

中高齢者のバランス調整能の評価手法の開発 (ファンクショナル・リーチテストの課題)

糸井 亜弥¹, 木村みさか², 奥野 直¹

The technology development of assessment by balance adjustment ability using the functional reach test in elderly people

Aya Itoi¹, Misaka Kimura², Tadashi Okuno¹

要 旨

目的：中高齢者の体力要素や運動能力のひとつである姿勢保持能力の低下や転倒の要因を探る手掛かりを得るため、これまで著者らが実施してきた開眼・閉眼片足立ちや重心動揺の測定と同時に3種類のファンクショナル・リーチ (FR) テストを行い、特に動的バランス調整能の指標としての3種類の FR テストの信頼性と有効性について検討した。方法：60～89歳の男女242名 (男性72名, 女性170名) を対象に、体格、体力診断バッテリーテスト (開眼・閉眼片足立ち、座位ステッピング、長座位体前屈、箱押し体前屈、垂直跳び、握力、シャトルスタミナウォークテスト、チェアスタンド)、3種類の FR テスト (片手 FR・両手 FR・重心移動 FR) の測定及び重心動揺計による重心位置の前方向への移動 (A-C%)、重心位置の後方への移動 (C-P%) を測定し、A-C%と C-P%の合計値、すなわち身体の支持基盤の大きさ (A-P%) を算出した。結果：A-P%と重心移動 FR テストとの間には、男性 $r=0.603$ 、女性 $r=0.628$ の高い相関が認められた。片手 FR テストと両手 FR テストの間にも、男性 $r=0.786$ 、女性 $r=0.757$ の高い相関が認められた。開眼片足立ちと片手 FR テストとの相関係数は、男性の A-P%や重心移動 FR テストと女性の重心移動 FR テストの値より高く、両手 FR テストとの相関係数は、男女共に A-P%や重心移動 FR テストの値より高かった。結論：片手及び両手 FR テストは下肢筋力の影響を反映する測定であり、中高齢者においては重心移動 FR テストよりも実施上の問題が少なく、汎用性の高い有用な方法となる可能性がある。

キーワード：バランス調整能, ファンクショナル・リーチテスト, 中高齢者

I. はじめに

2015年に第1次ベビーブーム世代(団塊の世代)が、前期高齢者(65～74歳)となり、10年後の

2025年には、高齢者人口が約3,500万人(人口比約30%)に達すると予想されている¹⁾。2025年に向けて、取り組まなければならない課題は、健康寿命の延長である。日常的に介護を必要とせず、自立した生活を保つためには、体力・運動能力を出来る限り年相応に、あるいは年齢以上のレベル

1 神戸女子大学 健康福祉学部 健康スポーツ栄養学科

2 京都学園大学 健康医療学部 健康スポーツ学科

に維持することが重要である。中高齢者の場合、歩いているときに不意につまずいたり、転けそうになることはよくあるが、からだの重心が保たれ、バランス調整能が高ければ、転倒を防ぐことが可能である。

著者らは、高齢者の転倒予防策を体力面から模索したいと考え、高齢者の立位姿勢保持能に着目した研究を継続してきた^{2,7)}。木村らは、高齢者を対象に種々の体力要素と転倒の調査⁸⁾を行い、年間を通して転倒の発生はあるものの、転倒の有無に体力との関係はなく、それよりも普通の生活で「つまずき」や「ふらつき」をよく経験する者の体力が低下していることを報告し、不意に起こる転倒やバランスの乱れに対して、下肢筋力や身のこなしなど姿勢を立て直す復元力が備っていれば、どんな場面でも転ばないですむ可能性が高くなる事を指摘している。

高齢者の転倒予防策を考える上で、信頼性が高く、特別な機器を使わずに、簡単に測定できるバランス調整能の指標が必要である。著者らはこれまで、静的あるいは動的なバランス調整能の指標として開眼・閉眼片足立ち^{2,4)}や重心動揺の測定^{5,7)}、並びに Duncan ら^{9,10)}が開発したファンクショナル・リーチテスト (FR) を実施してきた¹¹⁾。従来から多くの研究者が用いている閉眼片足立ちについては、後期高齢者になるとほとんど立っていることができず、測定精度を欠くことから、開眼片足立ちを用いることが多い。著者らは Duncan らの考案した、立位姿勢から片手を前にあげ、可能な限り身体を前傾させながら、腕をできるだけ前方にのぼし、手が移動した距離 (cm) を測定する片手 FR テストと、両腕を水平に挙げて棒を持ち、身体を前傾させて両手 (棒) が移動する距離 (cm) を測定する両手 FR テストを実施していく中で、重心を前に移動できない者や腕

をほとんど前に伸ばすことができない者がいるため、この2種類の方法に加えて、従来から著者らが動的バランス調整能の指標として用いてきた重心動揺の A-P% の測定法と同じ動きを再現した、重心移動 FR テストを実施した。なお、A-P% の測定法とは、重心動揺計による重心位置の前方向への移動 (A-C%)、重心位置の後方への移動 (C-P%) を測定し、A-C% と C-P% の合計値、すなわち身体の支持基盤の大きさ (A-P%) を算出する方法である。

本研究は、中高齢者の体力要素や運動能力のひとつである姿勢保持能力の低下や転倒の要因を探る手掛かりを得ることを目的に、これまで著者が実施してきた開眼・閉眼片足立ちや重心動揺の測定と同時に3種類のFRテストを行い、特に動的バランス調整能の指標としての3種類のFRテストの信頼性と有効性について検討した。

II. 方法

1. 対象者

対象者は、京都市内に在宅し、京都市が主催する高齢者の歩こう会や健康づくり事業に参加する年齢 60~89歳の男女242名 (男性72名, 女性170名)、調査期間は平成11年 (1999年) 6月~12月である。本研究では、中枢神経系及び運動器系の既往歴があり、バランス調整能が著しく損傷されている者を対象者から除いた。本研究計画については、京都府立医科大学倫理審査委員会の承認を受けた上で、対象者に文章と口頭で研究の意義、目的、方法、測定協力の自由、個人情報への守秘、測定結果の扱い方等を詳細に説明した後、協力の同意を得た者を被験者とし、測定を行った。

2. 体格と体力診断バッテリーテストの測定

体格については、身長並びに体重を測定し、BMI を算出した。体力測定については、従来か

ら著者らが用いている、①平衡性：開眼・閉眼片足立ち、②敏捷性：座位ステッピング（以下ステッピングと略）、③柔軟性：長座位体前屈と箱押し体前屈、④瞬発力・下肢筋力：垂直跳び、⑤下肢の筋持久力：チェアスタンド、⑥上肢筋力：握力、⑦持久力：シャトルスタミナウォークテスト（以下 SSTw と略）からなる 7 種 9 項目の体力診断バッテリーテストを実施した。なお、片足立ちの測定の打ち切り時間は、閉眼60秒、開眼120秒を原則とし、それ以上続けられる場合は閉眼120秒、開眼180秒を上限とした。開眼・閉眼片足立ちの測定と垂直跳びの測定には、測定中のふらつきや転倒を防止するために補助者を後ろにつけて実施した。また、SSTw は歩行による持久性評価として屋内の10 m の区間を3分間できるだけ速く歩いて、その距離を測定するもので、測定途中で身体に違和感があるときは、無理せず出来るだけ早く中止するように指示した。チェアスタンドは、30秒間に椅子から何回立ち上がれるか、その回数を数えるもので、日常生活で膝や脚に痛みのある者は測定を行わないように、また、測定途中で膝等の痛みを少しでも感じる事があれば測定を中止した。

3. 3種類のファンクショナル・リーチテストの測定

最初に、Duncan ら^{9,10)}が開発したファンクショナル・リーチテスト（以下片手 FR テストとする）を実施した（図1）。片手 FR テストは、直立姿勢で立ち、壁側にある腕を水平にまっすぐ前方にあげ、スケール0点に手先を合わせてから、できるところまで前傾し、重心を前に移動させて、手の移動した距離（cm）を測定した。壁の反対側にある腕は大腿部前面につけて身体が開くのを防いだ。次の両手 FR テスト（図2）は、棒反応時間の測定に使う棒を両手で握り、棒をゆっくり前

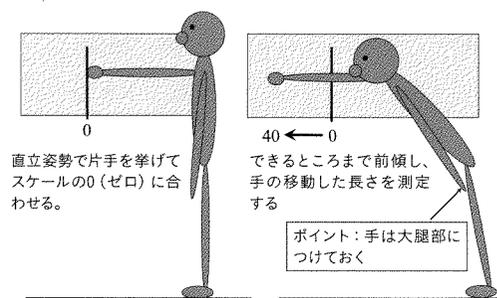


図1 片手 FR テスト

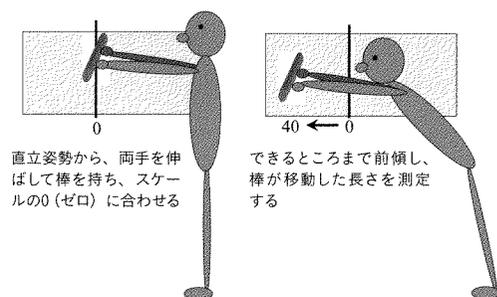


図2 両手 FR テスト

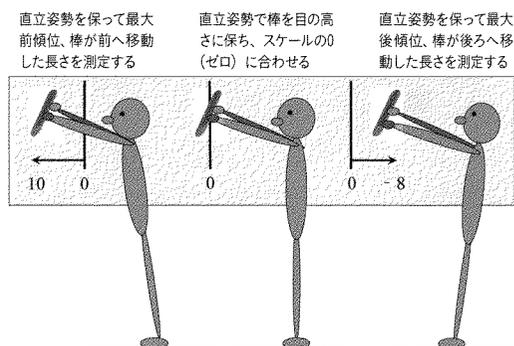


図3 重心移動 FR テスト

に押し出すイメージで、できるところまで前傾して重心を前に移動させ、棒が移動した距離を測定した。最後の FR テスト（図3）は、重心動揺計で重心を最前傾位及び最後傾位に移動する A-P% の測定方法を応用し、棒（棒反応時間測定用）を両手で握り、そのまま両腕を目の高さに挙げてスケールのゼロに合わせてから、できるだけ腰を曲げないように注意して、直立位の姿勢を保ったま

ま重心を足のつま先方向に移動させ、最大前傾位での棒の移動距離を測定する（以下重心移動FR前とする）。再び重心をもとに戻してから、今度は背中を反らせないように注意して最大後傾位での棒の移動距離を測定した（以下重心移動FR後とする）。重心移動FR前と重心移動FR後の移動距離の測定値を合計し、重心移動の前後の距離とした（以下重心移動FR前後計とする）。FRテストの測定には他の体力測定同様に補助者をつけ、被験者が倒れないように注意を払った。測定はいずれも3回実施し、その平均値を算出した。

4. 重心動揺の測定

重心動揺計は、被検者の重心を垂直に足底に投影し、重心位置に当たる足圧中心点（center of pressure：以下COPと略）の動揺（移動）を電気信号変化として出力する足圧検出装置である。本研究では、被験者を重心動揺計 Parella S510（（株）サカモト，埼玉，日本）の上にロンベルグ姿勢（直立で両足の内側縁をつけて、腕を自然に体側に置く姿勢）で楽に立たせ、開眼の場合は3 m 前方の視標を注視させた。

測定は図4に示すように、始めに20秒間の開眼直立姿勢を行い、次いで閉眼直立姿勢で20秒間の測定を実施した。各測定は過渡的な動揺が消失した時点より開始した。重心動揺のパラメーターとして、足圧中心の累積移動距離を算出した重心動

揺軌跡長（以下軌跡長と略）、最大左右径と最大前後径の積から算出した矩形面積である重心動揺面積（以下面積と略）、踵からつま先までの足長を100%（踵を0、爪先を100）として、踵から足圧中心点までの距離を割合で示した重心位置（以下G%と略）を算出した。

直立位の測定に続いて、膝や腰を曲げないように注意しながら姿勢を最大前傾位と最大後傾位で10秒間保持し、その間の重心位置（COP）の移動を測定した。直立位から徐々に前傾し、最大前傾位で10秒間姿勢を保持し、その重心位置の前方向への移動（以下A-C%と略）を測定した。次いで、直立位の姿勢に戻った後、今度は直立位から徐々に後傾し、最大後傾位で10秒間姿勢を保持し、重心位置の後方への移動（以下C-P%と略）を測定した。A-C%とC-P%の合計値、すなわち、足長を100%としたときに足の位置を変えないで姿勢を前後方向へ動かして、身体の支持基盤の大きさ（以下A-P%と略）を算出した。A-P%は動的なバランス調整能を評価するもので、どれだけバランスを崩さずに重心を前後に移動することができるかを示すものである。

5. 統計処理

分析には統計ソフトSPSS 6.1 J for the Macintosh（IBM，イリノイ州シカゴ，米国）を使用した。計量データに関しては、男女別、年齢階級（10歳間隔）別に平均値と標準偏差を算出し、年齢群間差は分散分析法を用い、男女間差は Student t-test で検定した。また、各2変数間の関連は Pearson の積率相関を用いて検討した。なお、統計的な有意水準は $p < 0.05$ とした。

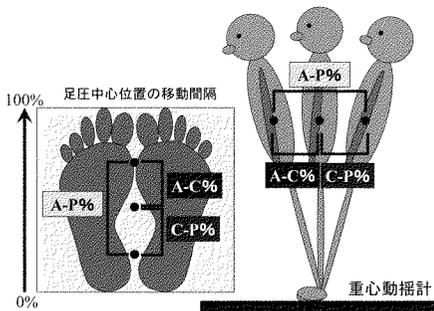


図4 重心動揺計を用いた動的バランス能

Ⅲ. 結果

1. 被験者の体格と体力測定の結果（バランス調整能の指標を除く）

表1には、年齢、身長、体重、BMI及び片足立ちテストを除く体力診断バッテリーテストの成績を男女別、年齢階級別（10歳間隔）の平均値と標準偏差及び各変数の年齢群間差と年齢との相関を示すとともに、それぞれについての検定結果と男女差の検定結果を併記した。

被験者の体格について、身長は男女共に加齢に伴い低下し、年齢群間差、年齢との相関はいずれも統計学的に有意であった。体重は、男性においては加齢に伴い有意に低下したが、女性では有意な低下を認めなかった。BMIについては男女共に加齢変化を示さなかった。

一方、バランス調整能の指標を除く被験者の体

力の成績は、男性が長座位及び箱押し体前屈を除く項目で、女性においてはすべての項目で加齢低下を認めた。また、男性は箱押し体前屈を除く項目で、女性は長座位及び箱押し体前屈を除く項目で、年齢群間差において有意な差を認めた。さらに、ステップング及びチェアスタンドを除くすべての項目で男女差を認め、柔軟性は女性が、筋力や持久力は男性が高値を示した。女性の体前屈については年齢群間差を認めないものの、全体で長座位が12.8±7.2 cm、箱押しが39.8±8.7 cmであったが、男性の結果は長座位が3.8±10.3 cm、箱押しが33.3±15.2 cmと明らかに女性よりも低値を示した。

筋力や持久力は加齢低下を示すが、男性が女性に比べて高値を示し、全体で垂直跳びが30.4±8.0 cm、握力が36.0±6.3 kg、女性の垂直跳びは22.4

表1 対象者の年齢と体格および体力の成績

	年齢群	Mean ± SD				年齢群間差	年齢との相関	性差
		60~69	70~79	80~89	Total			
[男性]		n=26	n=32	n=14	n=72			
年齢	(歳)	65.8±2.4	73.9±3.0	83.8±3.0	72.9±7.1	***		
身長	(cm)	165.1±5.9	162.8±6.3	158.9±4.9	162.8±6.2	**	-0.409	*** ***
体重	(Kg)	61.1±7.6	59.5±8.6	54.0±8.8	59.0±8.5	*	-0.366	*** ***
BMI		22.4±2.2	22.4±2.8	21.4±3.0	22.2±2.7		-0.185	
ステップング	(回/20秒)	36.2±3.8	34.1±7.2	30.1±5.6	34.1±6.2	*	-0.340	**
長座位体前屈	(cm)	5.0±12.0	2.7±8.9	3.8±10.3	3.8±10.3	*	-0.069	***
箱押し体前屈	(cm)	37.4±15.5	29.9±12.1	33.6±19.7	33.3±15.2		-0.104	***
垂直跳び	(cm)	35.7±6.4	29.6±6.4	22.5±7.1	30.4±8.0	***	-0.573	*** ***
握力	(Kg)	39.7±5.7	35.2±5.4	31.1±5.3	36.0±6.3	***	-0.493	*** ***
SSTw	(m/180秒)	313.5±36.2	278.6±39.0	244.7±31.4	284.6±44.1	***	-0.648	*** ***
チェアスタンド	(回/30秒)	25.4±6.5	23.0±6.6	18.4±4.5	22.9±6.6	**	-0.395	***
[女性]		n=70	n=84	n=16	n=170			
年齢	(歳)	64.9±2.6	73.6±2.9	81.5±1.9	70.8±6.0	***		
身長	(cm)	152.4±4.3	149.9±4.7	148.2±4.8	150.8±4.7	***	-0.292	*** ***
体重	(Kg)	52.2±6.3	50.8±5.8	49.5±6.4	51.3±6.1		-0.203	** ***
BMI		22.5±2.8	22.6±2.5	22.6±3.1	22.6±2.6		-0.048	
ステップング	(回/20秒)	35.4±4.4	33.3±5.4	32.2±4.3	34.1±5.0	**	-0.270	***
長座位体前屈	(cm)	13.3±7.4	13.0±6.9	9.4±7.1	12.8±7.2		-0.153	* ***
箱押し体前屈	(cm)	41.6±8.2	38.8±9.0	37.3±8.3	39.8±8.7		-0.229	*** ***
垂直跳び	(cm)	26.4±5.5	20.3±5.6	16.0±5.8	22.4±6.6	***	-0.576	*** ***
握力	(Kg)	25.0±4.1	21.4±4.3	19.6±3.3	22.7±4.6	***	-0.501	*** ***
SSTw	(m/180秒)	280.9±26.6	253.2±24.4	229.1±36.6	262.3±31.4	***	-0.557	*** ***
チェアスタンド	(回/30秒)	23.4±5.7	21.5±4.7	20.1±4.0	22.1±5.2	*	-0.239	***

* p<0.05

** p<0.01

*** p<0.001

±6.6 cm、握力は 22.7 ± 4.6 kgであった。また、持久力を示すSSTwも加齢低下は明らかで、全体では男性が 284.6 ± 44.1 m/180秒、女性が 262.3 ± 31.4 m/180秒であった。30秒間のチェアスタンドは男女差を認めないものの、全体では男性が 22.9 ± 6.6 回/30秒、女性で 22.1 ± 5.2 回/30秒であった。

2. バランス調整能の指標の結果

表2には、バランス調整能の指標として採用した開眼・閉眼での片足立ちテスト、3種類のFRテストの成績及び重心動揺計を用いて測定したA-C%、C-P%、A-P%の成績を男女別に示した。また、表3には、男女別に各平衡性指標間の相関を示した。

開眼・閉眼片足立ちテストの成績は、男女共に加齢による著しい低下を示し、年齢群間差において有意な差を認めた。閉眼片足立ちについて、60歳代で男性 18.0 ± 20.0 秒、女性 13.8 ± 22.5 秒であったものが、80歳代で男性 3.1 ± 1.7 秒、女性 6.0 ± 5.9 秒となった。一方、開眼片足立ちは、男女共に60歳代で1分以上を保持できていたが、80歳代では男性36.8秒、女性17.6秒まで低下し、他の体力要素と比べても、その低下は著しかった。開眼片足立ちと片手FRテストとの相関は、男性で $r=0.496$ 、女性で $r=0.269$ 、また、両手FRテストとの相関は、男性で $r=0.487$ 、女性で $r=0.316$ であった。

片手FRテストと両手FRテストの成績も片足立ちテストと同様な傾向を示し、60歳代の男性で片手が 46.1 ± 7.7 cm、両手が 43.9 ± 6.3 cmであったものが、70歳代で片手 40.2 ± 6.6 cm、両手 40.2 ± 5.8 cm、80歳代で片手 38.9 ± 7.8 cm、両手 37.1 ± 7.6 cmまで低下し、年齢群間差、年齢との相関も統計学的に有意であった。男性と同様な変化は女性にもみられ、年齢及び年齢群間差において

有意な低下を認め、また女性は男性よりも有意に低値を示した。片手FRテストと両手FRテストとの相関は、男性で $r=0.786$ 、女性で $r=0.757$ と高かった。

重心移動FRテストについて、重心移動FR後は男女共に加齢変化を認めなかった。重心移動FR前後計の結果は、重心移動FR前の加齢低下を反映するもので、男性 $r=0.895$ 、女性 $r=0.850$ の高い相関を認めた。

重心動揺計を用いて測定したA-C%、C-P%、A-P%の成績は、重心移動FRテストと同様な動きを用いた測定であるため、同じ加齢変化を捉えることが予想され、A-P%でみられた有意な低下はA-C%の影響を受けるものである。A-P%とA-C%の相関は男性 $r=0.888$ 、女性 $r=0.881$ であった。

重心移動FR前後計とA-P%との関係については、男性 $r=0.603$ 、女性 $r=0.628$ の高い相関を認めた。また、重心移動FR前とA-C%の間には、男性 $r=0.579$ 、女性 $r=0.525$ 、重心移動FR後とC-P%の間には、男性 $r=0.345$ 、女性 $r=0.435$ の相関があった。

3. 平衡性指標と体力要素との相関

表4には、各平衡性指標と体力要素相互間の相関を男女別に示した。男性における片手FRテストと両手FRテストの成績は、下肢筋力の強さに関連する垂直跳びやチェアスタンド、持久性を示すSSTwや敏捷性のステップングとの間に有意な相関を示した。重心移動FR前後計は、握力が最も高い相関を示し、垂直跳び、SSTw、チェアスタンドの相関係数は、片手及び両手FRテストの値よりも低かった。開眼片足立ちは片手FRテストと同じ傾向を示し、男女共に体前屈を含むすべての体力要素と有意な相関を示し、特に垂直跳びやSSTwとの相関係数が高かった。重心動揺

表 2 対象者の平衡性指標の成績

						Mean ± SD		
年齢群	60~69	70~79	80~89	Total	年齢群間差	年齢との相関	性差	
[男 性]								
	n=26	n=32	n=14	n=72				
開眼片足立ち (秒)	77.6 ± 48.1	56.8 ± 44.3	36.8 ± 39.7	60.4 ± 46.7	*	-0.366	***	
閉眼片足立ち (秒)	18.0 ± 20.0	9.5 ± 13.8	3.1 ± 1.7	11.3 ± 16.0	**	-0.364	***	
片手FRテスト (cm)	46.1 ± 7.7	42.0 ± 6.6	38.9 ± 7.8	42.9 ± 7.6	**	-0.365	*** **	
両手FRテスト (cm)	43.9 ± 6.3	40.2 ± 5.8	37.1 ± 7.6	41.0 ± 6.8	**	-0.400	*** **	
重心移動FR前 (cm)	17.0 ± 5.1	15.0 ± 3.9	12.1 ± 3.5	15.2 ± 4.6	*	-0.408	*** **	
重心移動FR後 (cm)	7.0 ± 3.5	6.8 ± 2.6	4.9 ± 2.3	6.5 ± 3.0		-0.247	* *	
重心移動FR前後計 (cm)	24.0 ± 7.3	21.8 ± 5.1	17.0 ± 4.1	21.6 ± 6.3	**	-0.416	*** ***	
A-C % (%)	28.9 ± 5.4	26.2 ± 6.4	20.2 ± 7.9	26.0 ± 7.0	***	-0.508	*** *	
C-P % (%)	16.2 ± 3.9	14.7 ± 4.7	13.0 ± 4.7	14.9 ± 4.5		-0.246	* *	
A-P % (%)	45.1 ± 7.4	40.9 ± 8.2	33.1 ± 10.9	40.9 ± 9.4	***	-0.497	*** *	
[女 性]								
	n=70	n=84	n=16	n=170				
開眼片足立ち (秒)	77.6 ± 42.5	37.1 ± 36.1	17.6 ± 28.3	51.9 ± 44.1	***	-0.542	***	
閉眼片足立ち (秒)	13.8 ± 22.5	6.9 ± 7.2	6.0 ± 5.9	9.6 ± 15.8	*	-0.252	***	
片手FRテスト (cm)	43.0 ± 7.0	38.0 ± 6.3	33.0 ± 9.7	39.6 ± 7.6	***	-0.433	*** **	
両手FRテスト (cm)	41.5 ± 6.3	36.2 ± 5.3	33.3 ± 8.3	38.1 ± 6.7	***	-0.495	*** **	
重心移動FR前 (cm)	14.5 ± 4.3	12.5 ± 4.8	10.0 ± 3.5	13.1 ± 4.7	***	-0.306	*** **	
重心移動FR後 (cm)	5.7 ± 3.0	5.7 ± 2.9	4.2 ± 2.6	5.5 ± 2.9		-0.112	* *	
重心移動FR前後計 (cm)	20.2 ± 5.5	18.2 ± 5.2	14.2 ± 4.2	18.6 ± 5.5	***	-0.320	*** ***	
A-C % (%)	26.4 ± 7.5	22.3 ± 7.0	16.8 ± 5.9	23.4 ± 7.6	***	-0.406	*** *	
C-P % (%)	15.6 ± 4.7	13.1 ± 5.1	10.3 ± 3.6	13.8 ± 5.1	***	-0.371	***	
A-P % (%)	41.9 ± 9.9	35.3 ± 9.3	27.1 ± 5.7	37.3 ± 10.3	***	-0.483	*** *	

* p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001

表 3 平衡性指数の相関

年 齢	年 齢	片手	両手	重心移動	重心移動	重心移動	開 眼	閉 眼	重心位置の移動		
		FRテスト	FRテスト	FR前	FR後	FR前後計	片足立ち	片足立ち	A - C %	C - P %	A - P %
		-0.365	-0.400	-0.408	-0.247	-0.416	-0.366	-0.364	-0.508	-0.246	-0.497
		**	***	***	*	***	**	**	***	*	***
片手FRテスト	-0.433		0.786	0.272	0.248	0.316	0.496	0.193	0.386	0.275	0.420
	***		***	*	*	**	***		***	*	***
両手FRテスト	-0.495	0.757		0.329	0.345	0.405	0.487	0.175	0.427	0.250	0.438
	***	***		**	**	***	***		***	*	***
重心移動FR前	-0.306	0.174	0.165		0.344	0.895	0.298	0.195	0.579	0.253	0.553
	***	*	*		**	***	**		***	*	***
重心移動FR後	-0.112	0.023	-0.007	-0.002		0.727	0.222	-0.052	0.339	0.345	0.418
	***					***	*		**	**	***
重心移動FR前後計	-0.320	0.160	0.136	0.850	0.525		0.324	0.117	0.585	0.349	0.603
	***	*	*	***	***		**		***	**	***
開眼片足立ち	-0.542	0.269	0.316	0.204	0.061	0.206		0.327	0.436	0.285	0.462
	***	***	***	**		**		**	***	**	***
閉眼片足立ち	-0.252	0.100	0.187	0.016	0.086	0.059	0.321		0.216	0.087	0.203
	***		**				***		*		*
A - C %	-0.406	0.299	0.210	0.525	0.203	0.554	0.346	0.118		0.297	0.888
	***	***	**	***	**	***	***			**	***
C - P %	-0.371	0.220	0.216	0.252	0.435	0.444	0.307	0.185	0.289		0.703
	***	**	**	***	***	***	***	**	***		***
A - P %	-0.483	0.329	0.261	0.512	0.365	0.628	0.407	0.178	0.881	0.707	
	***	***	**	***	***	***	***	*	***	***	

* p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001 右上段：男性
左下段：女性

表4 平衡性指数と体力要素の相関

	ステッピング	長座位体前屈	箱押し体前屈	垂直跳び	握力	SSTw	チェアスタンド
[男性]							
片手FRテスト	0.369 **	0.223 *	0.357 **	0.482 ***	0.386 ***	0.552 ***	0.522 ***
両手FRテスト	0.316 **	0.161	0.267 *	0.526 ***	0.398 ***	0.577 ***	0.497 ***
重心移動FR前	0.054	0.194	0.129	0.267 *	0.352 **	0.366 **	0.330 **
重心移動FR後	0.129	0.244 *	0.143	0.275 *	0.355 **	0.238 *	0.195
重心移動FR前後計	0.101	0.258 *	0.163	0.326 **	0.426 ***	0.381 ***	0.334 **
開眼片足立ち	0.371 **	0.334 **	0.289 **	0.513 ***	0.296 **	0.523 ***	0.399 ***
閉眼片足立ち	0.175	0.112 **	0.165	0.266 *	0.198 *	0.293 **	0.230 *
A - C%	0.250 *	0.149	0.090	0.456 ***	0.303 **	0.494 ***	0.354 **
C - P%	0.325 **	0.138	0.131	0.271 *	0.370 **	0.315 **	0.328 **
A - P%	0.343 **	0.177	0.130	0.470 ***	0.404 ***	0.520 ***	0.422 ***
[女性]							
片手FRテスト	0.181 **	0.244 **	0.246 **	0.375 ***	0.307 ***	0.501 ***	0.243 **
両手FRテスト	0.219 **	0.228 **	0.302 ***	0.34 ***	0.309 ***	0.473 ***	0.177 **
重心移動FR前	0.142 *	0.089	0.157 *	0.26 ***	0.243 **	0.207 **	0.202 **
重心移動FR後	0.065	0.001	0.014	0.045	0.001 **	0.142 *	0.083
重心移動FR前後計	0.155 *	0.076	0.141 *	0.245 **	0.208 **	0.251 ***	0.215 **
開眼片足立ち	0.37 ***	0.073	0.157 *	0.473 ***	0.452 ***	0.513 ***	0.245 **
閉眼片足立ち	0.196 **	0.104	0.08	0.274 ***	0.173 *	0.302 ***	0.101 *
A - C%	0.226 **	0.210 **	0.224 **	0.354 ***	0.337 ***	0.418 ***	0.3 **
C - P%	0.254 ***	0.117	0.152 *	0.324 ***	0.14 *	0.309 ***	0.057 ***
A - P%	0.293 ***	0.212 **	0.24 **	0.421 ***	0.318 ***	0.461 ***	0.25 **

* p<0.05

** p<0.01

*** p<0.001

の A-P%についても体前屈を除く項目と有意な相関を認めた。女性においても片手FRテストと両手FRテストの成績は、垂直跳びやチェアスタンド、SSTw、ステッピングとの間に有意な相関を示した。重心移動FR前後計は、SSTwが最も高い相関を示し、垂直跳び、SSTwの相関係数は、片手及び両手FRテストの値よりも低く、チェアスタンドの相関係数に限っては片手FRテストの

値よりも低かった。片手FRテスト、両手FRテスト並びに重心動揺のA-P%は、すべての体力要素と有意な相関を示した。

4. 3種類のFRテストとA-P%の加齢変化

図5には、3種類のFRテストとA-P%の加齢変化を、60歳群を100%として示した。片手及び両手のFRテストは男女共に60歳代から80歳代まで、ほぼ直線的に低下し、80歳代では60歳代と比

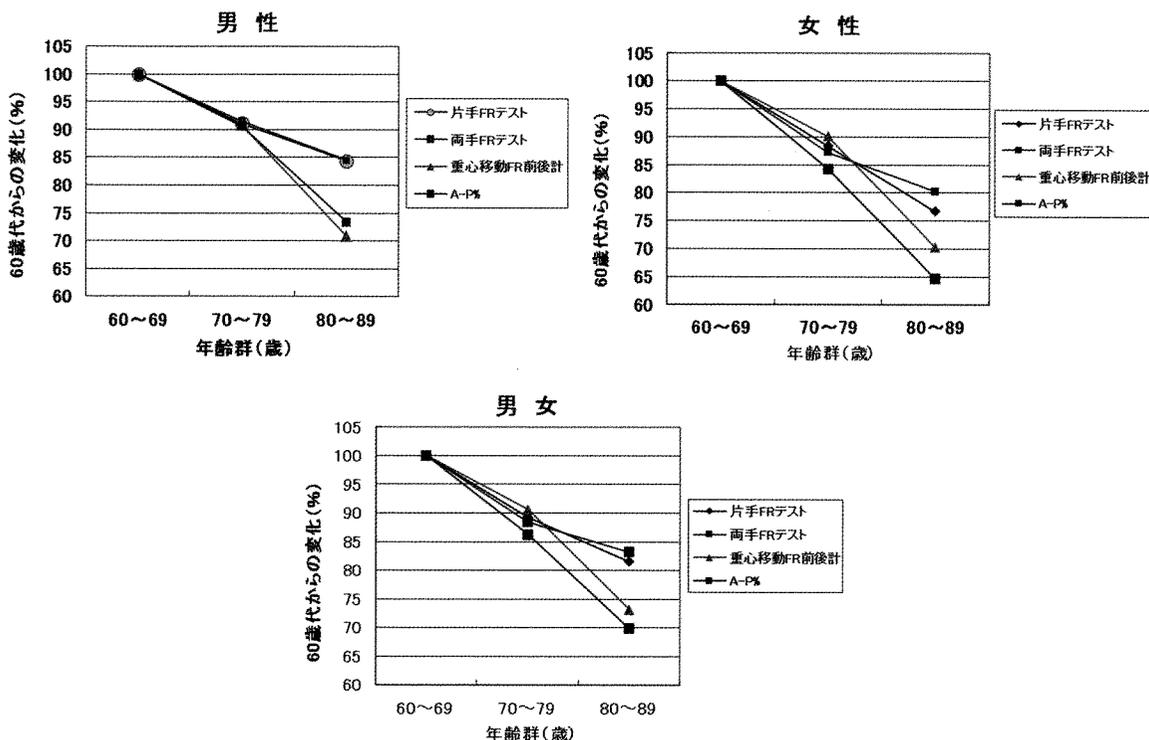


図5 3種のFRテストとA-P%の加齢変化

べて約15~20%の低下を認めた。それに対して、重心移動FR前後計とA-P%は、70歳代までは片手及び両手FRテストとほとんど同じ割合で低下するが、80歳代ではその低下の割合が大きく、約25~30%の低下を示した。

IV. 考察

著者らはこれまで高齢者の転倒予防策を体力面から探りたいと考え、高齢者の立位姿勢保持能に着目した検討を行ってきた。高齢者における体力や運動能力の加齢変化にはいろいろなパターンがあり、20歳代を基準として、50歳代まではなだらかに低下し、60歳代から急激に低下するものや、20歳代から80歳代までほぼ直線的に低下し、特に

バランス調整能のように70歳以降では20歳代の10%以下にまで低下するものがある²⁾。

高齢者の立位姿勢保持能の低下は、下肢筋力や平衡機能（バランス調整能）の著しい低下によって引き起こされ、この低下によって転倒の可能性が高くなることが観察されている²⁻⁴⁾。歩いているときに不意につまずいたり、転けそうになることがある。からだの重心が保たれていると転倒を防ぐことができるが、重心がからだの支持面よりも外れると転倒が起こる。実際に転倒が引き起こされるような外乱を人工的につくり出し、どのように転倒を回避するかについての分析は、転倒の危険性を予測する上で有効である。具体的には、高齢者が予測できないタイミングで負荷を受け、

バランスを失って転けそうなとき、それを補正する姿勢調整能力や立ち直る復元力で評価する。岡田ら¹²⁻¹⁴⁾は、加速度水平移動台を用いて、台の上に立っている被験者に瞬時的に台を前方向に移動させ、バランスを喪失させた後の復元力を足圧中心動揺の波形変動(動揺距離)と応答時間から評価した。外乱直後の復元力は、加齢とともに低下するが、過去に転倒経験の有る者と無い者とは、転倒経験のある者の復元力が明らかに劣ることを報告している。さらに、Nashnerら¹⁵⁾は、外乱に対する姿勢制御には、足関節と膝関節の2種類の制御があることを報告している。後方への転倒は、まず前脛骨筋の働きで足関節を背屈させ、次に大腿四頭筋や体幹前面の筋を使って重心を前方へ移動させて転倒を回避しようとする。それでも後方へ倒れそうになれば、頭部や上肢を前に突き出し、股関節を屈げて臀部を後方へ突き出す股関節制御を行う。足関節制御は重心が支持基底面の中にあるときに働き、重心が基底面からはずれると股関節制御へと変化する。また、Kanehisaら¹⁶⁾は安静時の直立姿勢においては抗重力筋がわずかに働いて姿勢を正常に保っているが、姿勢が前傾すると、身体の前部にある腸腰筋や大腿四頭筋、後部にある大腿二頭筋や下腿三頭筋等が働き始めることを報告している。前傾姿勢がさらに深くお辞儀をするような姿勢になると、大腿四頭筋の働きは徐々に弱まり、大臀筋や小臀筋を含めた身体背面の筋肉が主働筋として働く。逆に、後傾では前脛骨筋が緊張するが、後傾姿勢がさらに大きくなると腹直筋や腸腰筋、さらに大腿四頭筋が主に働いて姿勢を維持することを認めている。

被験者の片手FRテストと両手FRテストの成績は共に、下肢筋力の強さに関連する垂直跳びやチェアスタンド、持久性を示すSSTwや敏捷性のステッピングとの間に有意な相関を示し

た。重心移動FR前後計も、垂直跳び、SSTw、チェアスタンドと相関するが、その関係は片手及び両手FRテストよりも低かった(女性の両手FRテストに対するチェアスタンドを除く)。片手FRテストや両手FRテストは、腕を上げて上半身を傾けながら重心を前に最大限かけるため、Kanehisaら¹⁶⁾が報告しているように身体の前部にある腸腰筋や大腿四頭筋、後部にある大腿二頭筋や下腿三頭筋を最大限使ってバランスを保とうとしているため、重心移動FR前後計のテストより片手FRテストや両手FRテストは、下肢筋力の働きを適切に捉えるものであった。

Lynnら¹⁷⁾は、高齢者特有の円背姿勢は足関節制御に必要な下腿部の筋肉を瞬時かつ円滑に活用できず、主に股関節制御で姿勢を維持することを報告している。また、高齢者の前屈み姿勢は、四肢、脊椎、骨盤に関係する筋肉や関節の硬直が関係している¹⁸⁾。被験者の開眼片足立ちは片手FRテストと同じ傾向を示し、男女共に体前屈を含むすべての体力要素と有意な相関を示し、特に垂直跳びやSSTwとの関係が高かった。片足立ちテストは、少し前屈みな姿勢で片足をわずかに前に出して立ち、頭部の重さも加わって、股関節部から体幹が前傾し、重心が前方にかかる、膝を曲げ、骨盤を後方へ傾けてバランスを保とうとする運動である。高齢者が行う開眼片足立ちは、主に股関節を中心に下肢筋力を使って姿勢を維持するもので、測定形式は異なるが、使う筋肉等は片手あるいは両手FRテストと似ている。また、開眼片足立ちと片手FRテストとの相関は、男性で $r=0.496$ 、女性で $r=0.269$ で、男性のA-P%や重心移動FRテストと女性の重心移動FRテストより高く、開眼片足立ちと両手FRテストとの相関は、男性で $r=0.487$ 、女性で $r=0.316$ で、男女共にA-P%や重心移動FRテストより高かった。金ら¹⁹⁾は、

転倒ハイリスク高齢者の身体的特徴は、下肢筋力が弱いことと動的バランス調整能が悪いことを報告している。

加藤ら²⁰⁾は下肢の筋組織における加齢変化について、足底屈筋と足背屈筋の筋厚を調べ、足底屈筋では20歳代と50歳代の間に有意差がみられたのに対し、足背屈筋には差がないことを認めた。また、筋力を体質量当たりでみた膝伸筋力、足底屈力及び足背屈力(N/kg)について、いずれの筋群も体質量の低下以上に筋力の低下が著しく、その中でも膝伸筋力の%低下が最も著しいことを報告している。著者らも、下肢筋力の指標である膝関節の伸展力、足関節の底屈力と背屈力を測定し、バランス調整能との関係を調べた²¹⁾。立位姿勢の安定性にどんな筋肉が関わっているかについては、これまで種々の報告^{16,22)}がなされているが、測定されたそれぞれの下肢筋力は、大腿四頭筋を主動筋とした膝伸展力、母指外転筋や下腿三頭筋を主動筋とした足底屈力、前脛骨筋を主動筋とした足背屈力である。下肢筋力とバランス調整能との関連では、膝伸展力が250 N、足底屈力が400~500 N、足背屈力が150~200 N以下になるとバランス調整能が低下することを認めた。年齢からすると、その低下が始まるのはほぼ60~65歳であった。バランス調整能のうち、開眼片足立ちの成績と膝伸展力とは $r=0.52$ 、足底屈力とは $r=0.42$ の有意な相関があり、それらは重心位置を積極的に前後方向にシフトさせた時のA-P%の相関値よりも高かった。膝伸展力が250 N以下、足底屈力が400 N以下になると開眼片足立ちの成績が悪くなった。

開眼・閉眼片足立ちは静的バランス調整能を、FRテストは動的バランス調整能を示す指標とされている。FRテストを考案したDuncanら⁹⁾は、歩行動作や様々な活動において、腕や脚の動

きが全体的な歩行姿勢や動作を安定させる要因であり、若年者に比べて高齢者は、運動効率の低下や運動に対する神経筋活動の遅延などが生じることを指摘している。被験者の片手FRテストと両手FRテストとの相関は、男性で $r=0.786$ 、女性で $r=0.757$ と高く、どちらの方法でも同様な結果が得られるが、片手FRテスト実施の際、腰を引くようにして重心を前に移動できない者や反対側の肩を後ろに回して腕をほとんど前に伸ばすことができない者がいるため、両手FRテストを行った。片手FRテストが容易に出来ない場合は両手FRテストを用いることが適当である。Paltaら²³⁾は、片手FRテストと足圧中心の移動範囲との相関は高い値を示すが、片手FRテストは重心移動範囲の直接的な尺度とみなすべきではないとしている。その理由として、片手FRテストの測定にいくつかの要因が影響し、例えば、高い身長、重度の認知障害、極度の脊柱変形や上肢の機能制限、腕や脚を支持できず、少しの重心移動も維持できない虚弱な高齢者では安定した評価が得られないと説明している。被験者の重心移動FR前後計とA-P%の間には、男性 $r=0.603$ 、女性 $r=0.628$ の高い相関を認めており、今回導入した重心移動FRは、重心動揺のA-P%の測定を反映するものであり、簡便に動的なバランス調整力を評価することができる。重心動揺の測定は、特別な機械を用いて測定するため、多くの人数に対応できるものではなく、重心移動FRテストはフィールドでは有用な動的バランス調整能の指標と考えられる。

中高齢者における動的バランス調整能の指標である片手あるいは両手FRテストは、これまで著者らが用いてきた開眼片足立ちの測定を反影したものであることが認められた。図5に示すように、片手FRテスト、両手FRテスト、重心移動FR

テスト、A-P%、この4種類の加齢変化を比べた場合、60歳代から70歳代までの、この4種類の低下は変わらないが、80歳代になる重心移動FRテストやA-P%の加齢低下は明らかに大きくなり、実施上の問題が少なく、有用な方法は片手あるいは両手FRテストであり、汎用性の高いバランス調整能の測定である可能性が示唆された。

本研究は限られた地域の集団を対象にし、サンプルサイズが少ないため、十分な評価ができなかったかもしれない。また、本研究のデータは約20年前に実施した測定値を使用している。スポーツ庁の報告²⁴⁾によると、新体力テスト施行後の19年間における高齢者の体力・運動能力調査の年次推移は、握力、上体起こし、長座体前屈、開眼片足立ちなど、ほとんどの項目及び合計点で向上傾向を示しており、本対象者においても現在の高齢者に比べて体力値が低い可能性が考えられる。しかし、測定方法が同じであれば、測定評価は変わらないため、本研究のように古いデータを用いても有用な資料になると考える。動的バランス調整能の指標としての3種類のFRテストの信頼性と有効性を明らかにするには、今後、環境が異なる地域に在住する中高齢者を対象にしたデータの蓄積が必要である。

V. 結論

中高齢者を対象に、開眼・閉眼片足立ちや重心動揺の測定と同時に3種類のファンクショナル・リーチ (FR) テストを行い、特に動的バランス調整能の指標としての3種類のFRテストの信頼性と有効性について検討した。その結果、1) A-P%と重心移動FRテストの間には、男性 $r=0.603$ 、女性 $r=0.628$ の高い相関が認められた。2) 片手FRテストと両手FRテストの間にも、男性 $r=0.786$ 、女性 $r=0.757$ の高い相関が認

められた。3) 開眼片足立ちと片手FRテストとの相関係数は、男性のA-P%や重心移動FRテストと女性の重心移動FRテストの値より高く、両手FRテストとの相関係数は、男女共にA-P%や重心移動FRテストの値より高かった。片手及び両手FRテストは、下肢筋力の影響を反映する測定であり、中高齢者においては重心移動FRテストよりも実施上の問題が少なく、汎用性の高い有用な方法となる可能性がある。

利益相反

開示すべき利益相反 (COI) はない。

文献

- 1) 厚生労働省: 第1回介護施設等の在り方委員会、今後の高齢化の進展～2025年の超高齢化社会像～、<https://www.mhlw.go.jp/shingi/2006/09/dl/s0927-8e.pdf> (閲覧日2018年9月29日)
- 2) 木村みさか, 平川和文, 奥野直他: 体力診断バッテリーテストからみた高齢者の体力測定値の分布および年齢との関連, 体力科学, 38: 175-185, 1989
- 3) 木村みさか: 高齢者への運動負荷と体力の加齢変化および運動習慣, J.J.Sport.sci., 10: 722-728, 1991
- 4) 木村みさか: 閉眼片足立ちと開眼片足立ちからみた高齢者の平衡機能, 体育科学, 24: 118-129, 1996
- 5) 木村みさか, 岡山寧子, 奥野直他: 高齢者の運動・スポーツが平衡機能に及ぼす影響, 体育科学, 25: 111-119, 1997
- 6) 木村みさか, 岡山寧子, 小松光代他: 平衡性指標と歩行能の関連からみた高齢者の立位姿勢保持能, 体育科学, 27: 83-93, 1998
- 7) 木村みさか, 奥野直, 岡山寧子他: 高齢者の

- 立位姿勢保持に関する一考察, 体育科学, 26 : 103-114, 1998
- 8) 木村みさか, 森本好子, 寺田光世 : 都市在住高齢者の運動習慣と体力診断バッテリーテストによる体力, 体力科学, 40 : 455-564, 1992
- 9) Duncan, P.W., Weiner, D.K., Chandler, J., Studenski, S. : Functional reach: A new clinical measure of balance, J.Gerontology., 45 : M192-M197, 1990
- 10) Weiner, D.K., Duncan, P.W., Chandler, P.T., Stephanie, S.A. : Functional Reach: A maker of physical frailty. J.Am.Geriatr.Soc., 40 : 203-207, 1992
- 11) 糸井亜弥, 木村みさか, 奥野直 : 中高齢者の動的バランス能について (ファンクショナル・リーチテストの検討), 神戸女子大学健康福祉学部紀要, 10 : 53-67, 2018
- 12) 岡田修一, 高田義弘, 平川和文, 浅見高明 : 高齢女性の転倒経験者と未経験者の加速度外乱に対する姿勢保持能の比較, 体育・スポーツ科学, 7 : 23-30, 1998
- 13) 岡田修一, 平川和文, 浅見高明 : 高齢者の加速度外乱に対する姿勢保持能力と行動体力および日常動作能力との関係, 教育医学, 44 : 549-563, 1999
- 14) 岡田修一, 高田義弘, 平川和文他 : 高齢女性の加速度外乱に対する立位姿勢保持能力と日常生活活動量との関係, 体力科学, 49 : 111-120, 2000
- 15) Nashner L.M., McCollum, G. : The organization of human postural movements: a formal basis and experimental synthesis, Behav.Brain.Sci., 8 : 135-172, 1985
- 16) Kanehisa, H., Ikegawa, S., Tsunoda, N., Fukunaga, T. : Cross-Sectional areas of fat and muscle in limbs during growth and middle age. Int.J.Sports.Med., 15 (7) : 420-425, 1994
- 17) Lynn, S.G., Sinaki, M., Westerlind, K.C. : Balance characteristics of persons with osteoporosis. Arch.Phys.Med.Rehabil., 78 : 273-277,1997
- 18) Elble, R.J. : Change in gait with normal aging . In: Masdeu JC SLWL, ed. Gait disorders of aging. Falls and therapeutic strategies. New York : Lippincott-Raven, pp.93-105, 1997
- 19) 金憲経, 吉田英世, 石崎達郎, 鈴木隆雄 : 転倒ハイリスク高齢者の身体的特徴, 教育医学, 46 (1) : 88-89, 2000
- 20) 加藤浩人, 淵本隆文, 金子公有 : 足底屈筋、足背屈筋および膝伸筋における筋力と筋厚の加齢変化, 大阪体育大学紀要, 29 : 9-17, 1998
- 21) 糸井亜弥, 木村みさか, 奥野直 : 中高齢女性の下肢筋力と平衡性との関連, 神戸女子大学健康福祉学部紀要, 10 : 69-80, 2018
- 22) 福永哲夫, 金久博昭 : 日本人の体肢組成 (現在の体育・スポーツ科学), 朝倉書店, 東京, 1990
- 23) Palta, A.E., Winter, D.A., Frank, J.S., Walt, S. : Identification of age-related changes in balance control system. Proceedings, Balance Symposium, APTA, Nashville, Tennessee, June, 13-15, 1989
- 24) スポーツ庁, 平成28年度体力・運動調査結果の概要及び報告書について, 体力・運動能力の年次推移の傾向 (高齢者), http://www.mext.go.jp/sports/b_menu/toukei/chousa04/tairyoku/kekka/k_detail/1396900.htm (2018年11月10日閲覧)