高齢者の足踏み検査分析†

関 守 広¹⁾・石 田 明 允²⁾・小松崎 篤³⁾

はじめに

近年、平均寿命の延長に伴って高齢者の平衡機能が問題になってきている。これからの高齢化社会においては、加齢による前庭系への影響を検討し、リハビリテーションや治療法の選択の基準を作成し、さらに臨床的に導入可能な動的平衡検査法の開発が必要となりつつある。静的平衡機能検査としては重心動揺計が加齢の影響による変化を定量的に分析することを可能とした。しかしながら、動的平衡検査による定量的な報告は少ない。

我々は足踏み検査(福田)¹⁾を時間的に計測することを目的に Stepping Recorder を開発した。本検査法(Stepping Recorder)は、従来の足踏み検査に足底スイッチを用いてコンピュータに取り込み、片脚支持時間(single support time)と両脚支持時間(double support time)に分けて、分析するものである。今回高齢者を対象に足踏み検査を実施し、若干の知見を得たので報告する。

対 象

耳疾患、運動障害がなく、足踏み検査(福田)で正常な高齢者グループ30例(男性20例、女性10例、60～65歳)と若年者グループ30例(男性20例、女性10例、20～30歳)を対象とした。

方 法

足底部の前部と後部にスイッチを装着し、この2つのスイッチの少なくとも一方が ON の状態をその足の接地状態とし、2つのスイッチの両方が OFF の状態を離地状態とした。

スイッチは厚さ0.5mmの導電性ゴムを電極板に挟んで構成した。全体の厚さは3mmで、前部スイッチは30mm×100mm、後部スイッチは20mm×80mmの大きさである。導電性ゴムはゴムの中に炭素粒子を入れたもので、圧力により抵抗が減少しスイッチ素子として使用できる。

図1 ステッピングレコーダシステム。

図2 片脚支持時間と両脚支持時間の分析図。

スイッチからの信号はA/D変換器を介して10msでサンプリングしてコンピュータに取り込み、片脚支持時間、両脚支持時間等の平均値、標準偏差を計算しヒストグラムを表示した。また0.8、1.0、1.2、1.4、1.6Hzの5段階の足踏みリズムはコンピュータ内蔵のブザーを用い、リズムにあわせて足踏み接地を行わせた(図1,2参照)。

結 果

図3に示すように高齢者グループ、若年者グループの各周波数リズムに応答する片脚支持時間の比較を示す。0.8、1.2、1.4、1.6Hzに有意差を認めた($P<0.01$)。特に0.8Hzでは高齢者グループは、若年者グループと比較して、片脚支持時間が短縮しており、大きい標準偏差を示した。1.0Hzでは高齢者グループ、若年者グループ間に有意差は認められなかった。

図4に示すように高齢者グループ、若年者グループの

† Analysis of Stepping Test of Older Subjects
Morihiro Seki¹⁾, Akimasa Ishida²⁾ and Atsushi Komatsuzaki³⁾

¹⁾ 都立駒込病院耳鼻咽喉科

²⁾ 東京医科歯科大学医器材研究所

³⁾ 東京医科歯科大学耳鼻咽喉科学教室

図3 高齢者、若年者の各周波数リズムにตอบสนองする片脚支持時間の比較。

図4 高齢者、若年者の各周波数リズムにตอบสนองする両脚支持時間の比較。

各周波数リズムにตอบสนองする両脚支持時間の比較を示す。片脚支持時間と同様の傾向を示し、0.8, 1.2, 1.4, 1.6 Hz に有意差を認めた ($P < 0.01$)。特に 0.8 Hz では高齢者グループは若年者グループと比較して両脚支持時間が極端に延長しており大きい標準偏差を示した。1.0 Hz で

は片脚支持時間同様、高齢者グループ、若年者グループ間に有意差は認められなかった。

考 案

近年、平均寿命の延長、急激な生活環境、食生活などの変化により高齢者平衡機能が問題になってきている。従来から加齢により姿勢や歩行が変化することがいわれているが、これからの高齢化社会においては、歩行と加齢との関係を調べる上でも、臨床的に導入可能な動的平衡の検査法の開発が必要である。

足踏み検査(福田)¹⁾は、Unterberger²⁾の Tretversuch および Hirsch³⁾の Waltzing test を発展させたもので、日常臨床で片脚前庭障害例などの障害側偏倚を検出する方法として用いられており、再現性も高いことから運動時における前庭脊髄反射の調節機構を反映するものと考えている⁴⁾⁵⁾。

有働⁶⁾は実際の歩行運動においては、個々の筋の長さ、張力、肢の接地等の運動の刻々の状況が四肢の受容器から中枢神経に送りこまれ、この情報によって円滑な歩行パターンとなると述べている。この調節系では歩行パターンに小脳が大きく関与していると考えられる。Larish ら⁷⁾は、高齢者の歩行が若年者と異なる点として、ステップ長の短縮、歩調の増加、両脚支持の延長などがあげられると述べている。

動物実験では、Shink ら⁸⁾は、無小脳、視床障害のネコは、視床下部、中脳の運動中枢が刺激されると運動を起こすことから、小脳は歩行リズムの発生に不可欠ではないが、肢の運動動作のタイミング調整に関係していると述べている。また、Schomberg ら⁹⁾は L-DOPA 投与後の脊髄障害ネコで誘発された歩行周期に対して小脳が運動中の肢間調整に関与すると述べている。さらに小脳の役割として反射調節が関与するとの報告がある^{10)~12)}。このように足踏み運動におけるリズム対応能に関しても小脳の役割は重要と考えられる。

我々は、足踏み検査(福田)を時間的に片脚支持時間、両脚支持時間に分け分析することで、運動の対称性、さらにリズム負荷によりヒトのリズム対応能について検討し、加齢の影響を定量的に評価できることを期待した。今回のリズム負荷による足踏み検査は、0.8, 1.0 Hz の遅いリズムで、若年者グループに比較して高齢者グループで、標準偏差が大きく不安定な歩容がみられた。このことは高齢者グループにおいて遅いリズムに対するリズム対応能が低下していると推察される。このようなリズム対応能の低下は、高齢者における小脳系の老化現象が大きく関与しているものと考えた。

従来の足踏み検査では、被検者の自発的なリズムで、足踏みが行われている。本検査で、1.0 Hz のリズムで両脚支持時間、片脚支持時間ともに有意差が認められな

った理由の一つとして、若年者が各リズムに対応してスムーズな足踏みができると仮定すれば、高齢者にとって1.0Hz周辺に、最適なリズムがあると考えられる。しかし、1.0Hzでも、標準偏差が大きくバラツキがみられるので高齢者にとって必ずしも安定した歩容とはいえず、今後、実際に自発的リズムを計測し、今回の検査と比較して検討を加えたい。

一方、高齢者のめまいやふらつきの原因の一つとして、加齢による前庭系の変性が影響を及ぼす可能性が考えられる。前庭の加齢による変性に関しては Rosenhall¹³⁾は、個人差はあるものの高齢者グループは若年者グループと比較して、感覚細胞数の減少は半規管の膨大部稜において約40%、平衡斑で約20%減少しており、加齢による前庭の変性がみられると述べている。また、Bergström¹⁴⁾は生後間もない小児から85歳までの11例について35歳までの若年者グループの4人は、平均で18346の神経線維を有し75歳から85歳までの5例の高齢者グループでは個人差がみられるが、平均で11506の神経線維を有し、高齢者グループの神経繊維の減少は約37%で統計的にも有意であり、前庭感覚細胞とその神経線維数は一般に高齢化とともに減少し、通常は40歳位から減少が始まると述べている。さらに松永¹⁵⁾は加齢による前庭の変性が生じれば、体平衡系に影響を及ぼす可能性はあると述べている。

臨床的には末梢前庭障害では、単脚直立検査で動揺、転倒傾向が観察できる。この傾向は、一般的に若年者と比較して高齢者に認められる。このことは、加齢による歩容の変化と関連があると推定できる。しかしながら、前庭系の影響のみを純粋にとりだして調べる動的検査法はいまのところなく、今後、加齢の前庭への影響がより詳細に検討されることを期待したい。

まとめ

- ①運動や姿勢に対する加齢の影響を調べるために Stepping Recorder を試作し足踏み運動の分析を行った。
- ②リズム (0.8~1.6Hz) に合わせて足踏み検査を行い、片脚支持時間と両脚支持時間をパラメータとして検討した。
- ③高齢者グループ、若年者グループの各周波数に应答する片脚支持時間は0.8, 1.2, 1.4, 1.6Hzで統計学的に有意差を認めた。特に0.8Hzでは、高齢者グループの片脚接地時間が短縮しており、大きい標準偏差を示した。
- ④同様に両脚支持時間でも0.8, 1.2, 1.4, 1.6Hzで統計学的に有意差を認めた。特に0.8Hzでは、高齢者グループの両脚支持時間は極端に延長しており、大きい標準偏差を示した。
- ⑤足踏み検査にリズム負荷をすることで若年者に比較し、

高齢者のリズム対応能の低下が認められ、このことは、小脳系の老化が大きく関与すると結論した。

なお、本論文の要旨は第50回日本平衡神経科学会に於いて発表した。

文 献

- 1) Fukuda T : The stepping test. Two phases of the labyrinthine reflex. Acta Otolaryngol 50 : 95-108, 1959
- 2) Unterberger S : Neue objective registrierbare Vestibularis-Körperdrehreaktion, erhalten durch Treten auf der Stelle. Der "Tretversuch". Archiv für Ohren-Nasen-Kehlkopfheilkunde 145 : 478-462, 1938
- 3) Hirsch C : A new labyrinthine reaction : "The waltzing test". Ann Otol Rhinol Laryngol 49 : 232-238, 1940
- 4) 大久保仁, 堤内邦彦, 吉積 隆, 石川紀彦, 大柿徹, 他 : 足踏み検査にみられる重心動揺軌跡の分析の研究—左右乗り換えの時間の検討—. 耳鼻臨床 73 : 1781-1789, 1980
- 5) 渡辺 勲, 石田博義, 大久保仁, 新関泰夫 : 外耳道圧負荷の足踏み運動と立位姿勢に及ぼす影響. 姿勢研究 6 : 93-100, 1986
- 6) 有働正夫 : 四足歩行運動と中枢プログラミング. 伊藤正夫, 島津 浩編. 現代の神経科学 3, 高次脳機能と中枢プログラミング. 84-86頁, 産業図書, 東京, 1976
- 7) Larish D, Martin E, Mungiole M : Characteristic patterns of gait in the healthy old. Ann New York Acad Sci 515 : 18-32, 1988
- 8) Shik M, Orlovsky G : Neurophysiology of locomotor mechanism. Physiol Rev 56 : 465-501, 1976
- 9) Schomburg E, Roseler J, Meinck H : Phase-dependent transmission in the excitatory propriospinal reflex pathway from forelimb afferents to lumbar motoneurons during fictive locomotion. Neurosci Lett 4 : 249-252, 1977
- 10) Duysens J, Stein R : Reflexes induced by nerve stimulation in walking cats with implanted cuff electrodes. Exp Brain Res 32 : 213-224, 1978
- 11) Forssberg H, Grillner S, Rossignol S : Phase dependent reflex reversal during walking in chronic spinal cats. Brain Res 85 : 103-107, 1975

- 12) Ito M : The Cerebellum and Neural Control.
Chapter 29 : 432-435, Raven press, New York,
1984
- 13) Rosenhall U : Degenerative patterns in the
aging human vestibular neuro-epithelia.
Acta Otolaryngol 76 : 208-220, 1973
- 14) Bergström B : Morphology of the vestibular
nerve II. The number of myelinated vestibular
nerve fibers in man at various age. Acta
Otolaryngol 76 : 173-179, 1973
- 15) 松永 亨 : 老人の前庭機能病態. 野村恭也, 本庄
巖, 設楽哲也編. 耳鼻咽喉科・頭頸部外科 Mook
12, 老年と耳鼻咽喉科 : 46-55, 金原出版, 東京,
1989

Abstract

The present study was designed to evaluate the influence of aging on movement and posture. A group of 30 elderly subjects and a group of 30 younger subjects were given a stepping test

at different speeds (0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6 Hz) produced by a stepping recorder, and single support time and double support time were evaluated as parameters.

A statistically significant difference was noted at 0.8, 1.2, 1.4, and 1.6 Hz in the single support time.

Similarly, a statistically significant difference was noted at 0.8, 1.2, 1.4, 1.6 Hz in the double support time. It is concluded that aging exerts an influence on the posture and movement control systems even when the results of ordinary stepping tests are normal.

Key words : stepping test, older subjects, support time

(原稿到着 : 平成 4 年 7 月 10 日
別刷請求先 : 関 守 広
〒113 東京都文京区本駒込 3 丁目 18 番 22 号
都立駒込病院耳鼻咽喉科)