

称号及び氏名 博士（保健学） 川上 由紀子

学位授与の日付 平成28年10月31日

論文名 片脚ホップ着地直後の重心動揺軌跡解析による動的バランス計測についての研究

Dynamic Body Balance Measurement by Center of Foot Pressure Analysis Immediately after Single-leg Hop Landing

論文審査委員 主査 堀部 秀二
副査 乾 博
副査 吉田 幸恵

論文要旨

【緒言】

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。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、臨床評価では Drop-vertical jump などが頻繁に実施されているが、着地時の負荷が大きく早期の膝関節術後患者などでは危険を伴うため、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。本研究の目的は、安全な動的バランス評価法を確立し、運動方向の違いにより動的バランス特性に差異が生じるかどうかを検討する事である。

【対象および方法】

(1) 動的バランス評価法

対象は、両下肢に外傷歴のない若年ボランティア 10 名（平均年齢：23.8±4.7 歳）とした。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。ホップ量は 10m 平地歩行から測定した歩幅の半分の距離とした。上肢は胸の前で腕組みをし、着地後は下肢の屈曲位を維持しつつ、できる限り 5 秒間静止するように指示した。足の裏で接地するよう指示し、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 日間において実施した。床反力の計測は AMTI 社製フォースプレートを用い、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) の軌跡長を測定した。床反力は体重で、COP 軌跡長は足長で正規化し、解析項目は、100ms 毎の COP 総軌跡長に対する割合と 100ms および 200ms までの COP 軌跡長 (100msCOP, 200msCOP) と床反力垂直成分のピーク値 (F_z)、最大値の発生時間 (t_z) とした。連続しない 3 日間での各測定値の再現性は、級内相関係数 (ICC(1.1)) を用いて統計学的検討を行った。

(2) 運動方向の違いによる検討

対象は、両下肢に外傷歴のない若年ボランティア 24 名 (平均年齢 : 22.1 ± 3.2 歳) とした。運動課題は片脚ホップとし、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。解析項目は、100ms 毎の COP 総軌跡長に対する割合と、着地から着地後 200ms および 1s までの COP 軌跡長 (200ms COP, 1s COP)、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})、床反力垂直成分ピーク値 (pF_V) とした。COP 軌跡長は足長で、床反力ピーク値 (pF_{ML} , pF_{AP} , pF_V) は体重で正規化した。統計処理は、ホップ方向条件、左右脚条件を要因とする 2 元配置の分散分析を行った。

【結果および考察】

1. 動的バランス評価法

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。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。100msCOP と 200msCOP 及び F_z の級内相関係数は、それぞれ 0.68, 0.80, 0.93 であり、片脚ホップ着地動作は一定の再現性を有することが明らかとなった。以上、片脚ホップの着地後 200ms までに F_z のピークが存在し、200msCOP が着地後 1 秒間の COP 軌跡長の約 50% を占め、日を変えても再現性を有していたことから、着地後 200ms までの COP 軌跡長の解析が早期動的バランス評価として有用であることが示唆された。

2. 運動方向の違いによる検討

被験者全員、前方着地、側方着地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。前方ホップ、側方ホップ共に、着地後 200 ミリ秒までの COP 軌跡長が着地後 1 秒間 COP 軌跡長の約 50% を占めた。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なかったが、200msCOP

ではホップ方向条件に有意な主効果を認め、事後検定の結果、側方ホップが有意に高値を示した ($p < 0.01$)。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が、ホップ方向条件には有意な主効果を認め、事後検定の結果、 pF_{ML} 、 pF_V は側方ホップで有意に高値を示した ($p < 0.05$)。一方、 pF_{AP} は前方ホップと側方ホップで有意差を認めなかった。以上、着地直後の姿勢動揺を表す 200ms COP および着地衝撃の大きさを表す pF_{ML} 、 pF_V が前方ホップに比べて側方ホップで有意に増大し、方向により違いを認めた。

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 200ms 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考えられる。

審査結果の要旨

スポーツパフォーマンスの 3 要素（筋力、柔軟性、バランス能力）は、トレーニングや、スポーツ傷害後のリハビリテーションの効果判定に使用されるが、バランス能力、特にスポーツパフォーマンスを反映する動的バランス能力は、定量評価が困難である。本研究は、安全な動的バランス評価法を確立し、運動方向の違いにより動的バランス特性に差異が生じるか否かを、若年ボランティアを対象にして検討したものである。片脚ホップを実施し、着地後 200 ミリ秒までに床反力垂直成分のピークが存在し、着地後 1 秒間の足圧中心(COP)軌跡長の約 50%を占め、測定日間の再現性を有していたことから、着地後 200 ミリ秒までの COP 軌跡長(200msCOP)の解析が早期動的バランス評価として有用であることが示唆された。更に、前方と側方の片脚ホップを比較では、200msCOP、床反力前額成分及び垂直成分ピーク値が前方ホップに比べて側方ホップで有意に増大し、ホップ方向により動的バランスに差があることが明らかとなり、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ることが示唆された。バランス能力に対する一般的且つ定量的な評価方法は少なく、本研究が明らかにした知見は、前十字靭帯損傷の予防や術後リハビリなど、スポーツ整形外科領域疾患の動的バランスの客観的評価法として使用される可能性が示された。更に、これらの結果は 2 編の学術論文として掲載され、学術的価値が認められており、博士（保健学）の学位論文に相当するものである。