548 転倒予防エクササイズが歩行動作および重心動揺に及ぼす影響

Influence of fall prevention exercise on walking movement and body sway

○准 井上伸一 (佐賀大学), 准 斉藤健治 (佐賀大学), 檜垣靖樹 (佐賀医科大学),
甲斐今日子 (佐賀大学), 相浦真二郎 (佐賀大学)

Shin-ichi Inoue, Saga University, Honjo1, Saga-Shi, Saga

Kenji Saitou, Saga University

Yasuki Higaki, Saga Medical School

Kyoko Kai, Saga University

Shinjiro Aiura, Saga University

The purpose of this study was to investigate the age-related change of gait and body sway and to clarify the effect of fall prevention program for three months.

As a result, gait and body sway had a tendency that step length narrowed, trunk leaned forwards, knee joint flexed, toe angle got smaller, toe height got lower, and path length that was the index for body sway increased with age. Then, after the exercise for three months, the characteristic of gait and body sway of elderly people got close to that of younger people. These results demonstrated the effectivity of the fall prevention program kinematically.

Key Words: fall prevention, walking movement, body sway

A1. はじめに

転倒による骨折等が原因で介護状態におちいるケースが少なくない。各地方自治体などは各地で介護予防のひとつとして転倒予防教室などを行っている。

転倒の原因は歩行動作や姿勢制御能力と深く関わっているため、転倒予防プログラムの有効性を判断するにはそれらを総合的に評価する必要がある。

本研究は、加齢にともなう歩行動作や重心動揺の特徴を明らかにすることを第1の目的とし、また3ヶ月間の転倒予防教室の効果を歩行動作や重心動揺から評価することを第2の目的とする。

A2. 結果・考察

Fig. 1 に年齢階級別のつま先角度と重心動揺の指標のひとつである重心動揺平均速度 (PathLength) を示す。加齢にともない前足着地時の体幹は前傾し、膝は屈曲し、つま先角度が水平に近づき、遊脚期のつま先の最大高は低くなった。また PathLength の値は大きくなった。

Fig.1 Age-related changes of toe angle and path length

Fig.2 Change of toe angle and path length before and after exercise.

また Fig. 2 に一例を示したように、3ヶ月間のトレーニングによりほとんどの測定項目で平均値がより若年者の値に近づいており、トレーニングの有効性が実証された。

1. はじめに

わが国は世界一の長寿国であり、特に 75 歳以上の後期高齢者の数は増加の一途をたどっている。高齢者が自立した生活を送れるよう健康の維持増進を推進することが国家的な課題のひとつとなっている。

わが国の介護状態にいたる原因は脳血管疾患が 29.3%、高齢による衰弱が 12.1%、転倒・骨折が 10.4%となっており、日常的にどこでも起こりうる転倒がかなりの割合を占めていることが報告されている⁽¹⁾。このようなことから近年、転倒予防に関する関心も高まり地方自治体等で転倒予防教室などが開催されている。

高齢になるにしたがい転倒する確立が高くなるが⁽²⁾、その原因としてめまいや失神のような平衡失調によるものと、予期しない平衡失調、つまりつまずいたり滑ったりしたときの補正能力の低下が指摘されている⁽³⁾。後者に関しては加齢にともない反応時間が遅くなることや筋力が低下してくること、また関節可動域が縮小することにより、歩行中の予期せぬ外乱に対する姿勢制御が適切に行われないうために生じるとされている⁽⁴⁾。

加齢による身体機能の低下は歩行動作にも影響を与える。Kaneko ら⁽⁵⁾は高齢者の歩行は上体の左右の動きが大きく左右の足幅が広いことを、山本ら⁽⁶⁾は関節可動域が小さくなることを、他にも身体各部位の運動学的データから高齢者の歩行動作の特徴についての研究例が多数ある⁽⁷⁾⁽⁸⁾。しかしこれらの研究は若年者と高齢者との比較を行ったものであり、中高齢者の歩行動作を年齢階級別に比較したものは少ない。同様に身体重心の動揺に関しても、幼児期から青年期にかけて年齢階級別に比較した研究⁽⁹⁾はあるが、中高齢者を対象としたものは少ない。

そこで本研究の第一の目的は中高齢者をいくつかの年齢群に分け加齢にともなう歩行動作や重心動揺の変化を横断的に調べることである。

また本研究の第 2 の目的は、近年各地で行われている転倒予防プログラムの有効性を評価することである。つまり一定期間の転倒予防プログラムの実施前後で歩行動作の運動学的データに変化が見られるか、重心動揺についてはどうかを測定し、またその動作、重心動揺の変化が高齢者の転倒予防につながるかどうかを年齢階級別にみたそれらの違いと照らし合わせて評価することとする。

2. 実験方法

2-1. 被検者

被検者は佐賀中部広域連合が主催する「転倒予防のための健康教室」に参加した者と対照群として測定を依頼した者である。被検者は教室参加前と 3 ヶ月間の教室終了後に測定を行った。

2-2. 測定方法

歩行動作は画像解析によりデータを算出した。被検者には身体各部位にテープでマーキングを施し、10mの歩行運動を行わせた。この際被検者には通常の歩行動作を行うよう指示した。被検者の側方にデジタルビデオカメラを設置し、歩行動作の少なくとも 1 周期が収まるよう画格を調整した後撮影を行った。

撮影した画像はコンピュータに画像ファイルとして取り込み、画像処理ソフトウェア (MoviePointer) を用いてデジタル化を行い、身体各部位の座標をデータベースソフトウェア (Microsoft Excel) へ入力した。画像取り込みのサンプリングは 60 フレーム/秒である。

これらのデータから歩幅、前足が着地する際の体幹角度、膝関節角度、つま先角度および遊脚期のつま先の最大高を算出した。なお歩幅に関しては身長の影響を除くため歩幅を身長で除した値、体幹角度は頸、大転子、大転子から地面に対して垂線を降ろした一点からなる角度、膝関節角度は大転子、膝、足首からなる角度、つま先角度は地面を基準として踵とつま先からなる角度とした。

重心動揺についてはフォースプレート上に被検者を直立姿勢にて動かないよう指示し、開眼で 30 秒間の重心の軌跡を記録した。このときのフォースプレートのサンプリングは 1000Hz とした。

2-3. 健康教室のトレーニングについて

健康教室は週に 1 回の頻度で 3 ヶ月間行われた。保健士による血圧測定、問診の後、2 時間程度のトレーニングを行った。トレーニングはストレッチ、軽度のエアロビクス、ゴムや軽いおもりを用いた軽度の筋力トレーニング等で構成されている。なお歩行動作の指導等はいっさい教室では行っていない。

2-4. データの比較

本研究は歩行動作および重心動揺の年齢階級別比較とトレーニング前後の比較を行っている。歩行動作においては対照群を測定しているが重心動揺については測定できなかった。

た、年齢階級別比較については歩行動作は健康教室参加者とコントロール群をあわせた 158 名 (50 代 41 名 54 ± 4.3 歳, 60 代 66 名 65 ± 3.2 歳, 70 代 32 名 75 ± 2.8 歳, 80 代 19 名 83 ± 2.8 歳) を用い, 重心動揺は 160 名 (50 代 41 名 54 ± 4.3 歳, 60 代 65 名 65 ± 3.2 歳, 70 代 36 名 75 ± 3.2 歳, 80 代 18 名 83 ± 2.7 歳) とした。またトレーニング前後比較については被検者を歩行動作 74 名 (50 代 17 名 53.8 ± 2.5 , 60 代 37 名 64.6 ± 3.5 , 70 代 20 名 75.2 ± 4.1), 重心動揺 69 名 (67.4 ± 8.7) としコントロール群は歩行動作のみ 20 名 (68.7 ± 10.2) であった。

3. 結果

3-1. 年齢ごとの歩行動作の特徴

Fig.1 は各年齢階級群の歩行動作の分析結果を平均値と標準偏差で示したグラフである。なおグラフ中には 50 歳群に対する各年齢階級群の有意差検定の結果を示している (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$)。

歩幅は加齢にともない有意に減少している (70 歳群と 80 歳群には有意差なし, それ以外 $p < 0.01$)。体幹の角度は加齢に伴い減少しており, 体幹が前かがみになる傾向を示している (50 歳群と 70, 80 歳群, 60 歳群と 80 歳群, 70 歳群と 80 歳群で $p < 0.01$)。膝関節角度は加齢に伴い若干屈曲傾向にあるが 50 歳代と 80 歳代 ($p < 0.01$) 以外では有意な差が見られなかった。またつま先の角度は加齢にともない減少しており (50 歳群に対してはすべて $p < 0.01$, 60 歳群と 80 歳群は $p < 0.05$)、着地の際のつま先がさがってくることを示している。遊脚期のつま先最大高は加齢にともないわずかに減少している (50 歳群に対してすべて $p < 0.05$)。

3-2. トレーニング前後の歩行動作の変化

トレーニング前後の比較を行うにあたり対照群も同時に測定したが, すべての項目について有意な差が見られなかった。トレーニング前後の年齢階級別の比較を Fig.2 に示す。歩幅は 50 歳群ではトレーニング後小さくなり 70 歳群では逆に増加していた。体幹角度はトレーニング後すべての群において増加したが, 年齢が高くなるにつれ増加率が高くなっていた。膝関節角度は 50, 60 歳群では有意に増加したが 70 歳群ではほとんど変化が見られなかった。つま先角度は 50 歳群ではつま先の最大高は 50 歳群ではほとんど変化がなく 60 歳群で増加し, 70 歳群では有意差は見られないもののわずかに増加していた。

Fig.1 Age-related changes of step length, trunk angle, knee angle, toe angle, toe height, and path length.

Fig.2 Age-related changes of step length, trunk angle, knee angle, toe angle, and toe height before and after exercise

Fig.3 Change of path length before and after exercise

Fig.3に Path Length の結果を示す. なお重心動揺の測定においては被検者数が少なかったため年齢ごとの区別をしていない. トレーニング後値は有意に小さくなっていた.

4. 考察

4-1. 加齢に伴う歩行動作や重心動揺の変化

加齢は, 筋, 神経系, 感覚器官, 高次機能など身体運動を司る感覚機能と運動機能の低下を引き起こすことが知られている⁽¹⁰⁾. Fig.1に5つの項目を示したが, すべてのグラフにおいて年齢が上がるにつれ値は減少しており, 歩行動作や重心動揺においても加齢の影響を強く受けることをこの結果は示している.

歩幅は加齢にともない顕著に減少しているがこのことは多くの先行研究と一致している⁽¹¹⁾. これは加齢に伴う下肢筋力の低下, 関節可動域の減少などの機能的な変化とともに, 「高齢者は立脚期時間が長くなり遊脚期時間が短くなる」という Murry ら⁽⁸⁾の指摘から考えると, 高齢者は転倒を避けるため, 歩幅を短くすることにより, できるだけ片足支持の時間を短縮しようとするためであろうと予想される.

体幹は年齢とともに前傾している. 高齢者の立位姿勢の特徴として脊柱の強度の湾曲があげられるが, 歩行動作中においてもこの姿勢が反映されていることがわかる.

つま先角度も加齢にともない小さくなり, 着地時のつま先があまり地面から上がらなくなってくる. 歩幅の縮小, あるいは膝関節角度の屈曲傾向により前足下腿部の踏み出し角が地面に対してより垂直に近くなるため, 足関節の背屈の度合いがたとえ同じであってもつま先角度が小さくなるのではないかと予想される. また山本ら⁽⁶⁾は, 離地時の足関節底屈角が加齢に伴い小さくなっていることから高齢者は足底屈運動を積極的に使っていないことを指摘しているが, 着地時においても背屈運動がおこなわれずつま先角度が小さくなったのだと思われる.

つま先の最大高も年齢とともに低くなっている。井上ら⁷⁾は高齢者はけり出し時の後方へのキック力が弱いことを報告している。筋力の低下により足関節の可動域が狭まり、また引き上げ動作も弱まっていることから低くなったものと思われる。

加齢にともないつま先の最大高が低くなるということ、また着地時のつま先角度が小さくなるということは遊脚期のつま先が常に低い位置で移動していることを示している。歩行面に予期せぬ障害物があつた場合、高齢者のほうがそれにつまりく可能性がより高いということをこの結果は表している。

体幹が前傾すれば前足を前へ大きく振り出すことは大腿 3 頭筋に負担をかけるため困難になる。それが歩幅が小さくなる原因のひとつであると考えられる。若年者のように体幹の前傾が小さくなれば歩幅も大きくなりつま先角度も大きくなる。また歩幅が大きくなれば着地時の前後のバランスは支持面積が大きくなることから安定しているといえる。

これらのことから理想的な歩行動作は、歩幅が適度に広く、体幹の角度は地面と垂直に近く、着地時の膝関節角度はできるだけ伸展位で、なおかつつま先角度は大きく、遊脚期のつま先の最大高が高い、と定義することができる。つまりより若年齢群の歩き方に近づけることが好ましいということがいえる。しかし高齢者は筋力や柔軟性の欠如により徐々に高齢者特有の歩き方になっている。歩き方だけを指導して変化させることは、別の障害を引き起こす可能性も考えられる。

Don ら⁸⁾は重心動揺の評価値として Path Length を用い、5~18 歳の子供を測定しているが、年齢があがるにつれ Path Length の値は小さくなっていることを報告している。Path Length は重心動揺の移動速度の平均値を示すが、この値が小さくなることは重心が安定していると見なしてよい。加齢にともない Path Length が増加していることから高齢者は立位姿勢での身体制御能力が低下していることを示しており、このことが転倒増加の原因となっていると考えられる。

4-2. トレーニング前後の歩行動作の変化

ストレッチトレーニングや筋力トレーニングにより歩行動作や重心動揺に変化をもたらすかどうかを調べたのがここでの目的である。方法でも述べたように健康教室においては歩き方に関するトレーニングは行っておらず、また歩き方に関する講習等も行われていない。それにもかかわらず Fig.2 に示すように各測定項目において顕著な違いがでてきたこ

とは興味が持たれるところである。

歩幅の 50 歳群において有意に値の低下が見られるが、他の有意差が見られる項目においてはすべてトレーニング後で値が上昇しており、トレーニングによって歩行動作が改善されていることを表している。

本研究の比較対象とした 5 つの項目は、それぞれがお互いに影響を及ぼしていると考えられる。静止立位姿勢では加齢によって脊柱が湾曲し体幹角度は前傾するが、これに伴い身体重心の位置は後方へ移動する。これを矯正するために膝関節は屈曲する。体幹が前傾し膝が屈曲した立位姿勢は高齢者の典型的なものであるが、この姿勢で歩行動作を行うならば、つま先の角度は低下し、歩幅も小さくなる。足の運びはすり足のようになり、当然つま先の最大高も低くなる。

トレーニングにより筋、特に下肢の筋である腓腹筋、前頸骨筋、大腿 3 頭筋、大腿 4 等筋等が活性化されると、けり足の底屈力（キック力）や足部の引き上げ、振り出し力が増大する。その結果歩幅、つま先角度、つま先の最大高、膝関節角度は増大したものと予想できる。また下肢の改善された動作が体幹を引き起こす作用として働いたのか、あるいは後背筋などの筋力アップが体幹の角度に影響を及ぼしたのかもしれない。

重心動揺についても同様にトレーニング効果が表れている。重心動揺の測定は一般的な体力測定などと比較しても被検者自身にとっては非常に簡単な検査方法である。Path Length 等の指標により中高齢者の姿勢制御能力の評価が確立されれば、転倒予備群の抽出が可能となり、転倒予防教室の有効性も高まるだろう。

5. 参考文献

- (1) 介護予防活動研究会編, 介護予防実践ハンドブック, (2002), 5-6
- (2) Riffle K. L., Falls: Kinds, causes and prevention, Geriatric Nursing, April/ May, (1982), 165-169
- (3) M. H. ウーラコット, A. シャムウエイークック編, 姿勢と歩行の発達, (1993), 179-180
- (4) Benton A.L., Interactive effects of age and brain disease in reaction time, Archives of Neurology, 34, (1977), 369-370
- (5) Kaneko M., et al., Biomechanical analysis of walking and fitness testing in elderly women, Fitness for the

- Aged, Disabled, and Industrial worker, (1990), 84-89,
Human Kinetics Publisher, III
- (6) 山本明美, ほか, 加齢に伴う歩行能力の退行, Jpn. J.
Sport Sci., 14-4, (1995), 445-450
- (7) 井上伸一ほか, 歩行速度の変化が歩行運動に及ぼす影響
—高齢者と若年者との比較—, 九州体育・スポーツ学研
究, (1998), 19-25
- (8) Murray M. P., et al., Walking patterns of healthy old
men, J. Gerontol., 24, (1969), 169-178
- (9) Don R.W. et al., Postural balance measurements for
children and adolescents, Journal of Orthopaedic
Research, 16, (1998), 271-275
- (10) 勝田茂, 高齢者の筋トレーニング能力, 体力科学,
48, (1999), 9-13
- (11) Himann J. E., et al., Age-related changes in speed
walking, Med. Sci. . Sports Exerc., 20, (1988), 161-166