

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：34602

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K11479

研究課題名（和文）中高年齢者を対象とした十字移動を用いた新しい動的バランステストの有用性

研究課題名（英文）Usefulness of a new dynamic balance test using cross movement for middle-aged and elderly people

研究代表者

中谷 敏昭（Nakatani, Toshiaki）

天理大学・体育学部・教授

研究者番号：60248185

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：動的に足圧中心（COP）位置を前後と左右に移動させる十字移動テストは簡便で安全なテストであることが確認できた。テストの信頼性や妥当性も良好であった。COPの最大到達距離は前後方向で加齢による変化が大きく、移動時のずれである偏差を加えた動的総合バランス指数によってバランス能力の評価が可能である。しかし、高齢者を対象とした短期間の運動介入では十字移動テストの能力を改善することは難しく課題が残った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の十字移動テストは良好な信頼性と妥当性が確認され、加齢による能力変化やトレーニング効果も僅かに認められ、新たな動的バランステストとして学術的意義は実証できた。転倒事故は社会的および経済的損失を増大させることから、十字移動テストは動的な条件によりバランス能力を評価が可能で、転倒リスクを判定するスクリーニングテストとして確立できたことは社会的意義が大きいと言える。

研究成果の概要（英文）：The cross-movement test, in which the center of foot pressure (COP) position was moved dynamically in the anterior-posterior and lateral directions, was found to be a simple and safe test. Age-related changes to the maximum reach of the COP in the anteroposterior direction were greater than in the lateral direction, and the dynamic total balance index with added deviation was effective in evaluating dynamic balance capacity. However, it was difficult to improve the ability of the cross-movement test with an 8-10 week exercise intervention in elderly subjects.

研究分野：体育測定評価学

キーワード：動的バランス 十字移動 足圧中心位置 信頼性 妥当性 最大移動到達距離

## 1. 研究開始当初の背景

動的なバランステストは、重心動揺測定器の上で 8 方向に重心を移動させた際の支持基底面の広さ（安定性限界：LOS）を評価する LOS テスト（Newton, 2001）、重心を前方のみに移動させた際の手のリーチ距離で評価するファンクショナルリーチ（Duncan et al. 1992）、前後・左右・斜め 8 方向へ足先をリーチさせた距離で評価するスターエクスカージョン（Kinzey & Armstrong, 1998）、前と左右斜め後ろ 3 方向への足先のリーチ距離で評価する Y バランス（Plisky et al. 2009）等が報告されている。しかしながら、これらのテストは重心位置を支持基底面内に保持して各方向にどれだけ移動やリーチができるかという能力を評価している。この条件では、静的な状態を保持した測定であることから体幹や下肢筋力が大きく影響し、動的な条件下でバランス能力を評価しているとは言い難い。また、他のテストとしてアップアンドゴー（Podsiadlo & Richardson, 1991）や平均台歩行テスト（北畑ら, 2003）は報告されているが、歩行テストの意味合いが強く、動的なバランステストと言えない。これらの問題点を解決するため、重心位置を動的に移動させた条件下でバランス能力を評価するテストが求められる。さらに、幅広い年齢を対象とする場合、簡便で転倒の危険が少ない安全なテストが必要で、その作成は重要な研究課題と言える。

## 2. 研究の目的

本研究では、重心軌跡計を用いて足圧中心（以下、COP）位置を前後と左右に動的に移動させた際の最大到達距離や偏差（移動させた際のバラツキ）のテストにおける（1）若年者を対象に十字移動テストの信頼性と妥当性の検討、（2）若年者と高齢者を対象に十字移動テストで評価できる最大到達距離や偏差が加齢に及ぼす影響を検討、（3）下肢筋パワー発揮能力の改善を企図したトレーニングが高齢者の十字移動能力に及ぼす影響を検討することであった。

## 3. 研究の方法

### （1）十字移動テストの信頼性と妥当性

対象者は、健康な若年男女 44 名（18～25 歳）および地域に居住する中高年男女 39 名（61～85 歳）であった。十字移動テストの信頼性は、重心軌跡計（TKK-5810）の上で COP を前後と左右方向にメトロノームの合図（往復 6 秒）で動的に移動させた際の最大到達距離と偏差（中心線からのズレ）を測定した（図 1）。測定時は直立閉足位（ロンベルグ姿勢）とし、開眼条件で 3m 先の目印を見ながら行わせた。なお、測定時は側方と後方に補助者を配置して転倒を予防した。対象者には前後と左右の切りかえ時には動作を止めないように注意させた（図 2）。信頼性は 4～10 日の間隔で再テストを行い、有意差の検討と測定値の一致度を級内相関係数（ICC<sub>3,1</sub>）で示した。十字移動テストの妥当性は、前述の若年者を対象者として前後および左右方向の最大到達距離とファンクショナルリーチ、Y バランス、足底屈力との相関関係を検討した。なお、前後方向の最大到達距離は身長や足長に影響されることが予想されたため、身長を制御変数として偏相関関係も検討した。統計的有意水準は 5%とした。

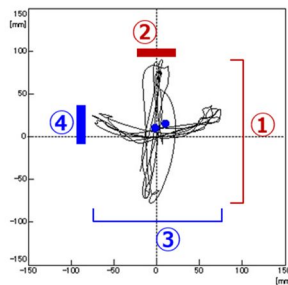


図1 前後および左右移動によるCPP軌跡図  
①前後最大距離 ②前後移動時の左右偏差  
③左右最大距離 ④左右移動時の前後偏差



図2 十字移動テストの測定

## (2) 十字移動テストにおける最大到着距離と偏差の加齢変化

対象者は18～86歳の健康な成人男女134名(男性60名,女性74名)で,厚生労働省の定義に基づき18～44歳の青壮年群(男性31名,女性24名),45～64歳の中年群(男性8名,女性10名),65～86歳の高齢群(男性21名,女性40名)に群分けした。十字移動テストは前述と同様な方法を用い,中年群および高齢群の測定の際は踏み出しや転倒を防ぐために補助者を配置した。COPパラメータは,前後と左右方向の最大到達距離および各偏差,COPの開始位置より前方向と後方向への最大到達距離とし,動的バランス能力を評価する指数として,前後方向の最大到達距離/左右偏差(前後動的バランス指数),左右方向の最大到達距離/前後偏差(左右動的バランス指数),動的総合バランス指数(前後動的バランス指数/左右動的バランス指数)を算出した。これらの加齢変化について,各年代群を男女別にKruskal-WallisのH検定を行って差を検討した。有意差が認められた場合は事後検定としてMann-WhitneyのU検定で対比較を行い,Bonferroni法を用いてP値の調整を行った。統計的有意水準は5%とした。

## (3) 短期間のトレーニングによる十字移動能力への影響

下肢筋パワーの改善を企図したトレーニングが十字移動の前後および左右方向の最大到達距離と各偏差に及ぼす影響について,異なる立ち座り運動(素早い・ゆっくり)を用いた10週間の運動介入と,バランスパッド使用の有無による複合的運動(筋力運動,バランス運動,足裏ストレッチ)を用いた8週間の運動介入を行わせた。

の検討では,地域に在住する健康な64～81歳の高齢男女29名を対象とし,椅子から素早く立ち上がる群(QU群:15名)と椅子からゆっくり座る群(SD群:14名)に無作為に割り付けた。これ以外の運動は,スロージョギング(3分×2～3セット),静的および動的バランス運動(6～8種目),柔軟運動(8種目)は両群に行わせた。介入期間は10週間とし,週3回(月・水・金)の運動を行わせ,実施状況は日誌に記録させた。測定項目は,十字移動テストの前後および左右方向の最大到達距離と各偏差,COPの開始位置より前方向と後方向の最大到達距離,椅子から立ち上がる際の力発揮速度,開眼条件あるいは閉眼条件のCOP単位軌跡長と矩形面積であった。介入前後の測定値の比較は1要因のみ対応のある2要因分散分析を用い,有意な交互作用が認められた場合は単純主効果,認められない場合は主効果を検討した。それぞれが有意な場合は多重比較検定を行った。統計的有意水準は5%とした。

の検討では,地域に在住する健康な65～86歳の高齢男女36名を対象とし,筋力運動,バランス運動,柔軟運動を組み合わせた複合的運動(WRE)の中で,バランス運動にバランスパッドを使用する群(BP群:18名)と使用しない群(NBP群:18名)に無

作為に割り付けた。トレーニング内容は、4秒かけて椅子からの立ち座り（10回×2セット）の筋力運動、立位姿勢で両足肩幅・両足閉足・2秒に1回の足踏み（各60秒×3セット）のバランス運動、足裏マッサージ・ストレッチを含めた柔軟運動（各30秒×3セット）とした。BP群のバランス運動はすべてバランスパッドを使用させた。介入前後の測定項目は、十字移動テストの前後および左右方向の最大到達距離と各偏差、開眼条件あるいは閉眼条件のCOP単位軌跡長、外周面積、単位面積軌跡長、椅子から立ち上がる際の力発揮速度、30秒椅子立ち上がり、最大2歩幅、ステッピング、方向変換ステップであった。介入前後の測定値の比較は1要因のみ対応のある2要因分散分析を用い、有意な交互作用が認められた場合は単純主効果、認められない場合は主効果を検討した。それぞれが有意な場合は多重比較検定を行った。統計的有意水準は5%とした。

## 4. 研究成果

### (1) 十字移動テストの信頼性と妥当性

若年者の十字移動テストにおける前後と左右方向の再テスト結果にそれぞれ有意な差は認められず、 $ICC_{3,1}$ は前後方向が**0.89**（95%信頼区間：**0.81-0.94**）、左右方向が**0.86**（95%信頼区間：**0.76-0.92**）と良好であった。また、中高年者の場合も前後方向は**0.93**、左右方向は**0.89**と若年者と同様に良好であった。これらのことは、幅広い年齢の男女を対象とした場合、十字移動テストは信頼性が良好なテストであると言える。COP位置を十字移動させた際の前後方向の最大到達距離とファンクショナルリーチは **$r=0.47$** 、Yバランスは **$r=0.49$** 、足底屈力は **$r=0.54$** 、左右方向の最大到達距離とファンクショナルリーチは **$r=0.40$** 、Yバランスは **$r=0.51$** 、足底屈力は **$r=0.41$** と各方向とも中程度の有意な相関関係を示した（ $p<0.05$ ）。また、身長を制御した偏相関関係では、前後方向の最大到達距離とYバランスのみ **$r=0.47$** の有意な相関関係を示した（ $p<0.05$ ）。Yバランスは、前・右後方・左後方への動的バランスを評価するテストであることから、身長を制御した場合でも相関関係は認められ、十字移動テストの前後と左右方向の最大到達距離は動的バランスを評価するテストであったと言える。

### (2) 十字移動テストにおけるCOP最大到達距離と偏差の加齢の影響

若年者（23歳）と高齢者（77歳）の十字移動テストによるCOP位置の前後および左右移動と偏差の典型例を図3に示した。若年男女（44名）と中高年男女（39名）で検討した十字移動テストの前後と左右方向への最大到達距離の $ICC_{3,1}$ は、若年男女は**0.89**と**0.86**、中年男女は**0.93**と**0.89**で良好であった。

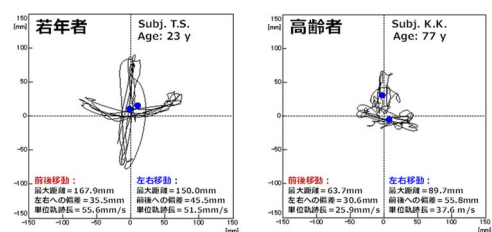


図3 若年者と中高年者における前後と左右方向へのCOP移動（例）

十字移動テストで得られたパラメータを青壮年群、中年群、高齢群で比較した結果を図4と5に示した。男性において、前方向の最大到達距離と前後動的バランス指数、左右動的バランス指数、動的総合バランス指数は、青壮年群に比べて中年群で有意に低下した（ $p<0.05$ ）。また、前後方向と後方向の最大到達距離、前後動的バランス指数は中年群に比べて高齢群で有意に低下した（ $p<0.05$ ）。他方、女性において、前後方向での左右偏差、前後動的バランス指数、左右方向での前後偏差、左右動的バランス指数、動

総合バランス指数は青壮年群に比べて中年群で有意に低下した ( $p<0.05$ )。また、前後方向、前方向および後方向の最大到達距離、前後動的バランス指数、左右方向と右方向の最大到達距離、左右方向の前後偏差は中年群に比べて高齢群で有意に低下した ( $p<0.05$ )。男女において、青壮年群、中年群、高齢群と加齢により低下を示したパラメータは、男性の前後方向の最大到達距離と前後動的バランス指数、女性の前後方向と前方向の最大到達距離、前後動的バランス指数、左右方向と右方向の最大到達距離、左右方向の前後偏差であった。これらのことから、十字移動テストで評価した各パラメータは加齢変化することが明らかとなり、高齢期での変化は著しかった。

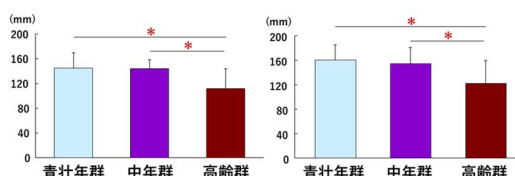


図4 前後方向の最大到達距離の加齢への影響 (左: 男性, 右: 女性)

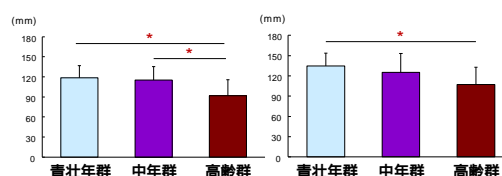


図5 左右方向の最大到達距離の加齢への影響 (左: 男性, 右: 女性)

### (3) 下肢筋パワーの改善を企図したトレーニングによる十字移動能力への影響 異なる立ち座り運動 (素早い・ゆっくり) を用いた運動介入

10 週間の運動介入では、教室の継続率は 96.4%、参加率は 66.7~100%であった。介入期間の運動実施数は QU 群が  $28.2 \pm 3.0$  セッション、SD 群が  $31.2 \pm 6.9$  セッションと両群に差はなかった。運動教室中の有害事象 (腰痛や膝痛、転倒等) はみられなかった。分散分析の結果、静的なバランスに影響はなかったが、動的なバランス (十字移動テスト) の前後方向に COP 位置を移動させた際の左右偏差のみに有意な交互作用が認められた (図 6)。各要因の単純主効果を検討したところ、QU 群に有意な単純主効果が認められ、事後検定の結果、前後移動時の左右偏差は有意に減少した ( $p<0.05$ )。異なる立ち座り動作を用いた運動介入では、動的なバランスにおいてのみ限定的な影響を与える内容であった。

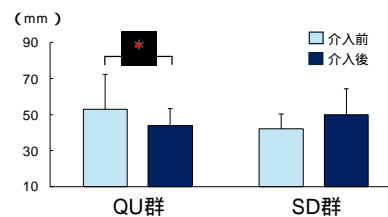


図6 前後方向へのCOP位置移動時の左右偏差

### バランスパッド使用の有無による複合的運動を用いた運動介入

8 週間の運動介入の結果、教室の継続率は 94.4%、参加率は 82.3~100%の範囲で平均 87.3%であった。運動教室中の有害事象 (腰痛や膝痛、転倒等) はなかった。分析の結果、下肢筋機能と敏捷性は BP 使用の有無 (BP 群 vs. NBP 群) による違いはほとんどみられなかった。その中で、十字移動テストにおける左右方向の最大到達距離は BP 群で有意に増加 ( $p<0.05$ ) したが、その他のパラメータへの影響は認められなかった (図 7)。これらのことから、BP 使用による歩行動作を加えた下肢運動を中心とする複合的運動は、十字移動テストで評価できる動的なバランス能力を改善させる刺激としては乏しかった。

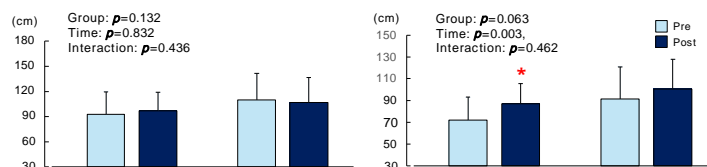


図7 前後方向の最大到達距離 (左) と左右方向の最大到達距離 (右)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 中谷敏昭, 寺田和史, 金子竜大, 瀬本雅一
2. 発表標題 スマートフォン・アプリケーションを用いた体幹自動回旋可動域測定信頼性および柔軟性との関係
3. 学会等名 日本体育測定評価学会第22回大会 & 第5回身体科学研究会合同学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中谷敏昭, 寺田和史, 瀬本雅一
2. 発表標題 異なる立ち座り動作を用いた複合的運動の介入が高齢者の静的および動的バランスに及ぼす影響
3. 学会等名 日本体育・スポーツ・健康学会第72回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中谷敏昭, 瀬本雅一, 寺田和史
2. 発表標題 重心位置を前後方向および左右方向へ移動させた際の足圧中心位置の移動距離と偏差に及ぼす加齢の影響
3. 学会等名 日本体育・スポーツ・健康学会第71回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中谷敏昭, 瀬本雅一, 寺田和史
2. 発表標題 立位における十字移動テストで評価した前後および左右移動距離と静的姿勢保持能力との関係
3. 学会等名 第21回日本体育測定評価学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中谷敏昭, 的場弘起, 灘本雅一, 新野弘美, 寺田和史
2. 発表標題 立位姿勢における重心位置の前後および左右方向への移動にともなう足圧中心動揺特性と加齢の影響
3. 学会等名 日本体育測定評価学会第20回記念大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	灘本 雅一 (Nadamoto Masakazu) (10712846)	桃山学院教育大学・人間教育学部・教授  (34430)	
研究分担者	寺田 和史 (Terada Kazufumi) (40454798)	天理大学・体育学部・教授  (34602)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------