側方への降段が下肢関節角度および 下肢関節モーメントに及ぼす影響

Influence of Various Methods of Descending Stairs on Lower Extremity Joint Angles and Moments

長谷川正哉¹⁾ 島谷 康司¹⁾ 金井 秀作¹⁾ 田坂 厚志²⁾ 坂口 顕³⁾
清水 ミシェル・アイズマン¹⁾ 沖 貞明¹⁾ 大塚 彰¹⁾

MASAKI HASEGAWA¹⁾, KOJI SHIMATANI¹⁾, SHUSAKU KANAI¹⁾, ATSUSHI TASAKA²⁾,
AKIRA SAKAGUCHI³⁾, MICHELE E SHIMIZU¹⁾, SADA-AKI OKI¹⁾, AKIRA OTSUKA¹⁾

¹⁾ Department of Physical Therapy, Prefectural University of Hiroshima: 1-1 Gakuen Machi, Mihara City, Hiroshima 723-0053, Japan. TEL +81 848-60-1225

²⁾ Department of Rehabilitation, Rijinkai Niwanosato

³⁾ Department of Rehabilitation, Harumikai Excel Tomonoura

Rigakuryoho Kagaku 22(1): 151-156, 2007. Submitted Sep. 22, 2006. Accepted Nov. 6, 2006.

ABSTRACT: The purpose of this study was to examine what influence different methods of descending stairs has on the lower extremity joints, with the consideration of securing safety for senior citizens and handicapped persons. Subjects were 11 healthy adult men. The angles of the lower limb joints and moments when descending forward, backwards, sideways with the swing leg diagonally forward (SF), and sideways with the swing leg diagonally behind (SB) were measured using a 3-dimensional motion analysis system combined with two force plates. It was found that the hip flexion angle and hip extension moment in the support leg decreased when descending forward and SF. On the other hand, the ankle dorsal flexion angle and plantar flexion moment, and the knee flexion angle and extension moment in the support leg decreased when descending backwards and SB. We suggest that SF may be a good alternative for descending forward, and SB may be a good alternative for descending backwards. We suggest that descending backwards and SB are suitable for knee and ankle dysfunctions, and descending forward and SF are suitable for hip dysfunctions. We confirmed that the difference in the method of stair descending influences the lower extremity joint angles and moments, and the methods taught to patients should be suitable to their situation.

Key words: 3-dimensional motion analysis, descending step, activities of daily living

要旨: 本研究の目的は降段方法の違いが下肢関節に与える影響について検討することである。対象は健康成人男性11名であった。三次元動作解析装置を使用し、前方降段、後方降段、側方前降段、側方後降段時の下肢関節角度および下肢関節モーメントを計測した。結果、前方降段、側方前降段時には支持脚における股関節屈曲角度および股関節伸展モーメントが減少し、一方、後方降段、側方後降段時には膝関節最大屈曲角および足関節最大背屈角、膝関節伸展モーメントおよび足関節底屈モーメントが減少した。降段方法の違いが下肢関節に影響を及ぼす事が確認され、各人の身体状況に合わせた降段動作方法の指導が必要であると考えられた。

キーワード: 三次元動作解析, 降段動作, 日常生活動作

¹⁾ 県立広島大学 保健福祉学部理学療法学科: 広島県三原市学園町1-1 (〒723-0053) TEL 0848-60-1225

²⁾ 里仁会 仁和の里リハビリテーション科 ³⁾ 春海会 エクセル苑の浦リハビリテーション部

受付日 2006年9月22日 受理日 2006年11月6日

I. 緒 言

階段昇降は高齢者や障害者にとって非常に難易度の高い動作であり^{1,2)}、安定した動作の獲得のため動作方法の工夫が重要であると考えられる。その中で、降段動作中の支持脚は先導脚の筋負担を軽減するため、大きな筋張力を発揮する事が知られている³⁾。

伊藤ら⁴⁾は変形性膝関節症者に対する階段昇降時のアンケート調査結果から降段動作中の支持脚にも疼痛が発生すると報告し、支持脚の負担を軽減するような降段方法の検討が重要であると述べている。

先行研究において、2足1段⁵⁾、後方降段⁶⁾等の有効性が報告されているが、実際の日常生活の場面では側方へ降段（以下：側方降段）を行う障害者や高齢者を見かける機会が多い（図1）。しかしながら、側方降段に関する報告は少なく、日常生活動作指導における安全性の確保の為、下肢関節に対する運動学的、運動力学的な評価が必要であると考ええる。

そこで、本研究では前方降段、側方降段、後方降段に対し評価を加え、側方降段が支持脚に与える影響や特徴について検討することを目的とした。

図1 高齢者の降段動作

II. 対 象

対象は整形外科的、神経学的疾患の無い健常成人男性11名とした（平均±標準偏差：身長 169.0 ± 5.1 cm、体重 61.4 ± 7.3 kg、年齢 23.3 ± 3.7 歳）。なお、本研究の趣旨を十分に説明し、同意を得た上で実験を行った。

III. 方 法

1. 降段条件

被験者は段上にて安静立位をとり、合図と共に降段動作を行った。先に振り出す脚（以下：先導脚）を右脚、支持する脚（以下：支持脚）を左脚とし、前方降段、後方降段、先導脚を身体前方に振り出す側方前降段、先導脚を身体後方に振り出す側方後降段を行わせた（詳細は図2参照）。なお、段の高さは30 cmとし、実験開始前に段差を取り付けた状態で床反力計のオフセットを行い、段差重量の鉛直方向への影響を取り除いた。

以下、実験手順を示す。1) 身長、体重等の被験者基礎データの計測、2) 降段動作練習、3) マーカー貼付、4) 降段動作4条件の計測をランダムに実施した。

2. 計測方法

計測にはOxford Metrics社製VICON512システムおよびKistler社製床反力計2枚、パーソナルコンピュータにより構成される三次元動作解析装置を使用した。臨床歩行分析研究会の推奨する10点マーカー（両肩峰、両大転子、両膝関節裂隙、両外踝、両第5中足骨頭）に頭頂マーカーおよび左右識別マーカーを加えた計12点を被験者に貼付し（図3）、降段動作中の空間座標データおよび床反力データをサンプリング周波数120 Hzにて計測した。

解析にはジースポート社製ARMOを使用し、座標系の変換後、各条件における降段動作中の支持脚（本実験では左脚）の関節角度および関節モーメントのピーク値を

図2 実験条件

図3 マーカー貼付箇所

抽出した。解析対象は右脚の遊脚開始から降段動作の終了までとした。

統計検定には一元配置の分散分析およびScheffeテストによる多重比較を行った。なお、統計学的有意水準を5%とした。

IV. 結果

後方降段と側方後降段では必要な膝関節屈曲角度および伸展モーメント、足関節の背屈角度および底屈モーメントが有意に減少した。一方、前方降段および側方降段では股関節の屈曲角度および伸展モーメントが有意に減少した（表1, 2）。

1. 足関節

足関節背屈角度は前方降段 26.7 ± 6.0 度、後方降段 15.18 ± 6.3 度、側方前降段 25.7 ± 8.8 度、側方後降段 12.7 ± 6.4 度であった。

足関節底屈モーメントは前方降段 74.3 ± 11.5 Nm、後方降段 37.0 ± 11.6 Nm、側方前降段 64.7 ± 12.2 Nm、側方後降段 35.63 ± 12.3 Nmであった。

2. 膝関節

膝関節最大屈曲角度は前方降段 125.2 ± 7.9 度、後方降段 85.6 ± 15.4 度、側方前降段 120.2 ± 15.1 度、側方後降段 90.8 ± 22.2 度であった。

膝関節伸展モーメントは前方降段 115.5 ± 5.5 Nm、後方降段 96.3 ± 11.7 Nm、側方前降段 114 ± 8.2 Nm、側方後降段 100.8 ± 8.6 Nmであった。

3. 股関節

股関節最大屈曲角度は前方降段 48.3 ± 9.0 度、後方降段 81.6 ± 6.6 度、側方前降段 50.3 ± 9.1 度、側方後降段 78.1 ± 6.7 度であった。

股関節屈伸モーメントは前方降段 -14.8 ± 55.3 Nm、後方降段 105.2 ± 29.4 Nm、側方前降段 -10.5 ± 37.0 Nm、側方後降段 120.5 ± 26.3 Nmであった（股関節屈曲モーメントにてマイナス、股関節伸展モーメントにてプラス）。

V. 考 察

本研究結果から、前方降段と側方前降段が、後方降段と側方後降段が類似した結果となり、側方降段における先導脚の振り出し方向が下肢関節運動に影響を及ぼす事が確認された。前方降段の特徴を述べ、その他の降段条件と比較しながら運動学的・運動力学的変化について検討していく。

1. 前方降段および側方前降段について

前方降段時には股関節屈曲、膝関節屈曲、足関節背屈にて降段動作を行っており、股関節伸展モーメント、膝関節伸展モーメント、足関節底屈モーメントがそれぞれ発生していた。また、側方前降段時の角度、モーメントは前方降段と類似した結果となった。

前方降段時および側方前降段中には、足関節が背屈していく。体重心位置が徐々に前方（足趾方向）移動していき、床反力ベクトルが足関節の前方を通り足関節底屈筋群の働きにより大きな底屈方向モーメントが発生する。また膝関節の屈曲により床反力ベクトルが膝関節中心の後方を通過するため、膝関節の伸展モーメントが発生する事が確認された。

山本ら⁷⁾は前方降段動作の特徴として、身体重心の急激な落下を防ぐため筋の遠心性収縮により制御が行われている事を報告している。本研究においても同様の傾向が認められた（図4）。

表1 関節角度結果

	前方降段	後方降段	側方前降段	側方後降段
足関節背屈	26.7 ± 6.0	15.2 ± 6.3	25.7 ± 8.8	12.7 ± 6.4
膝関節屈曲	125.2 ± 7.9	85.6 ± 15.4	120.2 ± 15.1	90.8 ± 22.2
股関節屈曲	48.3 ± 9.0	81.6 ± 6.6	50.3 ± 9.1	78.1 ± 6.7

単位は度, *:有意差有り

表2 関節モーメント結果

	前方降段	後方降段	側方前降段	側方後降段
足関節底屈	74.3 ± 11.5	37.0 ± 11.6	64.7 ± 12.2	35.6 ± 12.3
膝関節伸展	115.5 ± 5.5	96.3 ± 11.7	114.0 ± 8.2	100.8 ± 8.6
股関節屈伸	-14.8 ± 55.3	105.2 ± 29.4	-10.5 ± 37.0	120.0 ± 26.3

股関節はマイナスで屈曲モーメント, 単位はNm, *:有意差 p<0.05

図4 前方降段, 側方前降段時

図5 後方降段, 側方後降段時

2. 後方降段および側方後降段について

一方, 前方降段と比較して後方降段および側方後降段時には, 足関節の背屈角度, 膝関節の屈曲角度が低下し, 股関節の屈曲角度が増加した。同様に, 足関節の底屈モーメントおよび膝関節の伸展モーメントが低下し, 股関節の伸展モーメントが増加した。

富樫⁹⁾は, 筋電図を用いた評価により後方降段中の下肢筋電活動が減少する事を報告しており, 本研究においても同様の傾向が認められた。

後方降段時には踵方向に重心が移動していき, 床反力ベクトルが足関節の関節中心付近を通過し, 足関節底屈モーメントの減少につながると考えられた。同様に膝関節中心位置が床反力ベクトルに近づくように移動し, モーメントアームが短縮する為, 膝関節伸展モーメントが減少すると考えられた。一方, 股関節中心が床反力ベクトルから大きく後方に離れていく為, 股関節の伸展モーメントの増大につながったと考える (図5)。

植松⁸⁾は若年者と高齢者における歩行中の下肢関節モーメントを比較し, 股関節伸展モーメントに有意差が認められないことを報告している。また, 高齢者における足底背屈角度の減少, 足関節底背屈筋力の低下, 膝関節伸展筋力の低下⁹⁾等も報告されている。そのため高齢者では膝関節や足関節に要求される運動が少ない後方降段や側方後降段により, 安全かつ容易な動作が可能であると考える。

しかしながら, 後方降段時や側方後降段時には股関節における屈曲角度が大きく伸展モーメントが有意に増加している。より高い段差では屈曲角度および伸展モーメントが更に大きくなる事が予測され, 股関節機能

低下者に後方降段や側方後降段動作を指導する際には注意が必要である。

3. 側方前降段と側方後降段について

側方前降段は前方降段, 側方後降段は後方降段と類似した結果となり, 前者では足関節および膝関節による重心の制御が必要となり, 後者では股関節による重心の制御が必要になる。本研究結果から側方降段中の先導脚の振り出し方向が下肢関節運動および下肢関節モーメントに影響を及ぼす事が確認された。そのため日常生活動作練習等で側方降段を指導する場合には, 先導脚の振り出し方向に対する配慮が重要である。

また, 側方降段のメリットとして, 両手で手すりが把持しやすい, 後方降段と比べて視認性が良い, 踏面長が短い場合における滑落の防止等の有効性が考えられるが, 本研究ではこれらの検討を行っていないため今後の検討課題である。

これまで, 下肢関節角度および下肢関節モーメント, 筋電図等を用いた評価により後方降段の有効性が報告されてきたが^{4,6)}, 吉田¹⁰⁾は, 後方降段による不安感や抵抗感を抱く症例について報告しており, 対象者の身体状況や心理状況に対する評価を十分に行い適切な動作方法の指導を行うことが重要であると考えられる。

VI. まとめ

降段方法の違いが支持脚の下肢関節に及ぼす影響について調査を行った。側方前降段が前方降段と側方後降段が後方降段と類似する結果となった。側方後降段およ

び後方降段により足関節背屈角度および底屈モーメント, 膝関節屈曲角度および膝関節伸展モーメントの減少が確認され, 同時に股関節屈曲角度および股関節伸展モーメントの増加が確認された。前方降段および後方降段が困難な場合でも, 側方降段により動作の代替が可能であると考えられた。また, 先導脚の振り出し方向が下肢関節運動および下肢関節モーメントに影響を及ぼす事が確認され, 各人の身体状況に合わせた降段動作方法の指導が必要であると考えられた。最後に, 本研究は矢状面に着目して検討を行っており, 今後, 前額面及び水平面のデータを統合し検討を進める必要があると考える。

引用文献

- 1) 丸山仁司：階段昇降と加齢変化. 理学療法, 1994, **11**(4): 289-294.
- 2) 池田 誠：屋外環境における高齢者の歩行. 理学療法, 2001, **18**(4): 400-406.
- 3) 黒後裕彦：関節モーメントによる健常者の段昇降分析. リハビリテーション医学, 2000, **37**: 389-397.
- 4) 伊藤正明, 田中重徳, 石井清一：階段昇降, 逆降り時の膝関節モーメントの三次元解析—階段昇降時痛との関係. 別冊整形外科, 2002, **42**: 44-47.
- 5) 枝松千尋, 宮川 健, 早田 剛・他：階段昇降における二足一段昇降と下肢への負担. 体力化学, 2001, **50**: 453-466.
- 6) 富樫寛子：階段降段の動作分析—前降りと後ろ降りの比較—. 秋田理学療法, 2002, **10**(1): 17-19.
- 7) 江原義弘, 山本澄子：関節モーメントによる歩行分析. 臨床歩行分析研究会(編), 医歯薬出版, 東京, 2001, pp28-31.
- 8) 植松光俊, 金子公宥：高齢女性の自由歩行における下肢関節モーメント. 理学療法学, 1997, **24**(7): 369-376.
- 9) 植松光俊, 塩中雅博, 江西一成：高齢者の歩行特性. 理学療法, 2001, **18**(4): 382-392.
- 10) 吉田英樹, 松崎隆幸：片麻痺例での非麻痺側先行前方アプローチによる階段を降りる動作—3症例による検討—. 理学療法学, 2002, **29**(7): 266-269.