

踏切脚と利き脚が 下肢運動機能テストに及ぼす影響

The influence of take-off and the dominant leg on the performance evaluation of the lower limb

掛川 晃*¹, 鈴木康之*², 林 英俊*³

キー・ワード：Take-off leg, single-leg jump, functional evaluation of the lower limb
踏切脚, 片脚跳躍, 下肢運動機能テスト

〔要旨〕 下肢運動機能テストには片脚で跳躍する hop jump test がある。跳躍動作には踏切脚が存在するが、運動機能評価の際に利き脚（ボールを蹴る脚）と非利き脚の比較や患側健側の比較が行われることが多く、踏切脚がどのような差をもたらすのか明らかになっていない。本研究は、利き脚と踏切脚の関連、踏切脚と非踏切脚では跳躍距離にどの程度差があるのか明らかにすることを目的とした。健常大学生 90 名を対象とし Single hop for distance (SHD), Triple hop for distance (THD) および片脚垂直跳び (VJ) を行った。また、跳躍後に踏切脚および利き脚の確認を行った。利き脚と 3 種類の跳躍テストの踏切脚が全て同側であったのは 26% であった。SHD は、踏切脚が 174.0 ± 30.6 cm, 非踏切脚が 168.4 ± 31.4 cm, THD は踏切脚が 518.8 ± 98.3 cm, 非踏切脚が 500.6 ± 95.3 cm, VJ は踏切脚が 29.9 ± 6.7 cm, 非踏切脚は 28.2 ± 6.0 であった。踏切脚と非踏切脚の跳躍距離には統計学的な有意差は見られなかったが、非踏切脚は踏切脚に比べ 3~6% の低値を示した。健常大学生の single hop test で踏切脚と非踏切脚で僅かな差が確認されたことから、膝関節損傷患者で single hop test の健側患側比を評価する際には、踏切脚が影響する可能性が示唆された。

はじめに

膝前十字靭帯 (ACL) 損傷による再建術後や半月板損傷による切除術・縫合術後のスポーツ復帰には下肢筋力の回復が必要不可欠である。下肢の筋力評価は、BIODEX などの大型筋力測定機器を用いた報告^{1,2)} が多いが、片脚での hop jump test は下肢の運動機能評価として臨床現場やスポーツ現場で行える簡便な方法である。hop jump test には片脚で 1 歩前方へ跳ぶ single hop for distance (SHD), 片脚で 3 歩連続し前方へ跳ぶ triple hop for distance (THD) 等があり、その跳躍距離や遂行時間によって下肢の運動機能評価を行って

いる^{3~7)}。

ACL 再建術後のスポーツ復帰の判断基準として、BIODEX による下肢筋力や SHD, THD などの跳躍距離の患側/健側比が 85~90% 以上を一つの目安としている^{8~10)}。

脚には利き脚と軸脚があるとされるが、その明確な定義はなく、一般的にボールを蹴る脚を利き脚とし、その反対側が体を支える脚として軸脚と分類されることが多い^{11,12)}。健常者を対象とした下肢の運動機能評価では、非利き脚側の跳躍距離が利き脚の約 2% 短くなることが報告¹¹⁾ されているが、利き脚を基準にして左右の比較をするのは問題がある。

利き脚、軸脚の他に踏切脚が存在するが、踏切脚は一般的に跳ぶ際に主観的に踏み切りやすいと感じ、跳躍動作しやすい脚を指す。踏切脚は利き脚と異なる事が多く、また踏切脚は幅跳びや高跳

*1 帝京平成大学ヒューマンケア学部

*2 上田整形外科クリニック

*3 医療法人アレックス

表1 対象者の身体特性 (平均±標準偏差)

	total	male (45)	female (45)
年齢 (歳)	20.4±0.8	20.6±0.8	20.2±0.8
身長 (cm)	165.8±8.8	172.8±5.4	158.7±5.1
体重 (kg)	59.7±10.1	65.4±9.4	53.9±7.1
BMI	21.6±2.5	21.9±2.8	21.3±2.1

びなどの運動様式の違いによっても異なることが報告¹³⁾されている。

下肢の運動機能評価をする際に、測定肢が利き脚なのか踏切脚なのかを把握する事は左右比較の際に重要であると考えられる。またACL損傷患者では負傷側が利き脚か踏切脚かによってもともと跳躍距離に差があったことも考えられる。

しかし、利き脚と踏切脚との関連や踏切脚と非踏切脚の跳躍距離にどの程度の差があるのか明らかになっていない。そこで本研究では、健常大学生を対象とし、片脚による跳躍テストの際の踏切脚と利き脚にどのような関連があるのか、また踏切脚と非踏切脚ではhop jump testの結果にどの程度の差があるのか明らかにすることを目的とした。

対象および方法

1. 対象

本研究は帝京平成大学の下肢に有痛性疾患を有さない健常大学生90名(男性45名,女性45名)を対象とした。平均年齢は、20.4±0.8歳(男性:20.6±0.8歳,女性:20.2±0.8歳),身体特性は、平均身長165.8±8.8cm(男性:172.8±5.4cm,女性:158.7±5.1cm),平均体重59.7±10.1kg(男性:65.4±9.4kg,女性:53.9±7.1kg),BMI 21.6±2.5(男性:21.9±2.8,女性:21.3±2.1)であった(表1)。対象者には本研究の趣旨を説明し、同意を得た後に測定を実施した。なお、本研究は帝京平成大学倫理審査委員会の承認を受けて実施した(承認番号30-003)。

2. 評価項目

下肢の運動機能は、片脚1歩跳び、片脚3歩跳び、片脚垂直跳びの3つの方法により評価した。

1) 片脚1歩跳び (SHD)

基準線に片脚にて立脚し、片脚にて前方に1歩跳んだ直線距離を計測した。跳躍距離の計測はメジャーを用いて1cm単位で行った。

2) 片脚3歩跳び (THD)

基準線に片脚にて立脚し、片脚にて前方に連続して3歩跳んだ直線距離を計測した。

3) 片脚垂直跳び (VJ)

デジタル垂直跳び測定器(ジャンプ-MD,竹井機器工業株式会社製)を用いて、片脚での垂直跳びを計測した。開始時は跳ぶ方の脚のみで立脚し、反対肢は股関節・膝関節軽度屈曲位とし足が床面に付かないようにした。片脚垂直跳びの着地時は、怪我の防止のため両脚着地とした。

1)~3)全ての計測は左右2回ずつ行い、その平均値を測定値として採用した。

4) 利き脚・踏切脚の評価

利き脚(ボールを蹴る脚)を口頭にて回答を得た。また、下肢運動機能評価1)~3)の測定後に跳びやすい脚の有無を「右・左・どちらでもない」3つから選んでもらい口頭にて回答を得た。右・左のどちらかを回答した場合は、回答した側の脚を踏切脚とした。どちらでもないと回答した場合は、踏切脚と非踏切脚の比較の際に除外した。

3. 統計解析

各測定項目において、左右どちらかに跳びやすい脚がある対象者の踏切脚・非踏切脚の跳躍距離の比較は、正規性の検定を行った後に対応のないt検定を用いた。また、各測定の関連性の分析はPearsonの積率相関係数を用いて評価した。解析はSPSS for win(ver21)を用い、有意水準は5%に設定した。

結果

利き脚(ボールを蹴る脚)は右脚が83名(92%)、左脚が6名(7%)、両側が1名(1%)であった(図1)。踏切脚があると回答したのは、SHDでは97%(90名中87名)であった。内訳は、53名(59%)が右脚、34名(38%)が左脚の方が跳びやすいという結果であった。THDは93%(90名中84名)に踏切脚があり、内訳は右脚が54名(60%)、左脚が30名(33%)であった。VJは84%(90名中76名)に踏切脚があり、内訳は右脚が42名(47%)、左脚が34名(38%)であった(図2)。

利き脚と3種類の跳躍テストの踏切脚が一致したのはSHDが55名(62%)、THDが50名(56%)、VJが45名(51%)であり、全てが同側であったのは23名(26%)であった。SHDとTHDの踏切脚が同側であったのは65名(72%)、SHDとVJの踏

切脚が同側であったのは51名(57%), SHDとTHDとVJの全ての跳躍動作の踏切脚が同側だったのは37名(41%)であった。

SHDの距離は、踏切脚は 174.0 ± 30.6 cm, 非踏切脚は 168.4 ± 31.4 cmであった。踏切脚があると回答した87名のうち、踏切脚側の跳躍距離が長かったのが63名, 非踏切脚側の跳躍距離が長かったのが24名であり、踏切脚側の跳躍距離が長くなる傾向が見られた。平均では非踏切脚の方が約12cm(3.3%)跳ぶ距離の低下が見られたが、双方の距離の結果に統計学的な有意差は見られなかった($p=0.239$)。

THDの距離は、踏切脚は 518.8 ± 98.3 cm, 非踏切脚は 500.6 ± 95.3 cmであった。踏切脚があると回答した84名のうち、踏切脚側の跳躍距離が長かったのが65名, 非踏切脚側の跳躍距離が長かったのが19名であり、踏切脚側の跳躍距離が長くなる傾向

が見られた。非踏切脚の方が平均約18cm(3.4%)跳ぶ距離の低下が見られたが、双方の距離の結果に統計学的な有意差は見られなかった($p=0.225$)。

VJの踏切脚は 29.9 ± 6.7 cm, 非踏切脚は 28.2 ± 6.0 cmであった。踏切脚があると回答した76名のうち、踏切脚側の跳躍距離が長かったのが52名, 非踏切脚側の跳躍距離が長かったのが24名であり、踏切脚側の跳躍距離が長くなる傾向が見られた。非踏切脚の方が、平均約1.7cm(5.1%)跳ぶ距離の低下が見られたが、双方の脚の結果に統計学的な有意差は見られなかった($p=0.106$) (表2)。

SHDとTHDの距離の間には相関係数0.934($p<0.01$)と非常に高い相関関係があった。SHDとVJ, THDとVJの間にはそれぞれ、相関係数

表2 下肢運動機能テスト 片脚1歩跳び(SHD), 片脚3歩跳び(THD), 片脚垂直跳び(VJ)の跳躍距離(平均±標準偏差)

	SHD	踏切脚 (cm)	非踏切脚 (cm)	p-value
total		174.0 ± 30.7	168.4 ± 31.4	0.239
male		200.2 ± 18.0	195.3 ± 17.9	0.214
female		148.4 ± 14.6	142.1 ± 15.4	0.056
THD				
total		518.8 ± 98.3	500.6 ± 95.3	0.225
male		607.6 ± 53.9	585.9 ± 54.4	0.077
female		434.2 ± 37.9	419.2 ± 36.9	0.069
VJ				
total		29.9 ± 6.7	28.2 ± 6.0	0.106
male		35.0 ± 5.7	32.8 ± 5.0	0.092
female		25.5 ± 3.8	24.3 ± 3.6	0.140

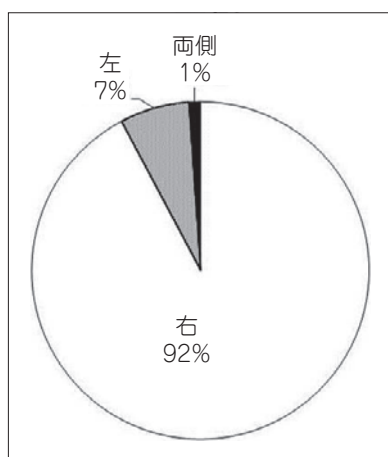


図1 利き足の割合

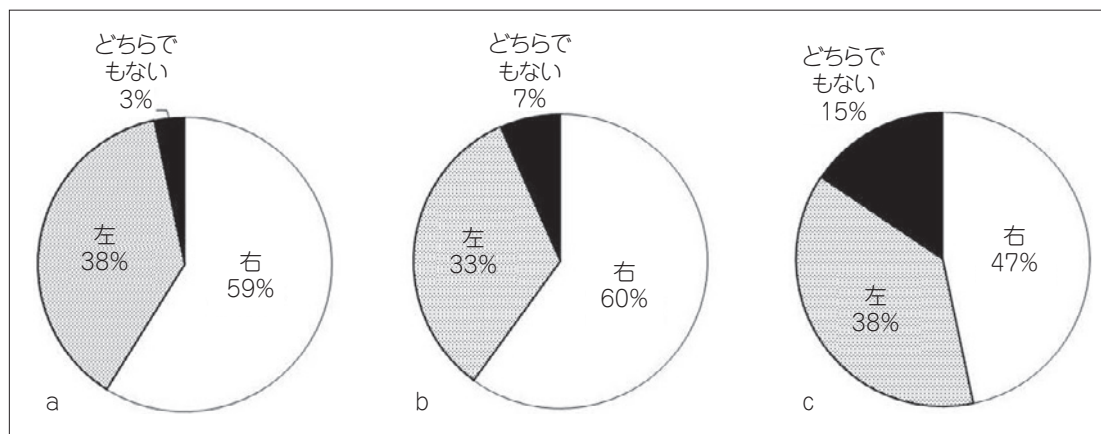


図2 下肢運動機能テストにおける踏切脚の有無と割合

a: 片脚1歩跳び (SHD), b: 片脚3歩跳び (THD), c: 片脚垂直跳び (VJ)

0.713 ($p < 0.01$), 0.771 ($p < 0.01$) と高い相関関係が見られた (図 3)。

■ 考 察

今回の調査で利き脚は 92% と圧倒的に右脚が多く、利き脚と 3 種類の跳躍動作の踏切脚が全て一致したのは 26% であり、踏切脚は利き脚とは一致しないケースが多くあることが分かった。また全ての跳躍動作の踏切脚が同側だったのは 41% であったことから、踏切脚は常に一定ではなかった。THD では跳躍・着地・跳躍の動作を繰り返すため、踏切動作と着地動作の連動性が必要となり、同じ前方に跳ぶ動作でも SHD と運動様式が異なることが挙げられる。また、1 歩跳ぶ動作でも前方と上方と跳躍方向が異なることが運動様式や筋出力の違いにつながると考えられ踏切脚が異なる結果になったと推察される。非接触型 ACL 損傷患者の約 80% で受傷側と走り高跳びの踏切脚が一致していたと報告¹⁴⁾ されており、スポーツ選手は、自分の踏切脚を自覚しておく必要がある。また、着地しやすい着地脚も存在するが、42% (106 名中) で着地脚が特に決まっていなると報告¹⁵⁾ されている。踏切脚のみならず着地しやすい着地脚も合わせて認識しておく必要がある。ACL 損傷は、踏切脚による着地動作で高率に起こっていることから、踏切脚の着地動作には何からの危険因子が存在することも報告¹⁴⁾ されている。ACL 損傷の予防プログラムが多く報告¹⁶⁻¹⁹⁾ されているが、踏切脚、着地脚を意識したジャンプ・着地動作のトレーニングが必要であると考えられる。

スポーツ選手の下肢運動機能評価においてボールを蹴る利き脚とその反対側の非利き脚を比較する報告^{11, 20)} が多い。キック動作を伴う競技に於いては利き脚を基準とした有益な情報になると考えられるが、跳躍系のスポーツでは踏切脚を基準側とした方が機能評価の観点から適切だと考えられる。そのため hop jump test による下肢運動機能検査では、踏切脚を把握し評価することが必要であると考えられる。

ACL 損傷や半月板損傷後のスポーツ競技復帰には下肢の運動機能評価が必要となり、一般的に健側に対する患側の比率によりその回復度を評価しており、85~90% の回復をスポーツ復帰の目安にすることが多く⁸⁻¹⁰⁾、著者らも 80% 以上を目安としている。ACL 再建術後では患側の下肢運動機

能は健側と同等まで回復せず、術後 1 年を経過しても健側の 70~80% 台に留まることもあり競技復帰の判断に苦渋することがある。今回の健常大学生を対象とした調査では、対象者の 70% が踏切脚側の跳躍距離が非踏切脚に比べ高値を示し、跳躍距離が踏切脚に比べ非踏切脚の方が 3~6% 低下する傾向がみられた。3 種類全ての跳躍距離で男性の方が高値を示したが、非踏切脚の跳躍距離の低下率に男女の差は見られなかった。これらのことから、ACL 損傷後の hop jump test でも健側・患側以外にも踏切脚・非踏切脚が結果に影響を及ぼしている可能性がある。よって、ACL 損傷患者の下肢運動機能評価の際には、単なる健側・患側比較だけでなく、本来はそこに踏切脚の違いを加味した評価が必要となる。しかし、ACL 損傷前に踏切脚を把握していない場合も多い。また、踏切脚が ACL 損傷後に変化するか否かについて明らかになっておらず、現実的には踏切脚の違いを加味した評価は難しい。今回の健常大学生では踏切脚に比べ、非踏切脚での跳躍動作の際に連動性のぎこちなさが観察された例があった。特に連続でジャンプ・着地を繰り返す THD で連動性のぎこちなさが顕著にみられた。陳旧性 ACL 単独不全損傷を対象とした前方への片脚幅跳びの動作解析を行い、損傷側では踏み切際の膝・股関節の伸展角度と床反力の低下がみられ、着地する際には膝・股関節の屈曲角度の増加が見られたと報告⁵⁾ されている。よって ACL 損傷を伴った場合には hop jump test の跳躍動作において他覚的な違いを認識できる可能性があると考えられる。これらのことから hop jump test を行う際は、跳躍距離だけではなく踏切脚の有無の確認や跳躍動作の連動性の観察を合わせて行う必要があると考えられる。

本研究は健常大学生を対象とした踏切脚とその跳躍距離の調査であるため、ACL・半月板損傷などの膝損傷患者の踏切脚が損傷前後で変化するか否か、膝損傷患者の受傷側が踏切脚か非踏切脚であった場合についてまでは言及することができないのが本研究の限界点である。しかし、下肢の運動機能評価の一つである hop jump test の評価において踏切脚を把握することは重要であり、健常大学生では非踏切脚は踏切脚に比べ 3~6% の跳躍距離の低下が見られた。膝損傷患者の損傷側が踏切脚か非踏切脚であるかによって、健側患側

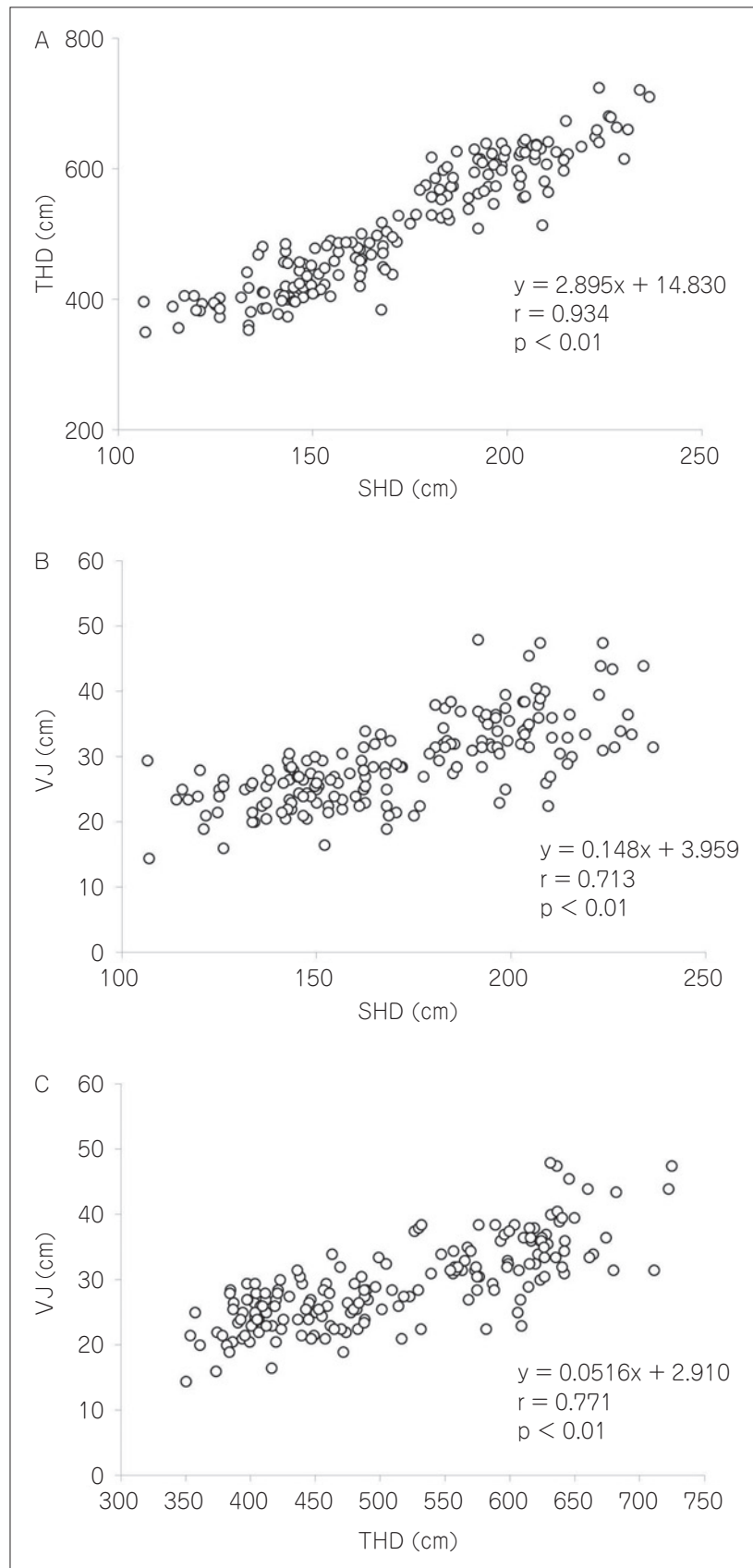


図3 3種類の下肢運動機能テストのそれぞれの相関関係
 A : 片脚1歩跳び (SHD) と片脚3歩跳び (THD)
 B : 片脚1歩跳び (SHD) と片脚垂直跳び (VJ)
 C : 片脚3歩跳び (THD) と片脚垂直跳び (VJ)

比に影響を及ぼす可能性が示唆された。

結 語

1. 利き脚と3種類の跳躍テストの踏切脚が全て一致していたのは23名(26%)であった。
2. 対象者の約70%が踏切脚の跳躍距離の方が非踏切脚よりも高値を示した。
3. 非踏切脚の跳躍距離は、踏切脚に比べ約3~6%低値を示したが統計学的な有意差は見られなかった。
4. 3種類の跳躍テストの間にはそれぞれ強い相関関係が見られた。
5. 踏切脚の有無は膝損傷患者の健側患側比に影響を与える可能性が示唆された。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

謝 辞

本研究の測定に協力いただいた、帝京平成大学ヒューマンケア学部柔道整復学科、石丸愛理さん、伊藤佑華さん、小川諒太君、金子光さん、倉本茜さん、山岡愛さんに感謝いたします。

文 献

- 1) Ohkoshi Y, Inoue C, Yamane S, et al. Changes in muscle strength properties caused by harvesting of autogenous semitendinosus tendon for reconstruction of contralateral anterior cruciate ligament. *Arthroscopy*. 1998; 14: 580-584.
- 2) Zwolski C, Schmitt LC, Quatman-Yates C, et al. The influence of quadriceps strength asymmetry on patient-reported function at time of return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 2015; 43: 2242-2249.
- 3) Ben Moussa Zouita A, Zouita S, Dziri C, et al. Isokinetic, functional and proprioceptive assessment of soccer players two years after surgical reconstruction of the anterior cruciate ligament of the knee. *Ann Readapt Med Phys*. 2008; 51: 248-256.
- 4) Reid A, Birmingham TB, Stratford PW, et al. Hop testing provides a reliable and valid outcome measure during rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Phys Ther*. 2007; 87: 337-349.
- 5) 小柳磨毅, 林 義孝, 玉木 彰, 他. 前十字靭帯不全膝の片脚幅跳び動作の解析. *日本臨床バイオメカニクス学会誌*. 1996; 17: 263-266.
- 6) 上池浩一, 森 孝久, 藤岡宏幸, 他. 膝前十字靭帯再建例における片脚立ち上がりテストの結果と跳躍系パフォーマンステストの結果との相関性. *日本臨床スポーツ医学会誌*. 2018; 26: 417-422.
- 7) Zwolski C, Schmitt LC, Thomas S, et al. The utility of limb symmetry indices in return-to-sport assessment in patients with bilateral anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 2016; 44: 2030-2038.
- 8) Adams D, Logerstedt DS, Hunter-Giordano A, et al. Current concepts for anterior cruciate ligament reconstruction: a criterion-based rehabilitation progression. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2012; 42: 601-614.
- 9) Noyes FR, Barber SD, Mangine RE. Abnormal lower limb symmetry determined by function hop tests after anterior cruciate ligament rupture. *Am J Sports Med*. 1991; 19: 513-518.
- 10) Fitzgerald GK, Lephart SM, Hwang JH, et al. Hop tests as predictors of dynamic knee stability. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2001; 31: 588-597.
- 11) Swearingen J, Lawrence E, Stevens J, et al. Correlation of single leg vertical jump, single leg hop for distance, and single leg hop for time. *Phys Ther Sport*. 2011; 12: 194-198.
- 12) 石津希代子. 利きの発達と左右差. *日本大学大学院総合社会情報研究科紀要*. 2011; 12: 157-161.
- 13) 大谷和寿, 檀野淳一. 運動場面における足の一側優位性について. *島根大学教育学部紀要(教育科学)*. 1984; 18: 47-54.
- 14) 安永 亨. 前十字靭帯損傷と踏み切り脚との関係. *日本整形外科スポーツ医学会雑誌*. 2009; 29: 113-117.
- 15) 井原秀俊, 高山正伸, 福本貴彦, 他. 非接触性 ACL 損傷における性差・左右差. *整形外科と災害外科*. 2005; 54: 241-246.
- 16) 津田清美, 三木英之, 大槻玲子. 成長期スポーツ外傷・障害予防への取り組みバスケットボール 女子選手の膝前十字靭帯損傷とその予防. *臨床スポーツ医学*. 2016; 33: 1044-1051.
- 17) 津田英一, 木村由佳, 荻田祐希子, 他. ACL 損傷・再損傷予防へのアプローチ. *関節外科*. 2017; 36: 248-254.

- 18) Benjaminse A, Welling W, Otten B, et al. Novel methods of instruction in ACL injury prevention programs, a systematic review. *Phys Ther Sport*. 2015; 16: 176-186.
- 19) 大見頼一, 川島達宏, 栗山節郎. バスケットボールにおける ACL 損傷予防の取り組みと成果. *臨床スポーツ医学*. 2014; 31: 1036-1042.
- 20) Myers BA, Jenkins WL, Killian C, et al. Normative data for hop tests in high school and collegiate basketball and soccer players. *Int J Sports Phys Ther*. 2014; 9: 596-603.

(受付 : 2019 年 2 月 19 日, 受理 : 2019 年 5 月 17 日)

The influence of take-off and the dominant leg on the performance evaluation of the lower limb

Takegawa, A.^{*1}, Suzuki, Y.^{*2}, Hayashi, H.^{*3}

^{*1} Faculty of Health Care, Teikyo Heisei University

^{*2} Ueda Orthopedic Sports Clinic

^{*3} AR-Ex Sports Medical Group

Key words: Take-off leg, single-leg jump, functional evaluation of the lower limb

[Abstract] The single-leg hop jump test evaluates lower limb function. The test often compares the dominant (preferred side for kicking a ball) and the non-dominant leg, or the injured and non-injured leg, during functional evaluation of the lower limb, but the relationship between the take-off and the dominant leg remains unknown. The aim of this study was to determine the relationship between the take-off and the dominant leg as well as the difference between the take-off and the non-take-off leg. Ninety healthy college students performed the single hop for distance (SHD), triple hop for distance (THD), and single vertical jump (VJ). The dominant and take-off leg were found to be on the same side in 26% of the participants. The mean SHD was 174.0 ± 30.6 and 168.4 ± 31.4 cm; the mean THD was 518.8 ± 98.3 and 500.6 ± 95.3 cm; and the mean VJ was 29.9 ± 6.7 and 28.2 ± 6.0 cm for the take-off and non-take-off leg, respectively. The non-take-off leg distance was 3%-6% less than the take-off leg distance. This study suggests that use of the take-off leg affects the performance of the single leg jump test. In conclusion, these findings are important to compare the injured and non-injured legs in patients with knee injuries.