幼児期における足踏み運動時の頭部動揺の発達的变化

田中 敦士¹⁾・奥住 秀之²⁾

Developmental Trends of the Head Movement during Stepping in Pre-school Children

Atsushi Tanaka¹⁾, Hideyuki Okuzumi²⁾

¹⁾Graduate School of Education, Tohoku University

²⁾Department of Kinesiology, Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology

This study investigated the developmental changes in head movement during stepping in toddlers. The subjects were 39 toddlers aged 4 to 6 years, and 13 adults aged 19 to 22. Vertical and horizontal head movements during ordinary stepping were measured with a position-sensor. The length of head movement for 1024 points of A/D converted data at 20.48 sec intervals was calculated as an index of magnitude for each of the 2 types of vertical and horizontal movements. Results were as follows: (1) The horizontal magnitude was nearly equal between 4 and 5 years, and significantly decreased at 6 years. (2) The vertical magnitude didn't change from 4 to 6 years.

Key words: stepping, gait, head movement, development, toddlers

はじめに

足踏み運動は歩行運動の基本型¹⁾で、歩行に必要な生体力学的要素²⁾とされている。そのため近年臨床的な歩行機能の検討の際には、実際の歩行に代わって足踏み運動が測定されることも多くなってきた。その指標としては頭部動揺がよく取り上げられており^{3)~7)}、一般に動揺が大きいほど足踏みが不安定であるとされている。歩行が年齢とともに変化することはよく知られており、その発達的变化を検討した研究はこれまで見られるが^{8)~13)}、足踏み運動の発達変化について調べた研究は見られていない。そこで本研究では、幼児の足踏み運動中における頭部動揺の発達的变化について検討した。なお、歩行時の頭部動揺は左右、上下の方向別に注目されていることから²⁾、

この2方向について調べた。

方 法

(1) 被験者

被験者は、4歳児13名(男8名、女5名)、5歳児13名(男7名、女6名)、6歳児13名(男5名、女8名)、及び19歳~22歳の健常成人13名(男7名、女6名、平均暦年齢20.3歳)である。いずれも、弱視・斜視などの感覚障害や、麻痺などの運動障害、発達遅滞などが見られなかった。なお、4歳児とは満4歳を指す。健常児は、1つの幼稚園に在籍する園児のうち測定の協力が得られ、かつ上記の障害のない者を対象とした。

(2) 装置

図1は、測定装置に関するブロックダイアグラムである。測定中の被験者の周辺視情報を統制するため視覚刺激表示ボード¹⁵⁾¹⁶⁾を用いた。これは高さ180cm、半径50cmの半円柱型のもので、高さが約60cm可変する。被験者がボード

¹⁾ 東北大学教育学研究科知能障害学講座

²⁾ 東京都老人総合研究所運動機能部門

図1 視覚刺激呈示ボードとブロックダイアグラム

視覚刺激呈示ボードは半径 (50 cm)、ボード自体の高さ (180 cm)、及びその可変範囲 (180～240 cm) が書き入れている。ボードは高さが可変で、被験者の眼の高さに固視点を調節することができる。なお、人体は透視して描かれている。被験者の後頭部に付着した LED の動きは、ポジションセンサと接続されたカメラによって検出され、左右及び上下動揺が磁気記録 (データレコーダ) 及び紙記録 (ペンオシログラフ) された。磁気記録はオフライン処理によりフィルタを通してパーソナルコンピュータにて A/D 変換された。

から約 30 cm 離れた位置に立つと、固視点から視線を反らさない限り、均質な白質視野情報が得られる。ボードの正面には十字型の周辺視情報が設けられており、垂直線と水平線との交差点が測定中の被験者の固視点となる。頭部動揺は、赤外 LED の 2 次元の動きを測定するポジションセンサ (浜松ホトニクス製, C2399) により測定した。赤外 LED を被験者の後頭部 (国際式 10-20 電極法に定められた脳波電極装着部位の INION の部分) に付着させ、頭部の前額面、すなわち上下と左右の動きに分けて測定した。LED の動きはポジションセンサと接続させたカメラによって検出される。これによる頭部動揺の測定は、回旋等による若干の誤差が生じるものの、キャリブレーションの調節の簡便さから小児を対象とした測定に適していると言える。左右及び上下動揺を紙記録 (PENOSCILLOGRAPH, 日本電気三栄製, 8K 33 型) 及び磁気記録 (データレコーダ, TEAC 製, XR-710S) した。

(3) 手続き

被験者は、赤外 LED を後頭部に付け、ボード前 30 cm の位置に起立した。被験者の後方には、LED の動きを検出するカメラレンズを設置した。被験者には、頭や体をできるだけ動かさず、前方の点 (固視点のこと) を見続けながらその場で 30 秒間足踏みするよう教示した。足踏み速度及び足の上げ方は被験者の自由とした。測定中足踏みの

位置がキャリブレーションの位置からずれた場合は、測定を中断して、足踏み位置を戻した後、改めて 30 秒間測定を行なった。

(4) 分析

分析区間は、足踏みの乱れがなく、アーティファクトの少ない連続する 20.48 秒間である。磁気記録を再生させ、20 Hz のローパスフィルタ (NF ブロック P83) を通した後、サンプリング周波数 50 Hz で A/D 変換した。左右及び上下の動揺軌跡長を方向別動揺量として求めた。

結 果

表 1 は、4, 5, 6 歳児及び成人の左右動揺量の平均値と ± 1 標準偏差を示したものである。年齢群 (4, 5, 6 歳, 成人) を要因とする 1 要因分散分析の結果、有意差が見られ ($F_{3,51}=12.63$, $p<0.01$)、チューキー法による多重比較の結果、4 歳と 5 歳では有意差が見られず、5 歳と 6 歳、6 歳と成人の間で有意差が見られた ($p_s<0.01$)。このことから左右動揺量の年齢変化に関しては、4 歳児と 5 歳児ではほとんど差異がないが、6 歳児になると急激に小さくなり、更に成人で小さくなるのがわかった。

表 2 は、4, 5, 6 歳児及び成人の上下動揺量の平均値と ± 1 標準偏差を示したものである。年齢群 (4, 5, 6 歳, 成人) を要因とする 1 要因分散分析の結果、有意差が見られ ($F_{3,51}=9.80$, $p<0.01$)、多重比較の結果、4, 5, 6 歳の間で

表 1 左右動揺量の年齢変化
(平均値±1標準偏差を示した)

年齢群	動揺量(cm)	
4 歳	286.9 ± 13.3	} N S * * * *
5 歳	269.1 ± 13.1	
6 歳	223.9 ± 10.9	
成人	174.4 ± 9.1	

N S not-significant
* * p<0.01

表 2 上下動揺量の年齢変化
(平均値±1標準偏差を示した)

年齢群	動揺量(cm)	
4 歳	105.6 ± 39.0	} N S N S * *
5 歳	113.3 ± 25.1	
6 歳	100.2 ± 33.5	
成人	56.1 ± 11.2	

N S not-significant
* * p<0.01

は有意差が見られず、4～6歳の幼児と成人の間で有意差が見られた (ps<0.01)。このことから上下動揺量の年齢変化に関しては、4、5、6歳児ではほとんど差異がなく、成人で小さくなることがわかった。

以上より結果をまとめると、足踏み運動時の左右、上下の頭部動揺の発達的变化としては、4、5歳では左右、上下とも大きな変化はないが、6歳で左右動揺の安定が見られ、その後上下方向も動揺量が小さくなるという傾向が見られた。

考 察

本研究では、4～6歳児と成人を対象に、足踏み運動時の左右と上下の頭部動揺を測定した。その結果、動揺量は左右、上下とも幼児で大きく、成人で最小となった。これまで幼児の足踏み運動の発達について調べた研究はなく、その変化は不明であったが、動揺量が小さいほど足踏みが安定

していると見なし得ることから、足踏み運動も他の粗大運動と同様に、年齢とともに発達していくことが本研究で示された。

動揺量の発達的变化を左右、上下の方向別に見ると、両方向とも4、5歳では明瞭な変化はなかったが、6歳でまず左右方向の安定が見られた。これは足踏み、あるいは歩行中における身体の側方支持に係る調節系の成熟が、この年齢で見られることを示唆するものである。床反力と筋電図から歩行の発達的变化を調べた研究^{12)~14)}から、側方安定性に関与する長腓骨筋の活動が7歳前後で成人のパターンに移行し、歩行時の身体の左右方向の安定化に貢献していることが示されている。足踏み運動時の脚部と頭部の動きとの関連が明らかでないため、これを左右動揺の安定に係る要因として直接指摘することはできないが、頭部と脚部の動きに一定程度の同調がある可能性は十分あることから、左右方向の頭部動揺の安定が脚部の筋群の発達成熟と関連していることがまず考えられる。今後は、足踏み中の足筋活動を測定し、更には頭部と脚部の動きを同時測定して、それぞれの位相差などについて検討することが必要であろう。

このように左右動揺では6歳に一つの安定期がある一方で、上下動揺では6歳でまだ安定が見られず、6歳以降に安定期があると推察される。このことは、頭部動揺の発達変化として、まず左右動揺の安定が先にあり、次いで上下動揺の安定があるという、動揺方向の発達のずれがあることを意味していよう。国分ら (1994) ¹⁶⁾ は、足踏みではないが幼児期における立位時の身体動揺の発達的变化を左右、前後の動揺方向別に検討し、幼児期での動揺の年齢変化が明瞭であったのは左右動揺であったことを報告している。この結果に関して彼らは、幼児期では身体の左右軸に係る構造及び機能の成熟発達が生じ、前後軸に係る構造及び機能の成熟発達は6歳以降であることを推察している。今回得られた足踏み運動中の頭部動揺の年齢変化としては、上下と前後という方向の違いはあるものの、立位姿勢制御と足踏み運動での頭部動揺で、方向別の発達の差異が起こる可能性を示している。今後は身体の左右軸と上下軸に係る発達差の要因が何かを具体的に調べる必要であり、また上下方向に関する年齢変化の時期に

についても検討するため、より高年齢の者に測定を行なう必要がある。

まとめ

幼児期における足踏み運動時の頭部動揺の発達変化を調べるために、4, 5, 6 歳児、及び成人(19歳から22歳)各13名を対象に、足踏み運動中の左右、上下2方向の頭部動揺量を測定した。足踏み速度は被験者の自由とした。25.6秒間の動揺軌跡長を左右、上下の方向別に算出し、それぞれ左右動揺量、上下動揺量とした。主な結果は以下の通りである。(1) 左右動揺量は、4 歳児と5 歳児ではほとんど差異がないが、6 歳児になると急激に小さくなり、更に成人で小さくなった。(2) 上下動揺量は4, 5, 6 歳児ではほとんど差異がなく、成人で小さくなった。(3) 以上のように、左右、上下の頭部動揺の年齢変化は、4, 5 歳では左右、上下とも大きな変化はないが、6 歳でまず左右動揺の安定が見られ、その後成人にかけて今度は上下が安定した。

付 記

本研究を実施するにあたりご助言頂きました東北大学教育学部村井憲男教授、細川 徹助教授に深く感謝致します。また、平素より運動発達について御指導下さる金沢大学教育学部国分充助教授、波形解析で御助言下さいました東京学芸大学教育学部小池敏英助教授に深謝致します。測定、分析では稲葉貴之君(平成7年3月東北大学教育学部卒業)にお手伝い頂きました。測定の際には宮城県富谷町南光紫陽幼稚園の園児の皆さん、諸先生方に多大なる御協力を頂きました。記して謝意を表します。

文 献

- 1) 田口喜一郎, 菊川正人: 足踏み運動時における肩回転角度変化の測定. 耳鼻臨床 75: 290-296, 1982
- 2) Dimitrijevic MR, Larsson LE: Neural control of gait. Appl Neurophysiol 44: 152-159, 1981
- 3) 田口喜一郎, 平林千春, 菊川正人: 足踏み時頭部動揺の臨床的意義. 耳鼻臨床 76: 2418-2425, 1983
- 4) 福島英行, 檜 学: 足踏みの平衡生理. 耳鼻臨床 76: 646-657, 1983
- 5) 星川治子, 高橋正紘, 藤代武久, 他: 足踏み, 駢け足における固視機能の分析の試み. 日耳鼻 86: 881-885, 1983
- 6) Matsushima J, Kobayashi Y, Takeichi N, et al: Attempts of quantitative assessment of head movement during stepping in place. In eds Taguchi K, Igarashi M, Mori S. Vestibular and Neural front. pp 103-106, Elsevier Science, Tokyo, 1994
- 7) Okuzumi H, Tanaka A, Haishi K, et al: Effects of tone directional orientation during stepping in place with eyes closed. Percept Mot Skills 80: 719-722, 1995
- 8) Sutherland DH, Olshen R, Cooper L, et al: The development of mature gait. J Bone Joint Surg Am 62: 336-353, 1994
- 9) 広川俊二, 松村公志: 小児歩行の特徴とその発達過程. リハ医学 25: 239, 1988
- 10) 藤島恵喜蔵, 岡部 稔, 野呂浩史, 他: 健常男子196名における歩行周期の検討. 総合リハ 19: 1093-1095, 1991
- 11) 岡部 稔, 藤島恵喜蔵, 高島富子, 他: 自作フットスイッチによる発達期歩行の研究. 医学の歩み 158: 873-874, 1991
- 12) 野口雅夫: 小児期における歩行の発達—床反力から見た小児歩行の特徴—. 日整会誌 60: 787-799, 1986
- 13) 鶴見信之: 小児歩行の筋電図学的研究. 日整会誌 43: 611-628, 1969
- 14) 鈴木良平, 乗松敏晴, 藤田雅章, 他: 床反力とアーチからみた歩容の加齢変化. Jap J Sports Sci 8: 121-127, 1989
- 15) Okuzumi H, Haishi K, Kokubun M: Postural sway in normal and mentally retarded persons. In eds Yabe K, Kusano K, Nakata H. Adapted Physical Activity. pp 142-146, Springer-Verlag, Tokyo, 1994
- 16) 国分 充, 葉石光一, 奥住秀之: 幼児期の身体動揺に視覚が及ぼす影響の動揺方向による差異. Equilibrium Res 53: 299-305, 1994

(原稿到着: 平成7年6月5日
別刷請求先: 田中敦士
〒980-77 宮城県仙台市青葉区川内
東北大学教育学研究科知能障害学講座)