

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 3 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25462302

研究課題名(和文) スポーツパフォーマンスとリハビリテーションでの高分解・高速度重心動揺解析

研究課題名(英文) High-resolution, high-speed dynamic balance analysis of sports performance and rehabilitation

研究代表者

堀部 秀二 (HORIBE, SHUJI)

大阪府立大学・総合リハビリテーション学部・教授

研究者番号：60181541

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：静的バランス能力の評価指標として普及している床反力計を用いて、着地早期の動的バランスの測定法を確立することを目的とした。その結果、半歩での片脚ホップ動作はCOP軌跡長を安全に測定でき、再現性も高い運動課題であることから、着地早期の動的バランスの客観的評価法として、有用であると考えられた。また、前方ホップに加えて側方ホップにおいても、200msCOPが着地早期の動的バランス評価として有用であることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：The objective was to establish a safe and effective method of measuring dynamic balance in the early phase after landing. Since single-leg hop for half a step as a motor task enabled safe measurement of COP trajectory length with high reproducibility, we considered it to be useful as an objective method for the evaluation of dynamic balance in the early phase after landing. Further, the results suggest that 200msCOP is useful for assessing dynamic balance immediately after hopping laterally or forward and landing.

研究分野：スポーツ整形外科

キーワード：動的バランス 足圧中心軌跡 床反力

1. 研究開始当初の背景

スポーツ選手のトレーニングやスポーツ傷害からの復帰リハビリテーションには、バランスの評価・向上は重要である。しかし、その運動課題は、立位保持のような静的なものではなく、ジャンプ着地や急な減速といった動きのある動的な運動が行われ、動きの中でのバランスが検討されている。特に、スポーツ活動中に生じる ACL 損傷は、着地後ごく早期に発生していることが明らかとなっており、着地直後の早期の動的バランス能力を測定することは重要であるが、その定量評価法に関する報告はない。一方、動的バランスの測定時に課せられる運動は重要であり、恐怖感を伴わないように安全に実施できることが求められる。ACL 再建術後の臨床評価では、Drop-vertical jump や Single-leg hop などが頻繁に実施されているが、運動習慣のない人や早期の膝関節術後患者などには危険を伴うため、より幅広い対象者が実施できるような運動課題が必要である。

2. 研究の目的

(1) 静的バランス能力の評価指標として普及している床反力計を用いて、着地早期の動的バランスの測定法を確立するため、運動課題として比較的負荷が少ない片脚ホップ着地動作を選択し、安全に行えるかどうかを検討すること。着地直後から姿勢保持に至るまでの早期の足底圧中心 (center of pressure : COP) の軌跡長を測定し、動的バランスの評価法を検討することとした。

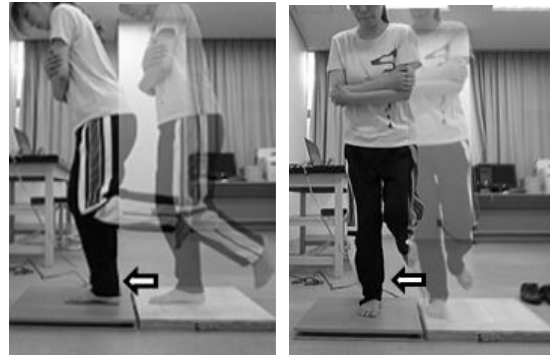
(2) 片脚ホップ着地後の COP 軌跡長と床反力ピーク値が前方ホップと側方ホップで異なるかを評価し、ホップ方向の違いによるバランス特性の差異を明らかにすることとした。

3. 研究の方法

(1) 動的バランス評価法の検討

対象は、ジャンプを含む競技スポーツをしておらず、両下肢に外傷歴のない若年ボランティア 10 名 (男性 1 名、女性 9 名) で、運動課題は、水平面上にて片脚起立から、前方へ踏み切って同脚で片脚着地する片脚ホップとした (図 1a)。ホップの距離は 10m 平地歩行から測定した歩幅の半分とした。数回トライアルして再現性を目視で確認したのち、軸足である左脚で 10 回ずつ、連続しない 3 日間、実施した。床反力の計測はフォースプレート (AMTI 社) を用い、測定データの記録と COP 軌跡長の算出には解析ソフト (テクノロジーサービス社) を使用した。計測した床反力データから、着地直後 1 秒間の COP の移動距離を算出し、COP 総軌跡長とした。100 ミリ秒毎の COP 総軌跡長に対する割合と 100 ミリ秒および 200 ミリ秒までの COP 軌跡長と床反力鉛直成分のピーク値 (F_z)、最大値の発生時間 (t_z) を算出した。COP 軌

跡長は足長で、床反力は体重で正規化し、各測定値の 10 回の平均値を算出した。なお、接地初期は F_z が小さく、COP の算出上正確な値が算出できないため、着地から 20 ミリ秒までを分析の対象外とした。さらに、連続しない 3 日間での各測定値の再現性について、級内相関係数 (ICC(1.1)) を用いて統計学的検討を行った。



a.前方ホップ

b.側方ホップ

図 1 運動課題

(2) 運動方向の違いによる検討

対象は、ジャンプを含む競技スポーツをしておらず、両下肢に外傷歴のない若年ボランティア 24 名 (男性 9 名、女性 15 名) で、運動課題は、片脚ホップ着地テストとした (図 1)。本測定は、ホップ方向の条件として前方条件、側方条件を設け、各条件とも右脚と左脚で各 10 回実施した。COP の評価値として、着地後 1 秒間の COP 軌跡長 (1s COP)、着地後 200 ミリ秒までの COP 軌跡長 (200ms COP) を算出した。また、着地から着地後 1 秒までの 100 ミリ秒毎の COP 軌跡長を算出し 1s COP に対する割合を経時的に求めた。床反力の評価値として、床反力前額成分ピーク値 (pF_{ML})、床反力矢状成分ピーク値 (pF_{AP})、床反力鉛直成分ピーク値 (pF_V) を算出した (図 2)。1sCOP および 200msCOP は足長で、床反力ピーク値 (pF_{ML} 、 pF_{AP} 、 pF_V) は体重で正規化した。

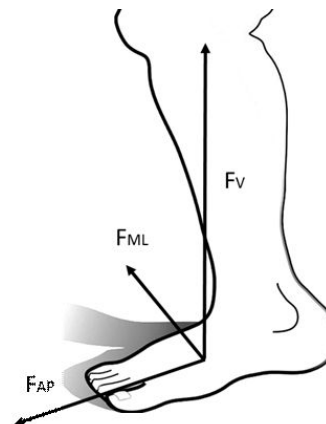


図 2 床反力成分

4. 研究成果

(1) 動的バランス評価法の検討

被験者全員、3日間共に、怖さの訴えはなく、バランスを崩す者もおらず、安全に測定が可能であった。

1秒間のCOP総軌跡長

各人3日間の1秒間のCOP総軌跡長から、級内相関係数は、0.79であった。

100ミリ秒毎におけるCOP軌跡長の全長に対する割合

各測定日における着地後1秒間の区間におけるCOP軌跡長の全長に対する割合は、20~100msは1日目が $28 \pm 7\%$ 、2日目が $31 \pm 9\%$ 、3日目が $31 \pm 8\%$ 、100~200msは1日目が $19 \pm 5\%$ 、2日目が $19.6 \pm 5\%$ 、3日目が $19 \pm 6\%$ であったが、200ms以後の100ms区間では3日間全て10%以下であった(図3)。

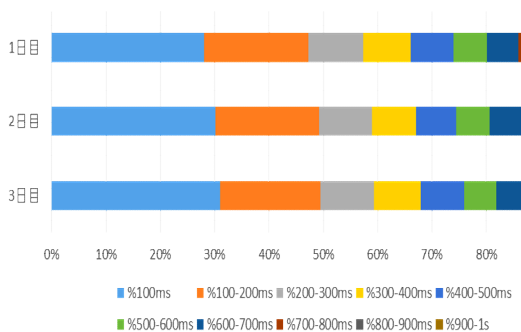


図3 100ミリ秒毎のCOP総軌跡長に対する割合

100ミリ秒および200ミリ秒までのCOP軌跡長

各人3日間の100ミリ秒および200ミリ秒までのCOP軌跡長の結果から、100msCOPと200msCOPの級内相関係数は、それぞれ、0.68、0.80であった。

Fz・tz

各人3日間のFzとtzの平均値から、Fzとtzの級内相関係数は、それぞれ、0.93、0.78であった。

(2) 運動方向の違いによる検討

COP軌跡長

着地後100ミリ秒毎のCOP軌跡長の1sCOPに対する割合の分散分析の結果、主効果が認められたのは時間条件のみであり、ホップ方向条件、左右脚条件ともに有意な主効果はなく、交互作用も認められなかった。事後検定の結果、20~100ミリ秒区間、100~200ミリ秒区間が、その後の時間区間に比べて有意に高い割合を占めており、200~300ミリ秒区間以降の有意差は無かった。

1sCOPおよび200msCOPを示す(表1)。左右脚ともに、1sCOPではホップ方向条件、左右脚条件いずれも有意な主効果は認められなかったが、200msCOPではホップ方向条

件に有意な主効果が認められ、事後検定の結果、側方ホップでは前方ホップに比べて有意な高値を示した($p < 0.01$)。

表1 測定データ(COP)

	Leg	Forward	Lateral	p-value	Right vs Left
1sCOP (% of foot length)	Right	100 ± 21	111 ± 24	0.32	n.s.
	Left	94 ± 19	107 ± 23	0.19	
200msCOP (% of foot length)	Right	44 ± 9	53 ± 11	< 0.01	n.s.
	Left	41 ± 9	50 ± 11	< 0.01	

床反力ピーク値

床反力ピーク値の分散分析の結果、左右脚条件に有意な主効果を認めなかったことから、左右を平均した。ホップ方向条件には有意な主効果が認められ、事後検定の結果、pFML、pFVは前方ホップに比べて側方ホップで有意に高値であった($p < 0.05$)。一方、pFAPは前方ホップと側方ホップで有意差は認めなかった(図4)。

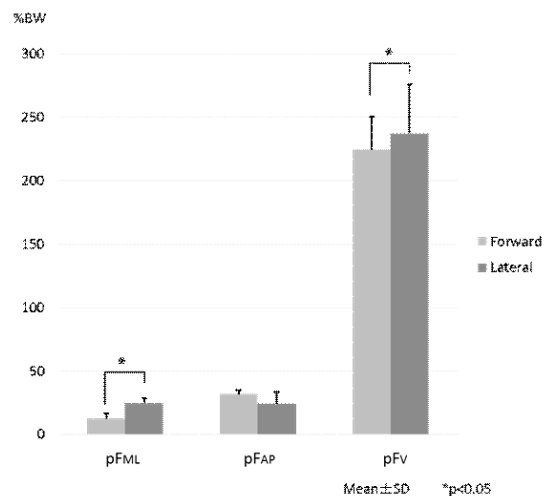


図4 床反力ピーク値の比較

片脚ホップ着地動作は、前方、側方どちらの方向であっても200ミリ秒までのCOP軌跡長の解析が、着地早期の動的バランスの客観的評価法として有用であり、今後、アスリート個人のバランス能力の評価、下肢術後のバランス訓練の評価指標、左右を比較することによる下肢バランス異常の早期発見、などに臨床応用できる可能性が示唆された。今回の研究ではホップの距離を歩幅の半分としたが、距離が変われば200msCOPの値も変わると予想でき、今後は高齢者、アスリート、術後患者など、対象者の能力に応じて距離を変えて測定する必要がある。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 6 件)

Yukiko KAWAKAMI, Issei OGASAWARA, Yasukazu YONETANI, Rikio TAKAO, Tatsuo MAE, Ken NAKATA, Shuji HORIBE : Difference in dynamic body balance between forward and lateral single-leg hop landing. The Kurume Medical Journal , 査読有, 掲載確定, 2016

Yukiko KAWAKAMI, Yasukazu YONETANI, Rikio TAKAO, Issei OGASAWARA, Tatsuo MAE, Ken NAKATA, Shuji HORIBE : Reproducibility of Dynamic Body Balance Measurement by Center of Foot Pressure Analysis Immediately after Single-leg Hop Landing , The Kurume Medical Journal , 査読有, 掲載確定, 2015

川上由紀子, 高尾理樹夫, 小笠原一生, 米谷泰一, 中田研, 堀部秀二 : 片脚ホップ着地時の動的バランス-足圧中心軌跡長の検討-, 日本関節鏡・膝・スポーツ整形外科学会雑誌、査読有、Vol.40、2015, pp.870-873

川上由紀子, 高尾理樹夫, 小笠原一生, 高尾憲司, 濱口幹太, 米谷泰一, 中田研, 堀部秀二 : 片脚前方ホップ着地時の動的バランス、スポーツ傷害、査読有、Vol.19、2014、pp.38-40

木村佳記, 米谷泰一, 前達雄, 杉山恭二, 佐藤睦美, 内田良平, 松尾知彦, 小柳好生, 小笠原一生, 中田研 : 片脚ドロップジャンプテストによる動的バランス評価 足圧中心軌跡長と筋力の相関、スポーツ傷害、査読有、Vol.19、2014、pp.41-43

木村佳記, 中田研, 松尾知彦, 前達雄, 米谷泰一, 小柳好生, 小笠原一生, 杉山恭二, 佐藤睦美, 内田良平 : ドロップジャンプ着地による動的バランス計測: 着地直後の重心動揺軌跡解析、スポーツ傷害、査読有、Vol.18、2013、pp.55-57

〔学会発表〕(計 11 件)

小笠原一生, 小柳好生, 米谷泰一, 佐藤睦美, 木村佳記, 杉山恭二, 川上由紀子, 中田研 : 床反力情報に基づく動的バランス能力の多角的指標化、第 26 回日本臨床スポーツ医学会、2015.11.7~8、神戸国際会議場(兵庫県神戸市)

川上由紀子, 米谷泰一, 高尾理樹夫, 小笠原一生, 中田研, 堀部秀二 : 前方及び側方片脚ホップ着地時の動的バランス、第 7 回日本関節鏡・膝・スポーツ整形外

科学会、2015.6.18~20、札幌市産業振興センター(北海道札幌市)

川上由紀子, 高尾理樹夫, 小笠原一生, 米谷泰一, 中田研, 堀部秀二 : 片脚ホップ着地時の動的バランス 運動課題による違い、第 41 回日本臨床バイオメカニクス学会、2014.11.21~22、奈良県新公会堂(奈良県・奈良市)

米谷泰一, 川上由紀子, 中田研, 小笠原一生, 高尾理樹夫, 堀部秀二 : 片脚ホップ着地動作における重心動揺計測と運動強度の再現性検証、第 29 回日本整形外科学会基礎学術集会、2014.10.9~10、城山観光ホテル(鹿児島県・鹿児島市)

木村佳記, 小柳好生, 小笠原一生, 杉山恭二, 佐藤睦美, 内田良平, 松尾知彦, 前達雄, 米谷泰一, 中田研 : ドロップジャンプ着地による動的バランスの解析指標の検討-着地後の衝撃吸収性と重心動揺の関連性、第 23 回関西臨床スポーツ医・科学研究会、2013.6.1、銀杏会館(大阪府吹田市)

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

堀部 秀二 (HORIBE, Shuji)
大阪府立大学・総合リハビリテーション学部・教授
研究者番号：60181541

(2) 研究分担者

川上 由紀子 (KAWAKAMI, Yukiko)
大阪府立大学・総合リハビリテーション学部・講師
研究者番号：10611444

- (3) 研究分担者
高尾 理樹夫 (TAKAO, Rikio)
大阪府立大学・総合リハビリテーション学
部・助教
研究者番号：50589968
- (4) 中田 研 (NAKATA, Ken)
大阪大学・医学研究科・教授
研究者番号：00283747
- (5) 研究分担者
前 達雄 (MAE, Tatsuo)
大阪大学・医学研究科・講師
研究者番号：10569734
- (6) 研究分担者
米谷 泰一 (YONETANI, Yasukazu)
大阪大学・医学研究科・助教
研究者番号：80642090
- (7) 研究分担者
小笠原 一生 (OGASAWARA, Issei)
大阪大学・医学研究科・助教
研究者番号：25462302
- (8) 研究分担者
木村 佳記 (KIMURA, Yoshinori)
大阪大学・医学部附属病院・技術職員
研究者番号：00571829
- (9) 研究分担者
小柳 好生 (KOYANAGI, Yoshio)
武庫川女子大学・スポーツ健康科学部・准
教授
研究者番号：20340945