

動的バランス評価方法の提案：片脚 drop jump 着地動作における重心動揺総軌跡長の再現性

大阪大学医学部附属病院 リハビリテーション部

杉山 恭二・木村 佳記

大阪教育大学大学院 教育学研究科

杉山 恭二

大阪保健医療大学 保健医療学部

佐藤 睦美

武庫川女子大学 健康スポーツ科学部

小柳 好生・小笠原一生

大阪大学大学院 医学系研究科器官制御外科学講座

松尾 知彦・前 達雄・北 圭介・中田 研

はじめに

スポーツ選手のパフォーマンスやスポーツ傷害のリハビリテーションにおいて重要な身体機能として、柔軟性、筋力、バランスなどが挙げられる。柔軟性と筋力については関節可動域測定や機器による筋力測定などがあるが、スポーツ選手のバランス能力に対する定量的評価方法は少ない。

天野ら¹⁾は、全身振動下トレーニングが運動能力に与える影響を調査し、動的バランス能力の評価として台上からの片脚着地(片脚 drop jump)を用い、トレーニングによって片脚 drop jump における重心動揺総軌跡長が減少することを示した。また、我々は同様の運動課題において、運動習慣の高い群は低い群に比較して重心動揺総軌跡長が有意に小さいことを示した²⁾。これらのことから、片脚 drop jump における重心動揺軌跡長の評価は、運動能力を反映する動的バランスの指標になり得ると考えられたが、重心動揺軌跡長の再現性やその計測した時間内での数値の変化などの特徴は不明である。

目 的

本研究の目的は、片脚 drop jump テストの重心動揺総軌跡長における測定日間の再現性を検証すること(検討1)および重心動揺軌跡長の時間変化の傾向を調査すること(検討2)である。

対象と方法

検討1

1) 対 象

対象は下肢に傷害既往のない健常成人9名(男性5名、女性4名)とした。年齢は 22.7 ± 3.5 歳、

身長は 166.2 ± 8.5 cm、体重は 60.4 ± 8.0 Kgであった。被験者の運動習慣は週1回程度であった。なお、被験者には研究内容を十分に説明し参加の同意を得て行った。

2) 運動課題

運動課題は、高さ20cmの台から片脚で踏み切って同脚で着地する片脚 drop jump とした。ジャンプの方向と距離は、前方30cm (forward drop jump : F-DJ) と側方20cm (lateral drop jump : L-DJ) の2種類とした。F-DJは右脚、L-DJは左脚で実施させた。いずれの課題も着地後は可能な限り静止するように指示した(図1)。また、両腕は胸の前で交差させて身体から離さないように指示した。1日の計測において、両課題ともに5回の練習後に5回計測した。本計測を1~2日の間隔で計3日間実施した。

3) 測定機器およびデータ処理

床反力の計測には、床反力計(BERTEC FORCE PLATE TYPE 4060H : BERTEC Corp.)を、データ処理には市販のソフトウェア(ToMoCo-FP : 東総システム)を用いた。計測した床反力データから着地後5秒間の足圧中心の移動距離を算出し、これを重心動揺総軌跡長とした。両課題ともに、各測定日毎の平均値を算出した。

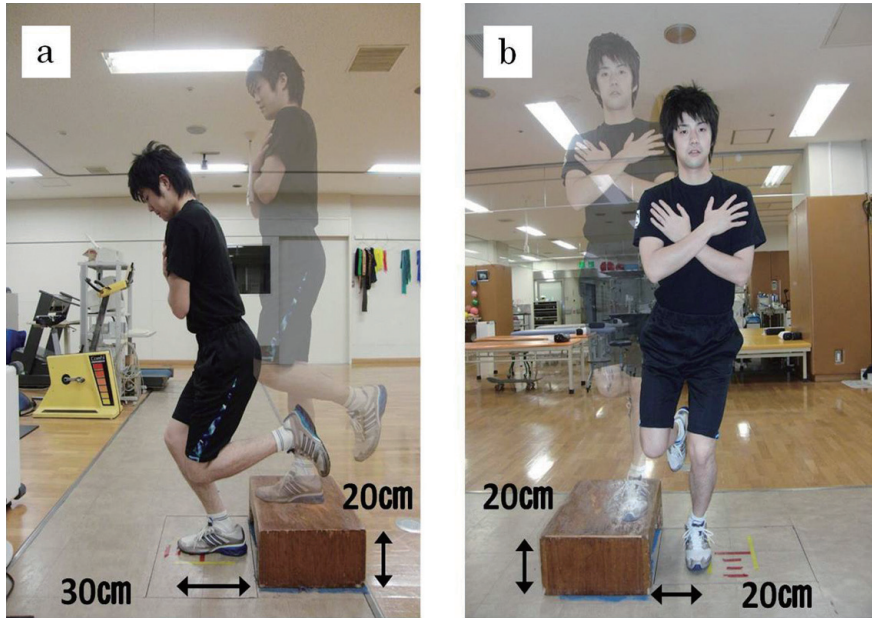


図1. 運動課題

a. forward drop jump b. lateral drop jump

4) 統計解析

統計学的解析は、級内相関係数を用いて各測定日間の再現性を検証した。

検討2

1) 対象

対象は下肢に傷害既往のない女子大学生10名20膝とした。年齢は 20.1 ± 1.2 歳、身長は 159.3 ± 5.4 cm、体重は 51.6 ± 6.7 Kgであった。被験者の運動習慣は週6回程度であった。なお、被験者には検討1同様に同意を得た。

2) 運動課題

運動課題は、検討1と同様とした。1日の計測において、両課題を両脚ともに10回ずつ計測した。

3) 測定機器およびデータ処理

床反力の計測には、床反力計 (Type 9281B : KISTLER Corp.) を、データ処理にはフリーソフトウェア (scilab - 5.3.3) を用いた。まず、検討1と同様に重心動揺軌跡長を算出した。次に、重心動揺軌跡の変化の傾向を捉えるため、重心動揺軌跡長の全長を100%とし、全試行における着地後1秒毎の区間の全長に対する割合を算出した。

結果

検討1

表1にF-DJ, L-DJの各測定日における被験者全員の重心動揺総軌跡長を示す。両課題ともに、測定値は最小値56.4cm最大値104.6cmと被験者間でばらつきを認めたが、同一被験者の測定日の違いによるばらつきは小さく、級内相関係数はF-DJでは0.78, L-DJでは0.74であった。

検討2

図2に被験者全員の両脚のF-DJとL-DJにおける着地後1秒毎の区間における重心動揺軌跡長の全長に対する割合を示す。着地後1秒以内の重心動揺軌跡長の割合は、全長

表1. 各測定日における重心動揺総軌跡長

	forward drop jump			lateral drop jump		
	1日目	2日目	3日目	1日目	2日目	3日目
subject						
A	73.0	70.1	73.2	82.1	76.4	88.2
B	86.6	78.8	95.6	99.0	86.6	106.9
C	87.0	77.1	77.5	80.4	84.9	102.4
D	67.0	73.5	67.0	104.6	93.6	95.5
E	96.8	82.4	84.6	97.3	97.2	97.0
F	95.2	84.1	70.3	91.4	88.8	85.4
G	56.4	55.8	60.3	66.4	68.9	60.3
H	57.6	57.6	62.9	83.8	60.4	60.9
I	60.3	57.2	60.3	69.4	54.2	66.2

単位 (cm)

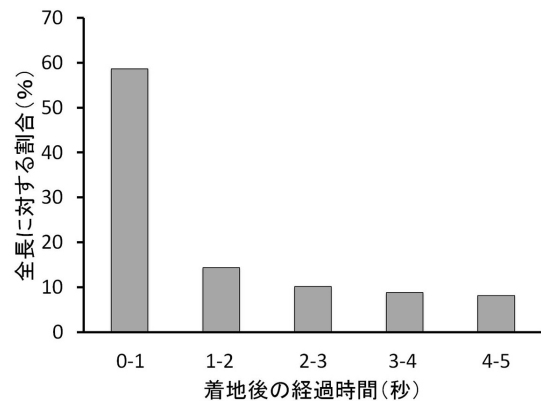


図2. 各区間 (1秒毎) における重心動揺総軌跡長の全長に対する割合

の58.6%を占めていた。着地後1～2秒は14.3%，2～3秒は10.1%，3～4秒は8.8%，4～5秒は8.1%であった。

考 察

測定日間の再現性について

級内相関係数は、一般に0.7以上であれば再現性が高いと報告されている³⁾。検討1の結果から、片脚drop jumpテストはF-DJ, L-DJともに一定の再現性を有することが明らかとなった。同一被験者では測定日の違いで測定値に変動が少ないが、被験者間には差があった。被験者間の差は、バランス能力の差を反映していると考えられた。

重心軌跡長の時間変化の傾向

姿勢制御には、感覚刺激による応答を利用したフィードバック制御と運動の誤差や外界の変化を予測したフィードフォワード制御の両方が働いている⁴⁾。着地した瞬間や着地直後のごく短い時間の姿勢制御は、感覚刺激から応答に要する時間以前でもありフィードフォワード制御が働き、それ以降の姿勢の保持にはフィードバック制御が働くことが予想される。検討2の結果で示した着地後の時間区間別の測定値は、最初の1秒間以内が全体の5秒間の重心動揺軌跡長の半分以上を占めていることから、着地直後1秒間の値はフィードフォワードを含む異なるバランス能力を反映している可能性が示唆された。

今後、片脚drop jumpテストの着地直後から1秒以内のさらに詳細な重心動揺軌跡の分析によって、本テストの結果と動的バランス能力との関係がより明確になる可能性が考えられる。また、着地におけるバランス不良は、足関節捻挫や膝靭帯損傷の発生に関与することからも、本テスト

による動的バランス評価が障害予防につながる評価となりうるか検討していきたい。

ま と め

1. 片脚drop jumpテストの重心動揺総軌跡長の再現性について検討した。本テストは個人により異なる評価値が得られるが、測定日を変えて同一被験者の級内相関係数はforward drop jumpでは0.74, lateral drop jumpでは0.78であり、個人のバランス能力を反映する再現性の高いテストであることが示唆された。
2. 片脚drop jumpテストにおける着地後1秒間の重心動揺軌跡長の割合は、5秒間での全長の58.6%を占め、1秒以降の1秒毎ではそれぞれ10%程度であったことから、異なるバランス能力を反映する可能性が示唆された。
片脚drop jumpテストにおける着地瞬間から1秒以内の更なる分析により、動的バランスのさらに詳細な評価ができる可能性が考えられた。

参考文献

- 1) 天野大, 黒田早苗, 神田秀之他. 全身振動 (Whole Body Vibration) 下トレーニングの健常人動的バランスに対する即時効果. 日本臨床スポーツ医学会誌 2011; 19: 290-295.
- 2) 小柳好生, 小笠原一生, 杉山恭二他: パフォーマンスレベルと動的運動能力との関連性. 体力科学2011; 60(6): 861.
- 3) 対馬栄輝. 検者間・検者内信頼性係数. SPSSで学ぶ医療系データ解析. 東京: 東京図書; 2007. p.212-213.
- 4) 藤原勝夫. 姿勢制御と中枢機構. 姿勢制御の神経生理機構. 東京: 杏林書院; 2011. p.31-33.