徴では、ACL 損傷群と対照群はそれぞれ、男 8 / 女 12 と男 12 / 女 8 ($p=0.28$)、年齢は 24.7 ± 6.9 歳と 27.6 ± 4.0 歳 ($p=0.09$)、体重は 62.1 ± 13.1 kg と 62.5 ± 11.4 kg ($p=0.81$)、BMI は 23.3 ± 4.1 kg/m² と 21.8 ± 3.3 kg/m² ($p=0.26$) で両群間に有意差はなかった。身長については 163.1 ± 8.1 cm と 168.1 ± 7.2 cm ($p=0.025$) で両群間に有意な差を認めた (平均 $\pm$ 標準偏差)。

股関節の形態では、ACL 損傷群と対照群はそれぞれ、CE 角は $31.3 \pm 6.0^{\circ}$ と $34.0 \pm 4.5^{\circ}$ ($p=0.124$)、Sharp 角は $40.0 \pm 3.0^{\circ}$ と $40.1 \pm 2.8^{\circ}$ ($p=0.877$) で両群間に有意差はなかったが、AHI は $76.5 \pm 5.9\%$ と $80.4 \pm 5.6\%$ ($p=0.038$) で ACL 損傷群が有意に小さかった。骨盤後方傾斜角は、ACL 損傷群 $21.7 \pm 6.1^{\circ}$ が対照群 $17.2 \pm 7.4^{\circ}$ より有意に大きかった ($p=0.048$) (表 1)。

ACL 損傷群と対照群の股関節周囲筋 (主動筋力/拮抗筋力) については、股関節屈曲/伸展筋力が $107 \pm 26\%$ と $90 \pm 29\%$ ($p=0.09$)、外転/内転筋力が $120 \pm 49\%$ と $92 \pm 34\%$ ($p=0.09$)、外旋/内旋筋力が $89 \pm 40\%$ と $83 \pm 27\%$ ($p=0.87$) で、両群間に有意差を認めなかった (図 3)。

膝関節外反角は ACL 損傷群と対照群でそれぞれ、 $159.5 \pm 8.2^{\circ}$ と $160.8 \pm 8.4^{\circ}$ ($p=0.59$) で両群間に有意差は認めなかった。

表1 股関節形態の結果

	ACL 損傷群 (n=20)	対照群 (n=20)
CE 角 (°)	31.3 ± 6.0	34.0 ± 4.5
Sharp 角 (°)	40.0 ± 3.0	40.1 ± 2.8
AHI (%)	76.5 ± 5.9*	80.4 ± 5.6
骨盤傾斜角 (°)	21.7 ± 6.1*	17.2 ± 7.4

平均値 ± 標準偏差. ACL: 前十字靱帯, CE 角: center-edge angle, AHI: Acetabular-Head Index. *: $p < 0.05$ (対応のない t 検定).

図3 股関節主動作筋/拮抗筋力比率の結果

股関節の形態と股関節周囲筋および膝関節外反角の関連では, ACL 損傷群で骨盤後方傾斜角と股関節外旋/内旋筋力の間に負の相関関係を認めた ($p = 0.047$, $r = -0.46$). その他, 股関節の形態と股関節屈曲/伸展筋力, 股関節外転/内転筋, 膝外反角それぞれとの間に相関関係を認めるものはなかった (表2).

IV. 考 察

非接触型 ACL 損傷を予防するために, 受傷部位や受傷機転に関する多くの研究がなされてきた. 特徴的な膝の受傷部位である knee-in toe-out を避けるために, 膝と連動する股関節の研究も近年多く認めるようになった^{5,6)}. ACL 損傷患者における股関節の研究は, 動的因子である周囲筋の評価とともに, 静的因子である形態学的評価も散見される⁹⁻¹²⁾.

今回調査した ACL 損傷群, 対照群ともに股関節臼蓋の形成不全はなく, 股関節周囲筋 (主動作筋力/拮抗筋力) の特徴的な不均衡もなく, さらに膝関節外反角の増大も認めなかった. 本研究では, ACL 損傷群と対照群の身体的特徴や競技種目について十分なマッチングを行えておらず, また対象者の人数が十分でなかったために有意な差がでなかった可能性がある. また膝関節外反角は動的な評価として行ったが, 片脚スクワットという一連の動作の最中の静止肢位であったため, 十分に動的評価ができなかった可能性がある. ビデオ撮影等の手法を検討する必要があると考えられた.

表2 股関節の形態と股関節周囲筋 (主動作筋/拮抗筋), 膝外反角の相関分析の結果

	相関係数	
	ACL 損傷群 (n=20)	対象群 (n=20)
CE 角 - 股関節屈曲/伸展筋力比率	-0.11	-0.27
CE 角 - 股関節外転/内転筋力比率	0.16	0.13
CE 角 - 股関節外旋/内旋筋力比率	0.09	0.13
Sharp 角 - 股関節屈曲/伸展筋力比率	0.11	0.40
Sharp 角 - 股関節外転/内転筋力比率	-0.30	-0.16
Sharp 角 - 股関節外旋/内旋筋力比率	-0.26	-0.27
AHI - 股関節屈曲/伸展筋力比率	-0.29	-0.12
AHI - 股関節外転/内転筋力比率	0.02	0.35
AHI - 股関節外旋/内旋筋力比率	0.17	0.14
骨盤傾斜角 - 股関節屈曲/伸展筋力比率	-0.33	0.45
骨盤傾斜角 - 股関節外転/内転筋力比率	0.40	-0.07
骨盤傾斜角 - 股関節外旋/内旋筋力比率	-0.48*	-0.16
膝外反角 - CE 角	0.33	0.10
膝外反角 - Sharp 角	-0.23	-0.11
膝外反角 - AHI	-0.01	0.18
膝外反角 - 骨盤傾斜角	0.19	0.06

ACL: 前十字靱帯, CE 角: center-edge angle, AHI: Acetabular-Head Index. Spearman の順位相関係数, *: $p < 0.05$.

一方、対照群と比較して ACL 損傷群は AHI が小さかった。CE 角・Sharp 角は対照群と有意差がなかったことから、ACL 損傷群に臼蓋形成不全はないが、臼蓋に対する大腿骨頭径が大きく適合性不良がある可能性を示唆した。また、対照群と比較して ACL 損傷群は骨盤後方傾斜角が大きかった。尾崎ら²⁰⁾は CE 角が正常であっても、骨盤後方傾斜角が大きいものは、大腿骨頭の前内外側被覆量が減少し、股関節の不安定性が生じると報告している。本研究における ACL 損傷群でも骨盤後方傾斜による股関節の前方不安定性が受傷肢位に関与している可能性があると考えられた。さらに ACL 損傷群では、骨盤後方傾斜角と股関節外旋／内旋筋力の間に負の相関関係を示した。すなわち ACL 損傷群では、骨盤が後方傾斜するに従って股関節外旋／内旋筋力が小さくなり、ACL 損傷の受傷肢位をとるリスクを高める可能性が示唆された。骨盤後方傾斜の増悪因子には腸腰筋の筋力低下が考えられる²¹⁾。腸腰筋の筋力低下は股関節屈曲・外旋筋力を低下させることから、股関節外旋／内旋筋力の低下を招き、ACL 損傷の受傷肢位を助長する可能性が考えられる。ACL 損傷の予防訓練に腸腰筋の強化を検討する必要があると考えられた。

本研究の限界は、被験者の数が十分ではなく、対象者のマッチングが不十分であることである。また非接触性 ACL 損傷は男女差があることが知られているが、本研究は男女を分けずに評価したことが問題と考えられた。さらに競技種目ごとの ACL 損傷率の相違も考慮した対象の選択が必要であると考えられた。また今回 ACL 患者に認めた骨盤後方傾斜は受傷前からあったものか、受傷後に生じたものであるかは不明である。今後は縦断的に調査する必要がある。

さらに骨盤の後方傾斜角の評価を、レントゲン正面像で評価したことも限界の一つである。被験者の被曝量を最小にするためレントゲン側面像を撮影せず、正面像から骨盤傾斜角を算出する土井口らの方法を用いた。土井口ら¹⁵⁾が示した重回帰方程式より算出した骨盤傾斜角は、側面像で測定したものと強い相関（相関係数が -0.99）を有しており、本研究のデータの正当性を支えると考えられた。しかし、さらに詳細なデータを得るためには股関節側面像を用いた調査が必要であると考えられる。

今回の研究では、股関節の形態が股関節周囲筋および膝外反角に及ぼす影響を調査した。股関節の形態は、ACL 損傷群において AHI が小さく、骨盤後方傾斜角が大きかった。骨盤後方傾斜が ACL 損傷の危険因子と考えられた。一方、股関節の骨形態は股関節周囲筋および膝外反角との間には関連がなかった。

なお本研究結果の一部は、第 57 回近畿理学療法学会大会の口述発表および抄録に用いた。

利益相反 開示すべき利益相反はない。

引用文献

- 1) Boden BP, Dean GS, Feagin JA Jr, et al.: Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics*, 2000, 23: 573-578.
- 2) Faunø P, Wulff Jakobsen B: Mechanism of anterior cruciate ligament injuries in soccer. *Int J Sports Med*, 2006, 27: 75-79.
- 3) Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, et al.: Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis. *Am J Sports Med*, 2004, 32: 1002-1012.
- 4) 松田直樹：予防のためのトレーニング。日本臨床スポーツ医学会誌，2006，14: 284-290.
- 5) 鈴木秀知，大森 豪，上松大輔・他：性別による股関節周囲筋筋力・体幹筋力と非予測カッティング動作時の膝関節運動の関係。日本臨床スポーツ医学会誌，2015，23: 58-65.
- 6) Khayambashi K, Ghoddosi N, Straub RK, et al.: Hip muscle strength predicts noncontact anterior cruciate ligament injury in male and female athletes: a prospective study. *Am J Sports Med*, 2016, 44: 355-361.
- 7) 大見頼一，尹 成祚，長妻香織・他：膝前十字靱帯損傷予防プログラムのトレーニング効果～三次元動作解析による片脚着地下肢筋力評価～。日本臨床スポーツ医学会誌，2012，20: 56-65.
- 8) 大見頼一：選手の膝をケガから守る チームで取り組む傷害予防トレーニング。ブックハウス・エイチディ，東京，2014，pp60-73.
- 9) Ellera Gomes JL, Palma HM, Ruthner R: Influence of hip restriction on noncontact ACL rerupture. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2014, 22: 188-191.
- 10) Philippon M, Dewing C, Briggs K, et al.: Decreased femoral head-neck offset: a possible risk factor for ACL injury. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2012, 20: 2585-2589.
- 11) Kaneko M, Sakuraba K: Association between femoral anteversion and lower extremity posture upon single-leg landing: implications for anterior cruciate ligament injury. *J Phys Ther Sci*, 2013, 25: 1213-1217.
- 12) Yamazaki J, Muneta T, Ju YJ, et al.: Hip acetabular dysplasia and joint laxity of female anterior cruciate ligament-injured patients. *Am J Sports Med*, 2011, 39: 410-414.
- 13) 中野俊次，大齒浩一，三好英昭・他：立位両股関節単純 X 線正面像における臼蓋被覆の評価。Hip Jt, 2006, 32: 636-638.
- 14) 川原康弘：股関節・骨盤の画像診断。メディカル・サイエンス・インターナショナル，東京，2017，pp70-73.
- 15) 土井口祐一，岩崎勝郎，山田健治・他：X 線学的骨盤腔形態と骨盤傾斜角。整形外科と災害外科，1992，41: 641-645.
- 16) Florencio LL, Martins J, da Silva MR, et al.: Knee and hip strength measurements obtained by a hand-held dynamometer stabilized by a belt and an examiner demonstrate parallel reliability but not agreement. *Phys Ther Sport*, 2019, 38: 115-122.
- 17) 加藤宗規，山崎裕司：ハンドヘルドダイナモメーターによる等尺性股関節内転，内旋，外旋筋力の測定—固定用ベルトの使用が再現性に与える影響—。高知リハビリテーション学院紀要，2005，7: 11-17.

-
- 18) 山崎裕司, 片岡千春, 大倉三洋・他: ハンドヘルドダイナモメーターによる等尺性股関節外転筋力の測定—固定用ベルトの使用が再現性に与える影響—. 高知リハビリテーション学院紀要, 2009, 10: 61-66.
- 19) Bolgia LA, Malone TR, Umberger BR, et al.: Comparison of hip and knee strength and neuromuscular activity in subjects with and without patellofemoral pain syndrome. *Int J Sports Phys Ther*, 2011, 6: 285-296.
- 20) 尾崎 誠, 岩崎勝郎, 手島 鍛・他: 骨盤傾斜に伴う臼蓋の骨頭被覆の変化. 整形外科と災害外科, 1993, 42: 521-525.
- 21) Neumann DA: 筋骨格系キネシオロジー, 原著第3版. 医歯薬出版, 東京, 2018, p539.