

男子生徒における踵骨音響的骨評価値と 利き足の関係性

加藤 勇之助 (大東文化大学スポーツ・健康科学部)
三宅 雄大 (大東文化大学大学院スポーツ・健康科学研究科)

Relationships between finding of calcaneal quantitative ultrasound and the dominant foot in the male students

Yunosuke KATO
Yudai MIYAKE

1. 緒言

骨密度は思春期から急激に増加し、人生における最大値に達する¹⁾。思春期における運動習慣は骨密度を増加させるために有効である^{2~6)}。骨粗鬆症診断のための骨密度測定はDXA(二重エネルギーX線吸収測定)法が最も推奨されている⁷⁾が、X線を扱うためX線装置管理区域が必要となり、測定は有資格者でなければならない⁸⁾。そのため教育現場などにおいて骨の成長を検討するには適していない。一方、QUS(定量的超音波)法は骨密度そのものの測定にはならないが、超音波を踵骨にあて、超音波の伝わる速度や減衰の様子から骨密度と似た指標で骨を評価する。人体に全く無害の超音波を用いるため安全であり、市区町村の骨粗鬆症検診ではQUS法による骨密度検査実施率が7割に達している⁹⁾。QUS法で得られた踵骨の測定値はDXA法による踵骨、全身骨、大腿骨頸部、腰椎骨量との間に有意な相関があり、骨量のスクリーニング法の一つとして用いることができる¹⁰⁾。

ヒトの足には手ほど明瞭ではないが、左右差が認められている。一般的にボールを蹴る足、缶を踏みつける足、すなわち作用し器用に何かを作業する足と無意識に体重を支える足に分けられる^{11~13)}。左右の足の運動パターンが大きく異なるスポーツ種目では、踵骨骨密度や大腿骨近位部骨密度に左右差が認められたとの報告がある^{14~16)}。また、思春期女性の踵骨骨密度は非利き足には運動習慣の影響が少なく、利き足には骨密度上昇に運動習慣が関連しているとの報告もある¹⁷⁾。これらの報告は骨密度には利き足の影響があることを示唆するものである。

そこで本研究は高校1年生男子生徒を対象として、ウォータールーの利き足質問紙¹⁸⁾の日本版¹⁹⁾

によって利き足を決定した後、利き足と左右踵骨音響的骨評価値との関係性を検討することを目的として行った。

2. 方法

1. 対象および測定日

中高一貫校に在籍する男子高校1年生164名のうち、当日の欠席者および欠損値がある者を除いた150名を分析の対象とした。2018年2月27日(火)に保健体育の授業時間において1クラスずつ順番に昼休みをはさみ、午前2クラス、午後2クラス合計4クラスの測定を実施した。

2. 方法

1) 質問紙の因子分析および利き足の定義

ウォータールー利き足質問紙(日本版)¹⁹⁾の10項目について、「いつも左」、「ほとんど左」、「きまっていない」、「ほとんど右」、「いつも右」の5件法で回答するようにもとめた。「いつも左」を-2、「ほとんど左」を-1、「きまっていない」を0、「ほとんど右」を1、「いつも右」を2とし数値化した。10項目の平均値 M と標準偏差 SD を算出し、得点分布を確認した。「正面にある的に向けて、静止しているボールを蹴る時、どちらの足を使うか」の $M + 1SD$ が最大値2を超え、天井効果と考えられる得点分布の偏りが見られた。そこで、それ以降の分析から除外し9項目の評定値に基づき、主因子法による因子分析を行った。固有値1以上の2因子を抽出し、2因子を仮定した主因子法・Promax回転による因子分析を行った。その結果、十分な因子負荷量を示さなかった「椅子の上にあがる時、どちらの足を先に椅子に乗せるか」を除外し、再度、主因子法・Promax回転による因子分析を行った。最終的な因子パターンと因子間相関を表1に示す。なお、回転前の2因子で8項目の全分散を説明する割合は48.04%であった。第1因子は4項目で構成されており、「片足で立たなければならない時、どちらの足で立つか」(以下、「片足立ち」)、「電車の線路の上でバランスをとるとしたら、どちらの足を使うか」(以下、「バランス立ち」)、「片足でケンケンをする時、どちらの足を使うか」(以下、「ケンケン」)、「リラックスをして立っている時、最初、人は片方の足に自分の体重の大部分をかけ、もう一方の脚は少し曲げているものである。あなたは自分の体重を最初どちらの足にかけるか」(以下、「リラックス荷重」)であり、体重をかける側の足に関する質問内容の項目が高い負荷量を示していた。そこで「支持足」因子と命名した。第2因子は4項目で構成されており、「砂辺で砂を足でならす時、どちらの足を使うか」(以下、「砂ならし」)、「つま先で小石をつまむ時、どちらの足を使うか」(以下、「小石つまみ」)、「足元で速く動きまわる虫を踏みつける時、どちらの足を使うか」(以下、「虫踏み」)、「シャベルで地面を掘る時、どちらの足でシャベルを踏み込むか」(以下、「シャベル踏み」)であり、何か意識をもって作業する側の足に関する質問内容の項目が高い負荷量を示していた。そこで「機能足」因子と命名した。

本研究における利き足の定義とは、支持足と機能足の2つの役割を果たす足である。

表 1 利き足尺度の因子分析結果 (Promax 回転後の因子パターン)

	I	II
2. 片足立ち	.861	-.106
6. バランス立ち	.732	.074
8. ケンケン	.687	-.038
10. リラックス荷重	.425	.095
3. 砂ならし	.007	.805
7. 小石つまみ	-.083	.706
5. 虫踏み	-.053	.583
9. シャベル踏み	.217	.582
	因子間相関 I	II
	I	1.000
	II	.125
		1.000

2) 内的整合性の検討

利き足の2つ下位尺度に相当する項目の合計値を算出し、「支持足」下位尺度得点 ($M = .72$ 、 $SD=3.32$)、「機能足」下位尺度得点 ($M = 3.09$ 、 $SD=2.73$) とした。内的整合性を検討するために各下位尺度の α 係数を算出したところ、「支持足」で $\alpha = .762$ 、「機能足」で $\alpha = .759$ と十分な値が得られた。

3) 対象者の利き足の決定

「支持足」下位尺度合計得点が負の場合「左支持」(48名)、正の場合「右支持足」(77名)、0の場合「不明支持足」(25名)とした。「機能足」下位尺度合計得点が負の場合「左機能」(9名)、正の場合「右機能」(123名)、0の場合「不明機能」(18名)とした。

支持足と機能足のクロス集計から、左足が支持足であり右足が機能足である者(以下、「左支持×右機能」とする)39名、(左足が支持足と機能足を兼ねる者(以下、「左支持×左機能」とする)3名、左足が支持足であり機能足がどちらであるか不明な者(以下、「左支持×不明機能」とする)6名、右足が支持足と機能足を兼ねる者(以下、「右支持×右機能」とする)68名、右足が支持足であり左足が機能足である者(以下、「右支持×左機能」とする)5名、右足が支持足であり機能足がどちらであるか不明な者(以下、「右支持×不明機能」とする)4名、支持足がどちらであるか不明であり右足が機能足である者(以下、「不明支持×右機能」とする)16名、支持足がどちらであるか不明であり左足が機能足である者(以下、「不明支持×左機能」とする)1名、支持足、機能足のどちらも不明である者(以下、「不明支持×不明機能」とする)8名であった。割合を図1に示した。

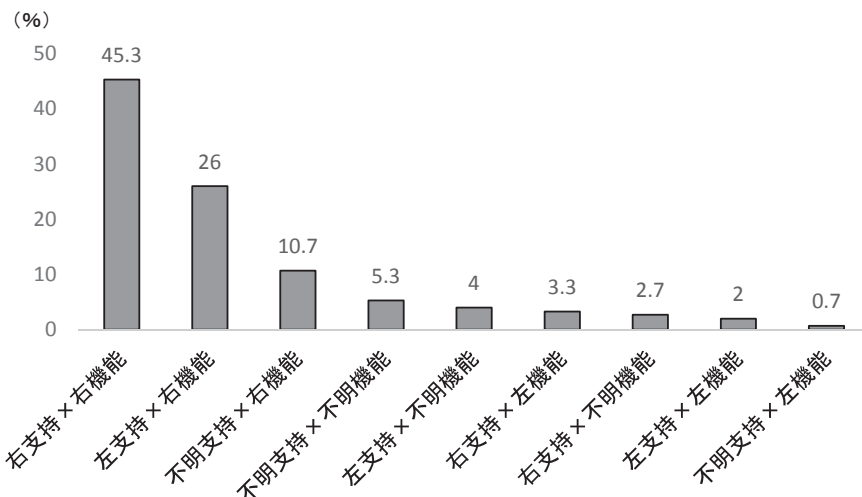


図1 利き足の分類

4) 利き足による4分類

本研究は利き足と踵骨音響的骨評価値との関係性を検討するものである。そのため、利き足不明者35名は分析から除外し残り115名を4群に分けた。「左支持×右機能」群39名、「左支持×左機能」群3名、「右支持×右機能」群68名、「右支持×左機能」群5名となった。

5) 踵骨音響的骨評価値 (以下 OSI、OSI : Osteo Sono-Assessment Index)

ALOKA 社製超音波骨密度測定装置 (AOS-100SA) を使用し、左右踵骨部分の透過指標 (TI : Transmission Index) と音速 (SOS : Speed of Sound) を測定し、 $TI \times SOS^2$ の式より OSI を求めた。

6) 統計処理

抽出された対象者の右 OSI 値から左 OSI 値を引いた値を OSI 左右差とした。OSI 左右差について、利き足4群間の対応なし一元配置分散分析で検討した。利き足4群ごとに左と右の OSI の差について、対応あり t 検定で検討した。いずれも有意水準5%未満とした。

3. 結果

1. 身長・体重・左右 OSI・OSI 左右差

対象者 (150 名) は身長 ($M = 169.90$, $SD = 5.23$ cm)、体重 ($M = 59.86$, $SD = 8.16$ kg)、左 OSI ($M = 2.929$, $SD = .346$)、右 OSI ($M = 2.957$, $SD = .374$)、OSI 左右差 ($M = .027$, $SD = .191$) であった。身長と体重、右 OSI と左 OSI および右 OSI と OSI 左右差との間に正の相関がみられた。身長と右 OSI の間に負の相関がみられた (表2)。また、対応のある t 検定の結果、左 OSI と右 OSI との間には統計的に有意な差は認められなかった。

表2 全体の身長・体重・左右 OSI・OSI 左右差

	平均値	標準偏差	相関係数				
			1	2	3	4	5
1. 身長 (cm)	169.90	5.23		.446**	-.176*	-.137	-.097
2. 体重 (kg)	59.86	8.16			.094	.149	-.086
3. 右 OSI	2.957	.374				.862**	.398**
4. 左 OSI	2.930	.346					-.122
5. OSI 左右差	.027	.191					

n=150, **: p < .01, *: p < .05

2. 利き足 4 群間の OSI 左右差

利き足 4 群ごとの OSI 左右差は、「左支持 × 右機能」群 ($M = .017, SD = .160$)、「左支持 × 左機能」群 ($M = .166, SD = .192$)、「右支持 × 右機能」群 ($M = .020, SD = .172$)、「右支持 × 左機能」群 ($M = .299, SD = .380$) であった。Leven の検定により等分散であることを判断し、Tukey 法による多重比較をしたところ、「右支持 × 左機能」群と「左支持 × 右機能」群および「右支持 × 右機能」群との間に統計的に有意差が認められた (図 2)。

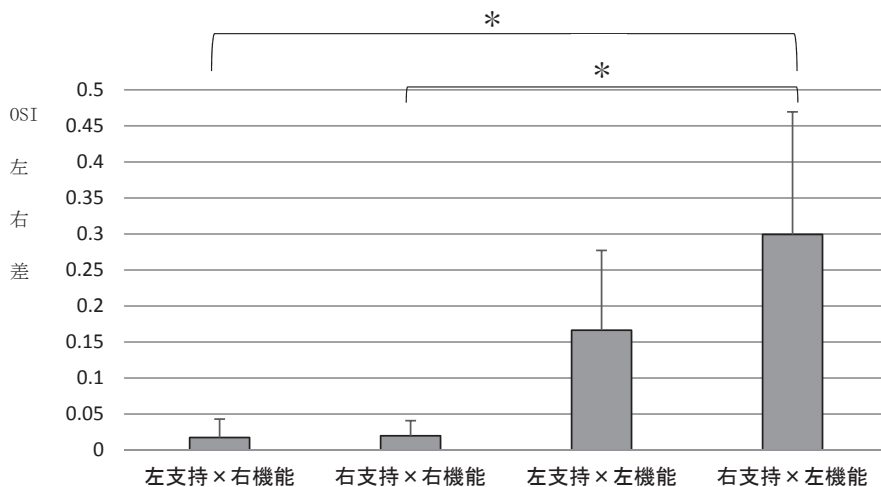


図2 利き足 4 群間の OSI 左右差

3. 利き足 4 群の左右 OSI

各群における左 OSI と右 OSI は、「左支持 × 右機能」群 ($n = 39$) は左 OSI ($M = 2.936, SD = .329$)、右 OSI ($M = 2.953, SD = .351$)、「左支持 × 左機能」群 ($n = 3$) は左 OSI ($M = 2.733, SD = .600$)、右 OSI ($M = 2.900, SD = .542$)、「右支持 × 右機能」群 ($n = 68$) は左 OSI ($M = 2.915, SD = .335$)、右 OSI ($M = 2.935, SD = \pm .361$)、「右支持 × 左機能」群 ($n = 5$) は左 OSI ($M = 2.895, SD = .358$)、右 OSI ($M = 3.195, SD = .660$) であった。利き足 4 群すべてにおいて、左 OSI と右 OSI の間に統計的に有意な差は認められなかった (図 3)。

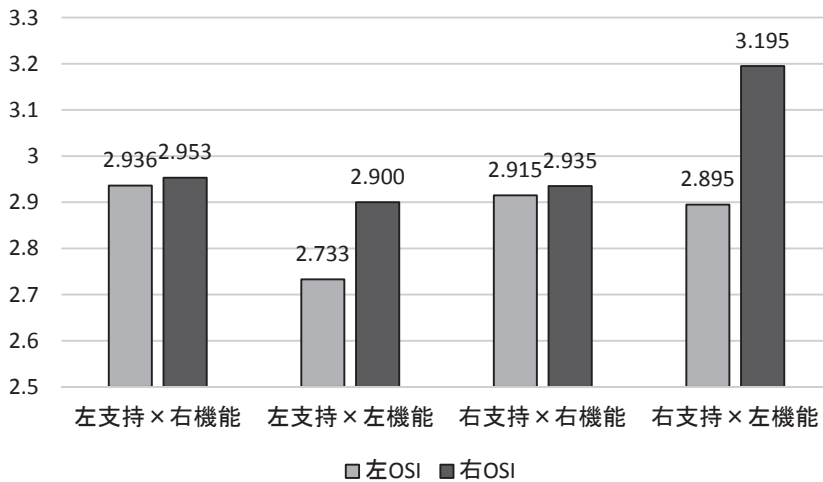


図3 利き足4群の左右OSI

4. 考 察

本研究の目的は利き足と左右OSIとの関係性について検討することであった。利き足に使われる利きという言葉は、ある目的をもって実施される所作において、どちらが優位に働くかということを表示している²⁰⁾。利き足を考慮し骨密度について検討した先行研究^{10, 16, 17)}はみられるが、利き足の定義は異なっている。利き手の場合は片手動作、両手動作において機能的な働きをする手という概念でまとめることができるが、利き足については利き手と同じ概念として捉えることに無理がある²¹⁾。本研究ではウォータールーの利き足質問紙(日本版)¹⁹⁾を使用し、因子分析の結果から利き足を支持足と機能足に区別した。メカニカルストレスが骨芽細胞に伝達されることにより骨芽細胞の増殖を促し、骨形成は促進される^{22~24)}。大学剣道選手の踵骨骨密度の左右差を明らかにした山神ら¹⁵⁾は、踏み込む右足踵にかかるメカニカルストレスより、蹴り足となる左足踵にアキレス腱を介して作用する機械的張力の方が強く関与し、左足踵骨の骨密度上昇につながると考察している。また、呉ら¹⁶⁾は大学新体操選手の大腿骨近位部の骨密度と骨塩量は、ジャンプの踏み切り足とバランスの支持足となる左足が、ジャンプの着地足と回転の軸足となる右足より高いことを明らかにし、この左右差は踏み切り時に足に加わる鉛直床反力の強さが影響すると考察している。これらの報告^{15, 16)}はヒトの踵骨にかかるメカニカルストレスもしくはアキレス腱を介しての機械的張力が骨密度上昇に何らかの影響を及ぼすことを示唆している。

本研究でOSI左右差は、右足が支持足であり左足が機能足である群は、右足が機能足であり左足が支持足である群と右足が支持足、機能足の両方を兼ねている群に比べ明らかに大きな値を示した(図2)。左足が支持足、機能足の両方を兼ねている群は右足が機能足であり左足が支持足であ

る群に次いで大きな値を示した (図 2)。このことから左足が機能足である場合、OSI 左右差が大きくなるものと考えられる。さらに、右 OSI と OSI 左右差の間のみ正の相関がみられ、左 OSI との間には相関がなかったことから、右 OSI が左右差に大きさに影響を与えていると考えられる。平沢²⁵⁾ は両足立ちおよび片足立ちにおいて、左足は右足より支持能力が高いこと、歩行における左足は直立姿勢を常に支持し、右足は運動作用の役割を果たしていると報告している。また、井原ら²⁶⁾ は支持足が動的姿勢制御面において利き足よりも支持機能に優れていることを明らかにした。これらのことから支持足の踵骨には体重を支え、重心動揺を抑えようとする力がかかると考えられる。Coren²⁷⁾ は男性 83.9%、女性 88.9% に右足利きの傾向がみられたことを報告しており、ヒトの足は右使用の傾向があるとしている。とすれば、支持足となるのは反対の左足であり、その割合が高いことが考えられる。本研究で右足を機能足とする者は 123 名 (82.0%) であり、Coren²⁹⁾ の報告と同様の傾向を示した。一方、支持足については左 48 名 (32.0%)、右 77 名 (51.3%)、不明 25 名 (16.7%) であり、非機能足が支持足とはなっていない。「右支持×左機能」群は 5 名と少数であった。この 5 名は他者と比べ明確に足を区別して使っているのかもしれない。右足でボールを蹴る人の割合は 9 割を超えている²⁸⁾ なか、この 5 名は左足を使い、右を支持足として使っている。他の所作でも明確な足の使い分けをしていることで、支持足である右踵骨にかかる機械的張力の頻度が増え、右 OSI が高くなるのかもしれない。しかし、左右の OSI を比較すると、右 OSI が大きくみえるが、統計的には有意ではない (図 3) ことから右 OSI の高さは偶然である可能性も否定できない。正反対の群となる「左支持×右機能」群では OSI 左右差はもっとも小さく、左右 OSI も平均値に近い。よって支持足側の OSI が大きくなるとは考えられない。先行研究^{14~17)} はスポーツ競技特性、運動習慣の影響により左右差が生じると報告していた。本研究の対象者においてスポーツ競技特性が踵骨に影響していることは考えられない。よって利き足の違いによる左右 OSI への直接的な影響はないと考える。

本研究では、ウォータールーの利き足質問紙 (日本版)¹⁹⁾ を用いて、利き足を支持足と機能足と捉え、左右 OSI との関係を検討した。「右支持×左機能」群は OSI 左右差が大きくなることは見出されたが、左右 OSI には差がなかった。高校 1 年生男子生徒 150 名を対象にした場合では、利き足による違いが左右 OSI に影響は及ぼしていなかった。今後、「右支持×左機能」となる対象者を増やし、立位時の荷重左右差、スポーツ競技レベルや競技年数など別の変数を用いたさらなる検討が必要である。

参考文献

- 1) 骨粗鬆症財団監修, 老人保健法による骨粗鬆予防マニュアル第 2 版, 日本医事新報社, 2001.
- 2) 宮元章次, 石河利寛. 成長期の規則的な運動が大学生の骨密度に及ぼす効果. 体力科学, 42, 37-45, 1993.
- 3) 長谷川徹, 新居隆, 泉陸一. 女性踵骨 Peak bone mass の形成時期と影響因子についての検討. 日本産科婦人科学会雑誌, 49 (1), 21-27, 1997.
- 4) 伊藤千夏, 古泉佳代, 渥美圭子, 鈴木智恵美, 金子佳代子. 中学生における骨量と生活習慣および体力との関連. 日本栄養・食糧学会誌, 60 (1), 53-59, 2007.
- 5) 小沢治夫, 野井真吾, 福永哲夫. 発育中・高校生の骨密度変化—縦断研究—. 臨床スポーツ医学, 15 (7), 713-717, 1998.

- 6) 野井真吾, 小沢治夫, 小磯透, 正木健雄. 女子中高生の骨強度の特徴とその要因に関する検討. 体力科学, 49, 513-522, 2000.
- 7) 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン作成委員会. 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン 2015 版. 一般社団法人日本骨粗鬆症学会, 日本骨代謝学会, 公益財団法人骨粗鬆症財団, 2015.
- 8) 吉村典子. QUS 使用の実際. 臨床応用—スクリーニング—. Osteoporosis Japan vol.13 no.1, 39-42, 2005
- 9) 太田博明. 骨は若返る! 骨粗しょう症は防げる! 治る!. 株式会社さくら舎, 2016.
- 10) 原島三郎, 三輪祐一, 小野川尊, 黒澤幸男, 山岸善九郎, 樋口義文. UXA-300 特型による超音波踵骨 OSI 値と BMD-IX による DXA 法腰椎, 大腿骨頸部, 全身骨骨量, DXA-2000 による DXA 法踵骨骨量との相関について. 日健診誌, 24 (3), 291-296, 1997.
- 11) 白井永男, 平沢彌一郎. 小児の足の機能的左右差に関する発育発達の一考察, 放送大学研究年報第7号, 143-154, 1989.
- 12) 吉田友英. 右利き, 左利きの考え方. Equilibrim Res Vol.69 (3), 147-150, 2010.
- 13) 三上一貴. 軸足・利き足の検討. 理学療法研究第16号, 15-18, 1999.
- 14) 宮本賢作, 森論史, 辻伸太郎, 乗松尋道, 田中聡, 山田英司, 阿部純也, 百鬼史訓. 剣道選手の踵骨骨密度の左右差について. 体力科学 49 (6), 795, 2000.
- 15) 山神真一, 石川雄一, 境英俊, 藤原章司, 宮本賢作, 阿部純也, 長野智香. 大学男女剣道選手の骨密度特性. 武道学研究 37 (3), 13-23, 2005.
- 16) 呉堅, 石崎朔子, 山川純, 鳥居俊, 黒田善雄. 女子新体操選手における大腿骨近位部の骨密度, 骨塩量の左右差について. 臨床スポーツ医学 13 (8), 925-931, 1996.
- 17) 有吉恵, 相澤徹, 村岡沙也香, 山本彩未, 武岡健次, 徳家雅子, 三井正也, 目連淳司, 伊達萬里子, 田中繁宏, 樫塚正一. 思春期女性の踵骨骨評価値に対する利き足の影響に関する検討. 武庫川女子大紀要自然科学編 56, 7-14, 2009.
- 18) Lorin J.Elias, M.P.Bryden, M.B.Bulman-Fleming. Footedness is a better predictor than is handedness of emotional lateralization. Neuropsychologia, Vol.36.No.1, 37-43, 1988.
- 19) 南憲治. ウォータールーキ足質問紙(日本版)の検討. 日本教育心理学会総会発表論文集 44(0), 545, 2002.
- 20) 白井永男. 足の形態と機能の向上. 放送大学大学院教材発育発達論, 39-76, 2011.
- 21) 麓信義. ラテラルリティ現象の質問紙法による研究—主として利き足の定義に関して—. 体育学研究 26 (4), 305-316, 1982.
- 22) 山田淳, 山倉大紀, 岸正孝. マイクロ CT によるイヌ下顎骨内部の三次元的観察: 荷重と非荷重とのインプラント周囲海綿骨の形態学的差異. 歯科学報 105 (6), 577-587, 2005.
- 23) 松原建史, 酒井由美子, 柳川真美, 肘井千賀, 沼田信, 江上薫, 山口靖子, 峰祐子, 前田龍, 田中宏暁, 進藤宗洋, 小池城司. ベンチステップ運動でのトレーニングが閉経女性の骨密度, 骨塩量と骨代謝に及ぼす影響. 体力科学 62 (1), 95-103, 2013.
- 24) 尾淵紀之, 守田剛, 大迫正文. ラット脛骨海綿骨の構造に及ぼす異なる強度負荷の影響. ライフデザイン研究第6号, 73-84, 2010.
- 25) 平沢彌一郎. Stasiology からみた左足と右足. 神経進歩 24 (3), 623-633, 1980.
- 26) 井原秀俊, 小松陽子, 高山正伸, 池永千寿子, 田代美由紀, 池田修. 静のおよび動的姿勢制御において, 支持足(軸足)は支持足機能をはたしているか?. 整形外科と災害外科 60 (4), 739-743, 2011.
- 27) Stanley Coren. The lateral preference inventory for measurement of handedness, footedness, eyedness, and earedness: Norms for young adults. Bulletin of Psychonomic Society. 31 (3), 1-3, 1993.
- 28) 前原勝矢. 右利き・左利きの科学 利き手・利き足・利き眼・利き耳… 講談社ブルーバックス. 109-136. 1989.

(2018年9月27日受理)