

地域在住高齢者における 生活空間と階段昇降動作との関連

弘前大学大学院保健学研究科保健学専攻

提出者氏名： 遠藤 龍之介

所 属： 総合リハビリテーション科学領域

指導教員： 對馬 栄輝

目次

略語一覽.....	2
序 論.....	3
方 法.....	5
結 果.....	14
考 察.....	21
謝 辭.....	25
引用文献.....	26
英文要旨	29

略語一覧

QOL : 生活の質 (Quality of life)

ADL : 日常生活動作 (Activities of daily living)

BMI : 肥満指数 (Body mass index)

LSA : Life space assessment

FES-I : Fall efficacy scale international

NRS : Numeric rating scale

ASIS : 上前腸骨棘 (the anterior superior iliac spine)

NJS : Normalized jerk score

NAJC : Normalized angular jerk cost

序 論

高齢化社会では、高齢者の生活の質（Quality of life: QOL）を維持することが重要である。QOL の低下には、日常的な活動範囲である生活空間の狭小化が影響する¹⁾。高齢者の生活空間に影響を与える要因は様々である。環境要因として、住宅周辺の環境や道路状況などが生活空間に影響を与える²⁾。精神機能としては、うつ病³⁾、転倒恐怖感⁴⁾などが影響し、身体機能では、移動能力^{5,6)}、日常生活動作^{5,6)}（ADL）、身体活動⁷⁾などが影響する。

移動能力のうち、階段昇降動作に代表される段差昇降は、屋内から屋外への移動にとって必要な動作であるため、生活空間の拡大に重要な位置を占める。階段昇降動作は、歩行率や歩幅などの時間-距離変数や下肢筋の作用、関節角度からみて歩行動作とは異なることがわかっている⁸⁾。そのため、歩行動作に支障をきたさない高齢者であっても階段昇降動作では支障をきたす者が存在するため、階段昇降動作を歩行動作と区別して評価する必要がある。また、高齢者は、階段昇降動作に困難さを感じる例が多く、それに伴って生活空間の狭小化へとつながることが多い⁹⁾。

階段昇降動作を円滑かつ安全に行うためには、膝関節の内外反など横方向に対する安定性が求められる¹⁰⁾。若年者に比べて高齢者は、階段昇降動作時の膝関節における内外反の動揺¹¹⁾や身体重心の動揺が大きくなり¹²⁾、動作の円滑性を制御する能力が低下する。これらの能力が乏しいと、階段昇降動作の困難さを感じる¹³⁾ことにつながり、生活空間が狭小化すると考える。したがって、生活空間が狭小している高齢者の階段昇降動作は、動作中の下肢および体幹の安定性や、動揺を少なく円滑に動作できているかなどの運動学的な観点で評価する必要がある。

安定性や動揺性を評価する指標の一つとして、躍度（jerk）が動作解析に用いられている。jerk は単位時間あたりの加速度の変化率であり、運動の滑らかさを表す指標である。jerk は値が高いほど動作の滑らかさが低下し、動作が性急になることを意味する。歩行時の jerk は、体幹部の左右方向への動的バランスや体重移動の制御性能¹⁴⁾、膝関節の支持性を示す指標¹⁵⁾として評価対象にされている。体幹部の jerk は、歩行^{14,16)}やバランステスト^{17,18)}など、動作時のバランスや安定性を見出すために用いる指標と

して有用である。また膝関節部の *jerk* は、歩行時の下肢の支持性の指標となる。例えば歩行時の膝関節に対する体重負荷の違い¹⁵⁾や変形性膝関節症の病期¹⁹⁾によって *jerk* が変化するため、下肢の支持機能を表すと考ええる。着目する身体部位や動作が異なると、*jerk* の意義付けも異なるが、この指標を用いることで階段昇降動作の安定性や動揺性を運動学的な観点から評価できると考える。

以上から、高齢者は、階段昇降動作中の体幹や膝関節の運動の滑らかさが低い、つまり安定性が低下し動揺性が増加しているほど、生活空間が狭小であると仮説を立てた。ただし、階段昇降動作には、環境要因や転倒恐怖感といった精神要因なども影響する²⁰⁾。諸家により、年齢²³⁾や性別²⁾、BMI³⁾、転倒恐怖感⁴²⁰⁾、動作時の疼痛²¹⁾が影響すると報告されており、これらの要因も考慮したうえで、*jerk* が階段昇降動作に影響し、その結果として生活空間に影響を及ぼすと考えるべきである。

本研究の目的は、生活空間に対して昇段動作と降段動作それぞれの体幹、および膝関節の運動の滑らかさが関連するか、さらに階段昇降動作に関連すると考えられる要因の影響も取り除いて、生活空間に体幹や膝関節の運動の滑らかさが影響するかを明らかにすることである。

本論文の研究は、弘前大学大学院保健学研究科倫理委員会による承認（承認番号:2019-040）を得て実施された。

方 法

1. 対象

対象は、青森県弘前市の農村地域に住む高齢者向けデイサービスセンター1ヵ所を利用する45名の高齢者である。調査は2019年11月から2020年1月まで実施した。対象者は、屋内の直線路を介助なしで10m以上歩行できる者である。

除外基準は、医師により認知症と診断された者、感覚・運動機能障害を伴う神経筋疾患や脳血管疾患、整形外科疾患により下肢の関節可動域が著しく制限され、階段昇降動作の課題を遂行することが不可能な者、転倒や転落リスクが高く動作課題が安全に行えないと判断された者とした。対象者に本研究の目的と手順を説明し、研究参加への書面による同意を得た。

2. 測定項目

すべての対象者に対して、身長、体重を測定し、Body mass index (BMI) を算出した。年齢、性別、病歴に関しては、主治医意見書やケアマネージャーからの情報提供書、もしくは対象者からの聴取で情報を得た。

メインアウトカムはLife space assessment (LSA) とし、Fall efficacy scale international (FES-I), Numeric rating scale (NRS) を評価した。階段昇降動作は10cm および20cm 段差の昇降動作を動画にて撮影し動作解析の対象とした。

A. LSA

LSA⁵⁾ は、日常生活の活動範囲や活動の頻度、移動の自立を量的に測定するスケールである。LSA は過去一ヶ月間において、活動範囲別に移動した範囲を点数化する。得点は最低0から最高120点までの範囲であり、得点が高いほど良好な活動範囲と活動量であることを示す。LSA は、筆頭著者が直接対象者に聴取して評価した。

B. FES-I

FES-Iは、転倒に対する自己効力感と恐怖感を評価する尺度である²⁹⁾。日常生活動作に関わる16項目の質問から構成されており、転倒することなく遂行できる自信の程度を1点（完全に自信がある）から4点（全く自信がない）までの4段階の選択肢で回答する。得点が高いほど転倒に対する自己効力感が低い、すなわち転倒恐怖感が高いことを示す。FES-Iは筆頭著者が直接対象者に聴取し評価した。

C. NRS

NRSは、対象者が感じている痛みを、1～3：軽い痛み、4～6：中等度の痛み、7～10：強い痛みの10段階で表す指標である。対象者が階段や段差を昇降するときの、身体に生じる疼痛をNRSで評価した。「階段や段差を昇り降りするときに、身体のどこかに痛みはありますか？」と問い、身体のいずれかに疼痛があると答えた者には、NRSを用いて疼痛の強さを10段階で答えてもらった。疼痛がないと答えた者は、NRSを0とした。NRSは筆頭著者が直接対象者に聴取し評価した。

D. 階段昇降動作の課題

階段昇降動作の撮影には、デジタルカメラEX-FH100（CASIO社製）によるハイスピード撮影（640×480ピクセルサイズ、120fps）とした。運動課題は、歩行訓練用階段SP-100（酒井医療株式会社〔図1〕）の蹴上10cm段差（踏面奥行き30cm、6段）、蹴上20cm段差（踏面奥行き22cm、3段）を用いた階段昇降動作とした。建築基準法では、住宅用階段は20cm以下、公共施設では23cm以下を蹴上の基準としている。それに基づき、測定の汎用性を考慮して最大20cmの段差に設定した。

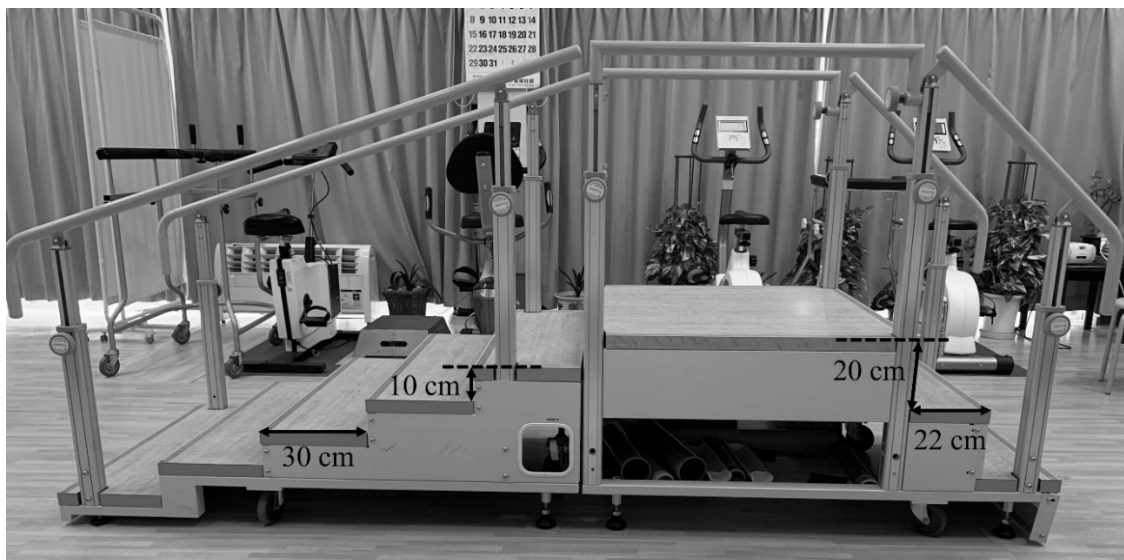


図1. 階段昇降の動作課題に用いた歩行訓練用階段

動作課題の撮影のために、図2のように訓練用階段の前方、測定肢側側方にデジタルカメラを設置した。前方に設置するカメラは、動作課題中の対象者の前面を撮影できるように、昇段動作時と降段動作時で位置を変えて設置した。

昇段動作時のカメラ位置は、階段端から 7m30cm の距離に、三脚を高さ 1m30cm とし、降段動作時は階段端から 3m50cm の距離に、高さ 80cm として設置し、床に垂直であることを確認した。側方のカメラは訓練用階段の側方 2m10cm の距離に、高さ 1m10cm として設置した。なお、前方と側方に設置した2台のカメラは、被写体を同じタイミングで撮影できるように同期させた。

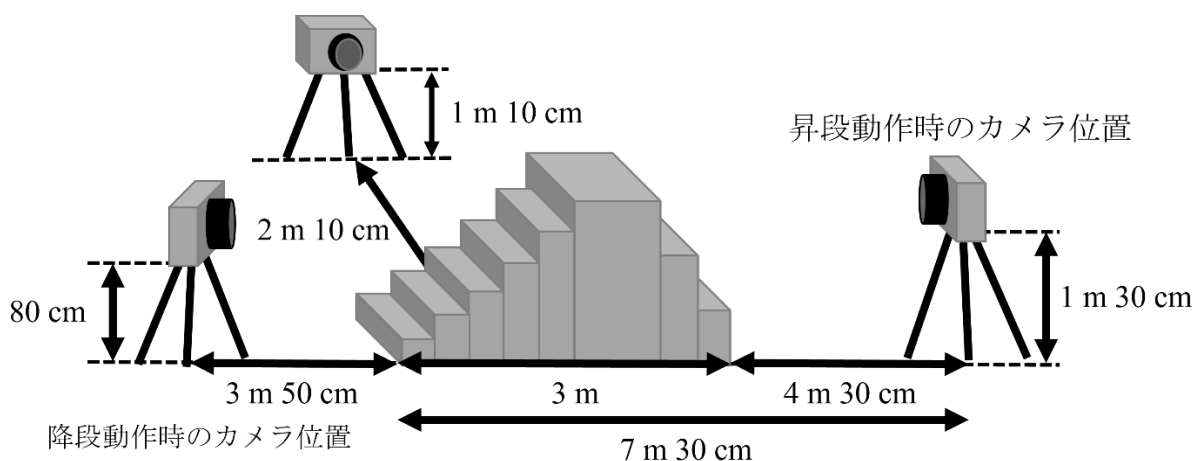


図2. 動作課題のカメラ位置

図は、10cm段差を昇降する場面のカメラ位置を示す。

対象者には，黒色のインナーを着用させ，身体の前額面上にあたる胸骨柄，両側の上前腸骨棘（the anterior superior iliac spine: ASIS），膝蓋骨中央，足外果内果中央のランドマークに直径 2cm の赤色のシールを貼付した（図 3）．

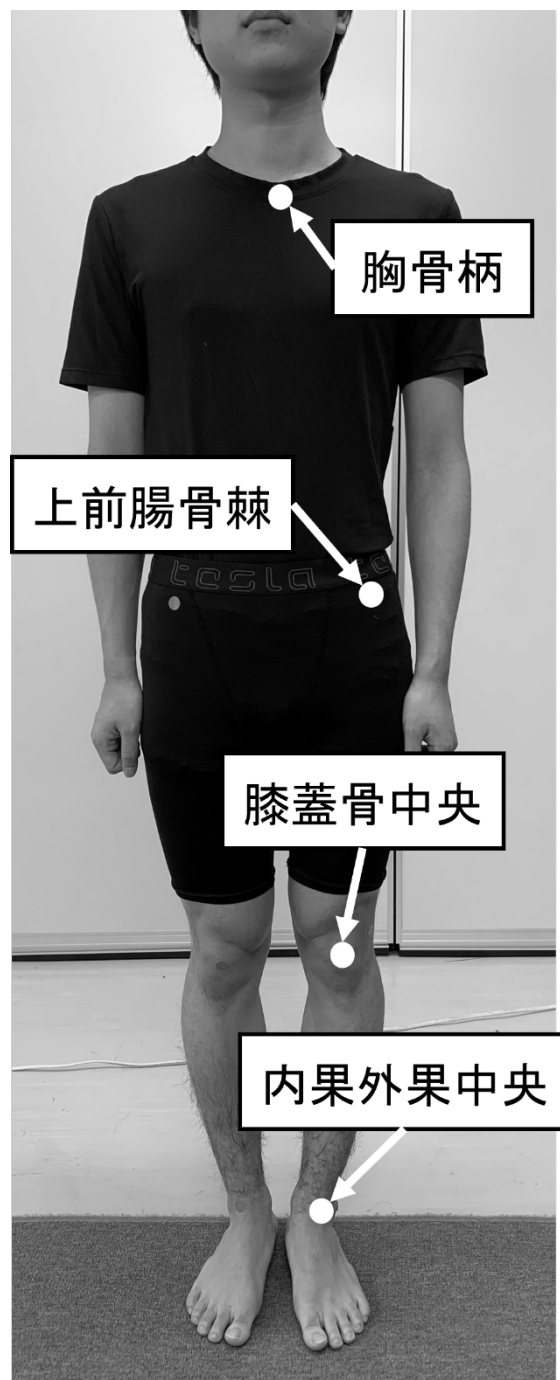


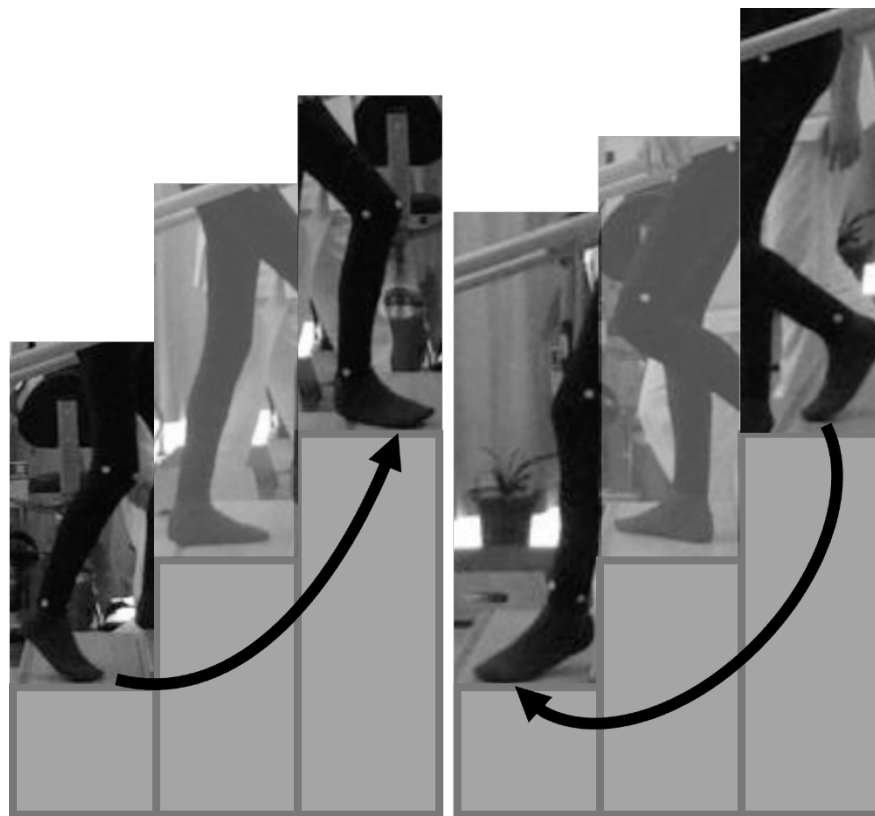
図 3. ランドマークの設定

対象者には階段昇降動作について十分な説明と練習を行った後、1 足 1 段でできるだけ速く昇降するように指示した。このとき、移動方向に対して前方を向いて昇降するように指示した。側方や後方を向いて昇降する動作を行った場合は再度動作を指示した。指示した動作は、10cm 段差の昇段および降段動作、20cm 段差の昇段および降段動作の計 4 動作である。さらに、それぞれの昇段動作について、右下肢または左下肢から昇降する 2 パターンを撮影した。動作はそれぞれ 1 回ずつ試行した。安全のため、対象者には階段昇降時に手すりを両側ともに把持してもらうように指示した。

E. 階段昇降動作の撮影動画の解析

階段昇降動作を撮影した前額面からの動画データは動作分析ソフト Kinovea 0.9.3 (open source) にて解析を行った。前額面上の動画と同期した矢状面上の動画から、測定肢だけで支持する区間を抽出し解析区間とした。

測定肢は右下肢と左下肢の 2 肢である。昇段動作は非測定肢の足底が離地してから上の段差に接地するまでの区間、降段動作は非測定肢の足底が離地してから下の段差に接地するまでの区間、すなわち測定肢だけで立脚支持する区間である (図 4)。10cm 段差の昇段動作は、上から 2 段目の段差で測定肢が立脚支持する場面を解析対象とし、降段動作は上から 3 段目の段差で立脚支持する場面を解析対象として統一した。20cm 段差の昇段および降段動作は、上から 2 段目の段差で測定肢が立脚支持する場面を解析対象として統一した。10cm 段差の昇段および降段動作、20cm 段差の昇段および降段動作の計 4 動作について、右下肢または左下肢から昇降する 2 パターンをそれぞれ 1 回ずつ撮影した動画データから、解析区間における各ランドマークの軌跡追跡を行った。



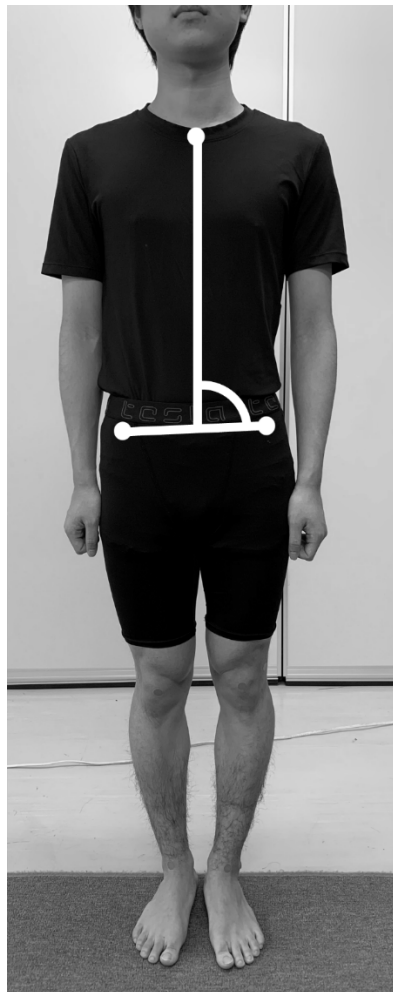
A. 昇段動作

B. 降段動作

図 4. 動作課題の解析区間

軌跡追跡は2次元座標である．それぞれの座標に対して，ローパスフィルター（バターワースフィルタ，カットオフ周波数5 Hz）をかけた．運動の滑らかさを評価する指標として，標準化された指標である Normalized jerk score (NJS) と Normalized angular jerk cost (NAJC) を用いた．NJS はランドマークそのものの動きを計測する jerk であり，NAJC は関節運動を計測する jerk である．NJS と NAJC は値が低いほど運動が滑らかであることを示す．

胸骨柄の軌跡を体幹運動の指標として，膝蓋骨中央の軌跡を膝関節運動の指標として，それぞれの軌跡データから NJS を算出した．前額面からみた体幹側屈角度は胸骨柄と両側 ASIS を結んだ線分の中点，測定肢側 ASIS からなす角度とし（図 5-A），膝関節外反角度は測定肢側 ASIS と膝蓋骨，足外果内果中央からなす角度として NAJC を算出した（図 5-B）．



A. 体幹側屈角度



B. 膝関節外反角度

図 5. 体幹側屈・膝関節外反角度の測定

以下の2式を用いて、10cm・20cm段差と昇段・降段動作課題別の体幹 NJS、膝関節 NJS、体幹側屈角度の NAJC と膝関節外反角度の NAJC を算出した^{23,24)}。

$$\text{Normalized Jerk Score} = \sqrt{\frac{t^5}{D^2} \int_0^t j^2 dt}$$

$$\text{Normalized Angular Jerk Cost} = \frac{t^5}{2 \left(\int_0^t \theta dt \right)^2} \int_0^t \left(\frac{d^3 \theta}{dt^3} \right)^2 dt$$

tは解析区間の時間、Dは解析区間におけるランドマークの軌跡長、jは軌跡データから求めたjerk、θは角度を表す。全ての解析にはR4.1.2（CRAN）を用いた。

3. 統計解析

NJSおよびNAJCは、右下肢と左下肢の平均を解析した。対象者のうち6名は20cm段差の階段昇降動作課題が不可能、もしくは安全に行えないと判断されたため、20cm段差の動作課題では6名を除外して測定し、解析した。

LSA、体幹 NJS と膝関節 NJS、体幹 NAJC と膝関節 NAJC との相関関係については、Spearman の順位相関係数を用いた。また、LSA と年齢、性別、BMI、NRS（疼痛）、FES-I との相関関係について、Pearson の相関係数、または Spearman の順位相関係数を用いた。

年齢や性別、BMI、疼痛、転倒恐怖感による影響を取り除くために、LSA を従属変数、NJS または NAJC、年齢、性別、BMI、NRS、FES-I を独立変数として重回帰分析を行った。NJS と NAJC は、10cm もしくは 20cm 段差の2種類、昇段と降段動作の2種類、体幹と膝関節の2種類で、それぞれ8種類あるため、合計16回の重回帰分析を行った。NJS と NAJC は対数変換を行い、Shapiro-wilk 検定により正規性が得られたことを確認した。また、従属変数および独立変数は標準化した。有意水準は5%とし、解析にはR4.1.2（CRAN）を用いた。

結 果

1. LSA と NJS, NAJC との関係

対象者の基本属性と測定項目の記述統計値を表 1 に示す.

表 1. 対象者の基本属性とアウトカム

	全対象 (n=45)	20cm 段差を実行できた 対象 (n=39)
年齢 (歳)	84.3 ± 4.8	84.8 ± 4.7
性別 (男/女)	8/37	7/32
身長 (cm)	146.3 ± 8.1	146.7 ± 8.1
体重 (kg)	50.5 ± 9.8	51.0 ± 10.2
BMI (kg/m ²)	23.5 ± 3.3	23.6 ± 3.5
筋骨格障害 (人)	18	14
うち変形性膝関節症		
片側/両側 (人)	1/8	1/8
うち腰部障害 (人)	8	8
脳血管障害 (人)	4	4
階段昇降時の疼痛		
疼痛あり/疼痛なし (人)	8/37	7/32
うち疼痛ありの NRS	6.1 ± 1.7	5.9 ± 1.7
うち疼痛ありの部位		
片側膝関節部 (人)	5	4
両側膝関節部 (人)	2	2
腰部 (人)	1	1
階段の日常的な使用		
使用/不使用 (人)	22/23	21/18
FES-I	29.2 ± 9.5	29.0 ± 9.3
LSA	63.4 ± 12.8	64.5 ± 12.1
() 内は単位		平均±標準偏差

階段昇降動作の NJS と NAJC の結果は表 2 の通りである.

表 2. 階段昇降動作の NJS と NAJC

	10 cm 段差 (n=45)		20 cm 段差 (n=39)	
	昇段	降段	昇段	降段
体幹 NJS	10.3×10^{10} $\pm 37.5 \times 10^{10}$	17.2×10^{10} $\pm 81.4 \times 10^{10}$	16.7×10^9 $\pm 52.7 \times 10^9$	55.1×10^9 $\pm 20.2 \times 10^{10}$
膝関節 NJS	26.6×10^{12} $\pm 12.8 \times 10^{13}$	24.2×10^{10} $\pm 70.5 \times 10^{10}$	48.8×10^{10} $\pm 25.1 \times 10^{11}$	56.2×10^{10} $\pm 16.0 \times 10^{11}$
体幹 NAJC	24.8×10^{21} $\pm 14.2 \times 10^{22}$	19.6×10^{23} $\pm 12.8 \times 10^{24}$	15.2×10^{20} $\pm 88.7 \times 10^{20}$	73.6×10^{24} $\pm 42.1 \times 10^{25}$
膝関節 NAJC	25.7×10^{22} $\pm 16.4 \times 10^{23}$	19.5×10^{21} $\pm 93.4 \times 10^{21}$	19.8×10^{20} $\pm 10.3 \times 10^{21}$	10.1×10^{23} $\pm 60.8 \times 10^{23}$
平均±標準偏差				

対象者 1 名における，各動作課題の解析区間内の jerk および角躍度，NJS，NAJC を 1 例として図 6，7，8，9 に示した．

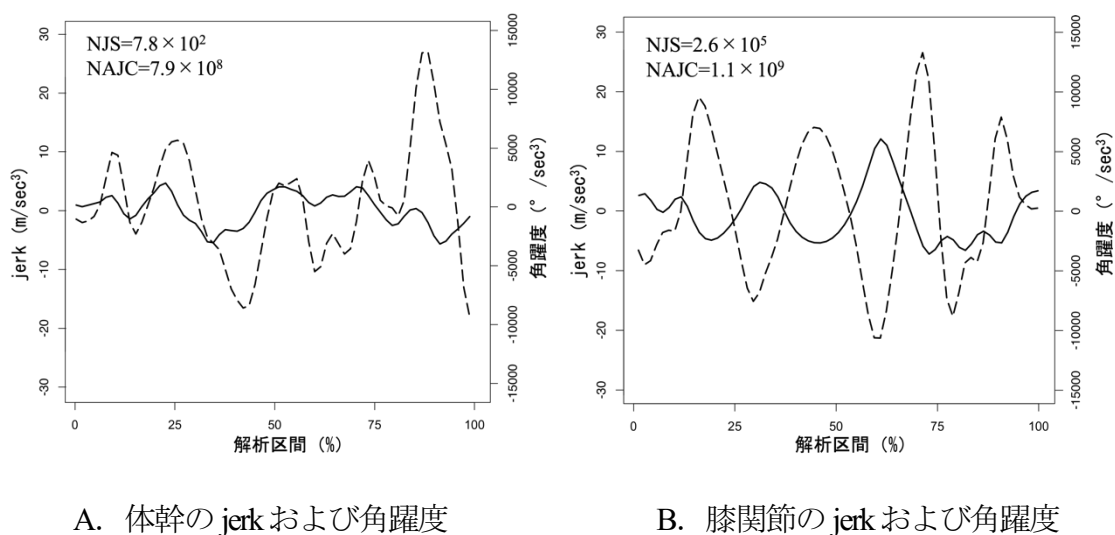


図 6 10cm 段昇段動作の体幹・膝関節の jerk および角躍度の例

図中の実線はランドマークの jerk，破線は角躍度を示す．

波形の振幅が大きいほど急激な運動であり，0に近いほど滑らかな運動であることを示す．

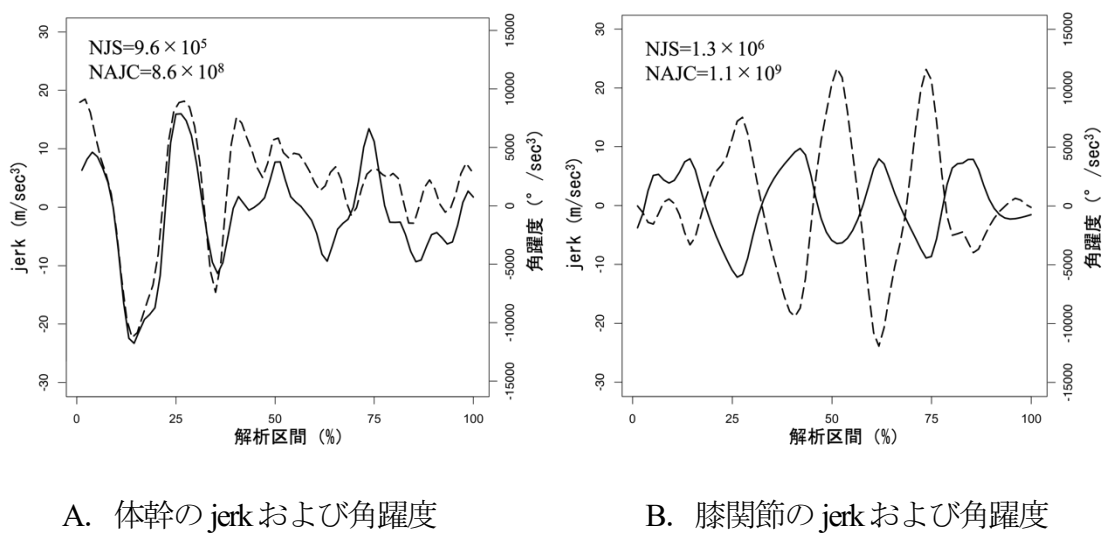
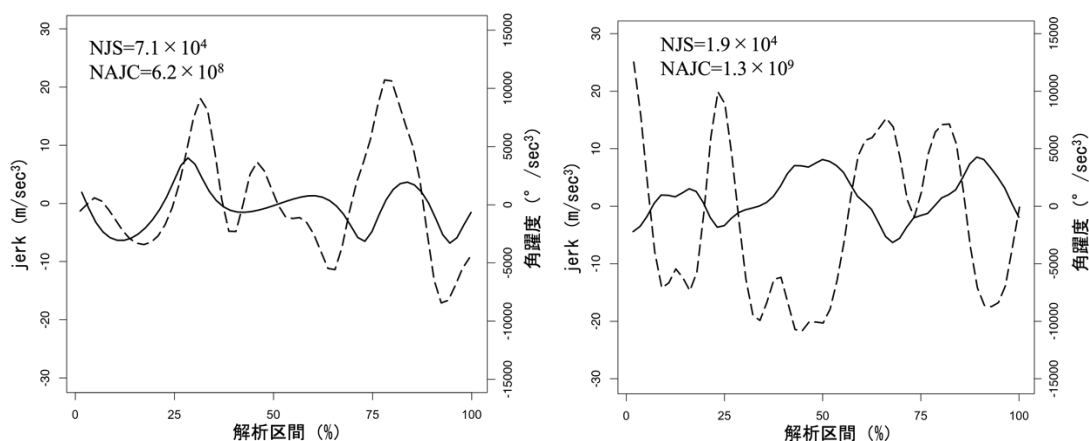


図 7 10cm 段差降段動作の体幹・膝関節の jerk および角躍度の例

図中の実線はランドマークの jerk，破線は角躍度を示す．

波形の振幅が大きいほど急激な運動であり，0に近いほど滑らかな運動であることを示す．



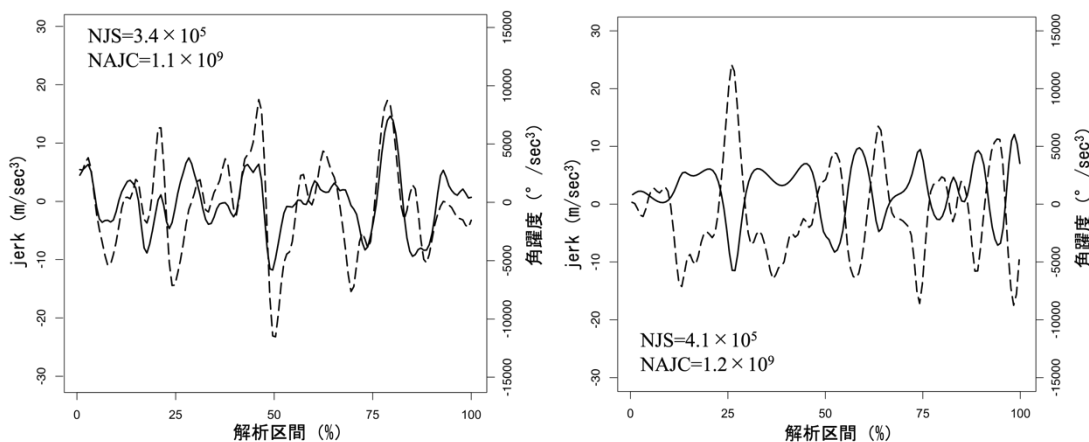
A. 体幹の jerk および角躍度

B. 膝関節の jerk および角躍度

図 8 20cm 段差昇段動作の体幹・膝関節の jerk および角躍度の例

図中の実線はランドマークの jerk, 破線は角躍度を示す.

波形の振幅が大きいほど急激な運動であり, 0に近いほど滑らかな運動であることを示す.



A. 体幹の jerk および角躍度

B. 膝関節の jerk および角躍度

図 9 20cm 段差降段動作の体幹・膝関節の jerk および角躍度の例

図中の実線はランドマークの jerk, 破線は角躍度を示す.

波形の振幅が大きいほど急激な運動であり, 0に近いほど滑らかな運動であることを示す.

表 3 に、運動学的データである LSA と NJS, NAJC の Spearman の順位相関係数を示す。LSA との順位相関係数は、20cm 段差の降段動作における体幹 NJS と膝関節 NJS, 膝関節 NAJC で有意な相関を示した。

表 3. LSA と NJS, NAJC との Spearman の順位相関係数

	10 cm 段差 (n=45)		20 cm 段差 (n=39)	
	昇段	降段	昇段	降段
体幹 NJS	-0.18 [-0.45, 0.12]	-0.20 [-0.46, 0.10]	-0.23 [-0.51, 0.09]	-0.40* [-0.63, -0.09]
膝関節 NJS	-0.17 [-0.44, 0.13]	-0.26 [-0.52, 0.03]	-0.12 [-0.42, 0.20]	-0.46* [-0.68, -0.17]
体幹 NAJC	-0.20 [-0.47, 0.10]	-0.14 [-0.42, 0.16]	-0.03 [-0.34, 0.29]	-0.26 [-0.53, 0.06]
膝関節 NAJC	-0.11 [-0.39, 0.19]	-0.15 [-0.42, 0.15]	-0.10 [-0.39, 0.23]	-0.40* [-0.63, -0.09]

* $p < 0.05$ []内は 95%信頼区間

表 4 に、LSA と年齢、性別、BMI、NRS、FES-I の Pearson の相関係数または Spearman の順位相関係数を示す。

表 4. LSA と年齢、性別、BMI、NRS、FES-I の相関						
	性別	年齢	BMI	NRS	FES-I	LSA
性別	1					
年齢	-0.11	1				
BMI	0.14	-0.08	1			
NRS	0.07	0.04	-0.02	1		
FES-I	0.02	-0.06	0.30	0.23	1	
LSA	0.31	-0.03	0.16	-0.15	-0.34*	1

* $p < 0.05$

塗りつぶし部分は Spearman の順位相関係数

その他は Pearson の相関係数

2. 年齢や性別, BMI, 疼痛, FES-I で調整した NJS, NAJC の偏回帰係数

重回帰分析による結果は表 5 である. Spearman の順位相関の結果と同様に, 20cm 段差の降段動作における体幹 NJS と膝関節 NJS, 膝関節 NAJC で有意であった.

表 5. LSA に対する NJS と NAJC の偏回帰係数

	10 cm 段差 (n=45)		20 cm 段差 (n=39)	
	昇段	降段	昇段	降段
体幹 NJS	-0.29 [-0.60, 0.02]	-0.21 [-0.51, 0.10]	-0.20 [-0.52, 0.11]	-0.35* [-0.63, -0.07]
膝関節 NJS	-0.24 [-0.54, 0.07]	-0.28 [-0.57, 0.02]	-0.26 [-0.60, 0.08]	-0.37* [-0.64, -0.10]
体幹 NAJC	-0.31 [-0.63, 0.01]	-0.18 [-0.48, 0.12]	-0.17 [-0.47, 0.13]	-0.28 [-0.57, 0.01]
膝関節 NAJC	-0.18 [-0.49, 0.13]	-0.18 [-0.48, 0.13]	0.01 [-0.31, 0.32]	-0.37* [-0.65, -0.10]

*p<0.05 []内は 95% 信頼区間

考 察

体幹や膝関節の **jerk** は生活空間との関連について、昇段動作では生活空間との関連性が認められず、降段動作のみで認められた。降段動作は、身体を支持し安定性を保ちながら下降する動作である。若年者と高齢者の昇段および降段動作を体幹の **jerk** で比較した研究¹²⁾では、降段動作のみにおいて若年者よりも高齢者の体幹運動が急激になりやすく、急激となるほど立位バランスや移動能力の指標である **Timed up and go test** が不良であるという相関を認めている。したがって、昇段動作よりも降段動作時に急激な運動となる特徴が明確となり、移動能力に関わる立位バランスや下肢の運動機能が反映されやすいと考えた。実際に、階段からの転落や転倒は階段昇段時よりも降段時に多い²⁵⁾という報告からも類推できる。よって、急激な運動を感知する **jerk** は、昇段動作よりも動作の安定が必要とされる降段動作に対して感度が高く、生活空間との関連が高かったと考える。運動の滑らかさや安定性を評価する **jerk** は、昇段動作では関連が見出せなかった可能性がある。

NJS と **NAJC** はともに同様の傾向を示していたが、**20cm** 段差の降段動作では体幹 **NJS** は有意な関連が認められ、体幹 **NAJC** では有意な関連が認められなかった。これはデジタルカメラを用いた 2 次元画像の限界であると推測する。例えば前額面上の関節角度を計測する **NAJC** では、体幹の屈曲運動など、前額面以外の体幹運動が混在すると正確に捉えられないと考える。それに対して、**NJS** はランドマークの移動を捉える指標であるため、比較的高い精度で捉えられたと考える。臨床場面では動作を観察する際に関節運動に注目する場合はほとんどであるため、**NAJC** による評価の方がふさわしいが、2 次元平面で関節運動を捉えられる場合は **NAJC**、それが困難な場合は **NJS** を用いるのが望ましいと考える。

10cm 段差では、**NJS** および **NAJC** と **LSA** の相関は有意ではなかった。相関係数の大きさや 95% 信頼区間をみると **20cm** 段差よりも相関が小さいことがわかる。段差の高さや斜度が高くなるにつれて、より高い動作負荷量が求められる²⁶⁾。よって、段差が高くなるほど動作の滑らかさを維持することは難しくなり、生活空間の拡大に必要な身体機能が、**jerk** に反映したと推測する。

LSA に対する 20cm 段差の降段動作における体幹 NJS と膝関節 NJS, 膝関節 NAJC の負の影響は、相関係数の結果と、年齢や性別、BMI や疼痛、転倒恐怖感といった交絡因子と考える要因で調整した重回帰分析の結果でも同様であった。転倒恐怖感を持つ高齢者は階段昇降動作の困難さを訴えることが多く¹³⁾、生活空間にも転倒恐怖感の影響する⁴⁾が、今回の結果から、転倒恐怖感の影響を除いても NJS や NAJC が影響すると考える。これは生活空間を評価する上で、転倒恐怖感のほかに、階段昇降に関わる身体機能に着目する必要性を示している。

本研究の対象者は、農村地域に在住するデイサービスを利用する高齢者である。健康高齢者とは異なり、障害や疾患による身体機能の低下が存在すると予想される。地域高齢者における身体機能の衰退は、寝たきりや閉じこもりなどの社会的障害を引き起こし²⁷⁾、社会保障に著しく大きい影響を与える現象である。したがって、本研究の対象者は、健康高齢者と比べて生活空間が狭小していることが考えられる。一方で、1年後の手段的 ADL の低下を予測する LSA のカットオフ値は 56 点²⁸⁾、2年後の ADL 障害の発生予測は 52.3 点²⁹⁾とされているが、本研究の対象者における LSA の平均点はカットオフ値をいずれも上回った結果であった。本研究の対象はデイサービスを利用する高齢者に限られていたが、なかでも生活空間が比較的保たれている高齢者であり、特殊な対象ではないと考える。一方で、本研究の結果はカットオフ値を下回る生活空間が狭小な高齢者に対しても適応できるかは不明であり、階段昇降の可否自体が問題となる例が多ければ、別の指標を考案する必要がある。

本研究にはいくつか限界があった。階段昇降動作の測定では安全上の理由から手すりを把持させて行った。その上肢の支持により動作時の体幹や下肢の動きに影響を与えた可能性がある。ただし高齢者に対して手すりを用いずに階段昇降を行せる評価は不可能なケースが多いと考える。実際の臨床で事故発生リスクを伴いながらも、動作を強いることは臨床応用を考慮し難くなるため、あえて制限をしなかった。また、10cm 段差の動作課題を実施した対象者のなかで、20cm 段差の動作課題を行うことが困難であった者が存在した。そのため、欠損値を除外して解析を行ったが、いづらか身体機能が良好な者が 20cm 段差の昇降動作を行い、生活空間との関連性が小さくなった可能性がある。また、建築基準法に基づいて 20cm 以下の段差を基準として動作課題を

設定したが，実生活場面で遭遇すると考えられる 10cm, 20cm 段差以外の蹴上や傾斜のある階段など，様々な階段の環境要因を加味して検証できていないことは限界である．LSA と関連がある下肢筋力などの身体機能や環境要因を測定していないことも限界である．今後は，測定項目を追加し，追究する必要がある．

結 論

20cm 段差の降段動作において、動作時の安定性や円滑性を示す指標である体幹 NJS と膝関節 NJS、膝関節 NAJC に LSA との相関がみられた。降段動作は、安定性の確保と急激な運動に対する制動が求められるため、**jerk** が運動の滑らかさを表す上で適している指標といえる。傾向として、段差が高いほど **jerk** と生活空間との関係性が高かった。これは、より難しい階段環境にはより高い身体機能が求められ、運動学的にみた階段昇降動作が生活空間との関連を示していると考ええる。

謝 辞

本研究を行うにあたり、ご協力いただいた対象者の皆様に感謝申し上げます。

また、論文執筆にあたり、ご指導・ご助言いただきました弘前大学對馬栄輝ゼミの皆様にも感謝申し上げます。特に吉川光司氏、福田敦美氏、楫野允也氏には多大なるご指導・助言、論文のご高閲をいただきまして深く感謝申し上げます。最後に本研究を遂行するうえで、對馬栄輝先生にはご指導、ご鞭撻をいただきまして、ここに深謝の意を表します。

引用文献

- 1) M. Rantakokko, E. Portegijs, et al. : Changes in life-space mobility and quality of life among community-dwelling older people: a 2-year follow-up study, *Qual. Life Res.* 25: 1189–1197, 2016.
- 2) M. Rantakokko, S. Iwarsson, et al. : Associations between environmental characteristics and life-space mobility in community-dwelling older people, *J. Aging Health.* 27: 606–621, 2015.
- 3) S. Al Snih, K.M. Peek, et al. : Life-space mobility in Mexican Americans aged 75 and older, *J. Am. Geriatr. Soc.* 60: 532–537, 2012.
- 4) M. Auais, B. Alvarado, et al. : Fear of falling and its association with life-space mobility of older adults: a cross-sectional analysis using data from five international sites, *Age Ageing.* 46: 459–465, 2017.
- 5) P.S. Baker, E.V. Bodner, et al. : Measuring life-space mobility in community-dwelling older adults, *J. Am. Geriatr. Soc.* 51: 1610–1614, 2003.
- 6) C. Peel, P. Sawyer Baker, et al. : Assessing mobility in older adults: the UAB Study of Aging Life-Space Assessment, *Phys. Ther.* 85: 1008–1119, 2005.
- 7) L.-T. Tsai, M. Rantakokko, et al. : Objectively Measured Physical Activity and Changes in Life-Space Mobility Among Older People, *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.* 71: 1466–1471, 2016.
- 8) S. Nadeau, B.J. McFadyen, et al. : Frontal and sagittal plane analyses of the stair climbing task in healthy adults aged over 40 years: what are the challenges compared to level walking?, *Clin. Biomech.* 18: 950–959, 2003.
- 9) S. Fristedt, A.-S. Kammerlind, et al. : Concurrent validity of the Swedish version of the life-space assessment questionnaire, *BMC Geriatr.* 16: 181, 2016.
- 10) A. Protopapadaki, W.I. Drechsler, et al. : Hip, knee, ankle kinematics and kinetics during stair ascent and descent in healthy young individuals, *Clin. Biomech.* . 22: 203–210, 2007.
- 11) K. Karamanidis, A. Arampatzis : Altered control strategy between leading and trailing leg increases knee adduction moment in the elderly while descending stairs, *J. Biomech.* 44: 706–711, 2011.
- 12) P.C. Dixon, L. Stirling, et al. : Aging may negatively impact movement smoothness during stair negotiation, *Hum. Mov. Sci.* 60: 78–86, 2018.
- 13) J. Verghese, C. Wang, et al. : Self-reported difficulty in climbing up or down stairs in nondisabled elderly, *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 89: 100–104, 2008.

- 14) K.-W. Wu, T.-W. Lu, et al. : Whole body balance control in Lenke 1 thoracic adolescent idiopathic scoliosis during level walking, *PLoS One*. 15: e0229775, 2020.
- 15) S.M. Krammer, M.D. Drew, et al. : Effects of prolonged load carriage on angular jerk of frontal and sagittal knee motion, *Gait Posture*. 84: 221–226, 2021.
- 16) S.F. Castiglia, A. Tatarelli, et al. : Ability of a Set of Trunk Inertial Indexes of Gait to Identify Gait Instability and Recurrent Fallers in Parkinson's Disease, *Sensors* . 21: 2021.
- 17) R. Mc Ardle, S. Pratt, et al. : Balance Impairments as Differential Markers of Dementia Disease Subtype, *Front Bioeng Biotechnol*. 9 639337, 2021.
- 18) E.L. Dugan, J.S. Shilt, et al. : The use of inertial measurement units to assess gait and postural control following concussion, *Gait Posture*. 83: 262–267, 2021.
- 19) T. Fukaya, H. Mutsuzaki, et al. : Smoothness of the knee joint movement during the stance phase in patients with severe knee osteoarthritis, *Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol*. 14: 1–5, 2018.
- 20) T. Chippendale, C.D. Lee : Characteristics and fall experiences of older adults with and without fear of falling outdoors, *Aging Ment. Health*. 22: 849–855, 2018.
- 21) Mardini MT, Nerella S, et al. The temporal relationship between ecological pain and life-space mobility in older adults with knee osteoarthritis: a smartwatch-based demonstration study. *JMIR Mhealth Uhealth*. 9: e19609, 2021.
- 22) L. Yardley, N. Beyer, et al. : Development and initial validation of the Falls Efficacy Scale-International (FES-I), *Age Ageing*. 34: 614–619, 2005.
- 23) J.-J. Chang, T.-I. Wu, et al. : Kinematical measure for spastic reaching in children with cerebral palsy, *Clin. Biomech.* . 20: 381–388, 2005.
- 24) T. Flash, N. Hogan : The coordination of arm movements: an experimentally confirmed mathematical model, *J. Neurosci*. 5: 1688–1703, 1985.
- 25) Startzell JK, Owens DA, Mulfinger LM, Cavanagh PR. Stair negotiation in older people: a review. *Journal of the American Geriatrics Society*. 48(5):567-580, 2000.

- 26) R. Riener, M. Rabuffetti, et al. : Stair ascent and descent at different inclinations, *Gait Posture*. 15: 32–44, 2002.
- 27) K. Inoue, M. Matsumoto : Homebound status in a community-dwelling elderly population in Japan, *Asia. Pac. J. Public Health*. 13: 109–115, 2001.
- 28) H. Shimada, P. Sawyer, et al. : Predictive validity of the classification schema for functional mobility tests in instrumental activities of daily living decline among older adults, *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 91: 241–246, 2010.
- 29) E. Portegijs, M. Rantakokko, et al. : Identification of Older People at Risk of ADL Disability Using the Life-Space Assessment: A Longitudinal Cohort Study, *J. Am. Med. Dir. Assoc.* 17: 410–414, 2016.

Abstract

Relationship between life space and stair climbing among community-dwelling
older adults

Ryunosuke Endo

Hirosaki University Graduate School of Health Sciences

Domain of Comprehensive Rehabilitation Science

Objective

Older adults often have difficulty in climbing stairs, leading to a limited life space and decreased quality of life. Stair climbing requires stability and smooth movement of the trunk and lower limbs. We investigated the relationship between living space and kinematic characteristics of stair ascending and descending.

Methods

This cross-sectional study enrolled 45 older adults who use an elderly daycare center ascended and descended 10-cm and 20-cm steps on a training staircase. Their truncal and knee movements on the frontal plane were quantified using the normalized jerk score (NJS) and normalized angular jerk cost (NAJC). Life-Space Assessment (LSA) for life space, Fall Efficacy Scale International (FES-I) for fear of falling, and Numeric Rating Scale (NRS) for pain were evaluated.

Results

LSA showed significant correlations with trunk NJS, knee NJS, and knee NAJC in the descending motion from 20-cm steps. After adjusting for age, sex, BMI, NRS, and FES-I, there were significant effects on trunk NJS, knee NJS, and knee NAJC in descending 20-cm steps.

Conclusion

Since the descending motion requires stability and braking against rapid motion, jerk is a suitable index to express motion smoothness. These findings indicate the importance of focusing on the kinematic characteristics of stair climbing behavior in assessing life space.