

ダウン症幼児における歩行動作の発達

上林 宏文* 池田由紀江**

本研究の目的は、16mm撮影カメラを用いて、ダウン症幼児の歩行動作の発達とその特徴を明らかにすることであった。被検児は、CA 1～5歳のダウン症児15名、及び同CAの健常児15名であった。その結果、健常児と比較して、ダウン症児のストライド長は有意に短く、歩行速度は有意に遅いことが示された。また、ダウン症児の歩行中の上、下肢の動作様式は、健常児と比較して、未発達な状態を示していた。このダウン症児の歩行動作の発達の遅れが、筋緊張の低下とバランス能力の低さという点から考察された。

キーワード：ダウン症候群 歩行分析 運動発達

1. はじめに

ダウン症児は、乳幼児期において、運動発達に遅れを示すことが知られている。例えば、池田(1978)の報告によると、ダウン症児の運動発達マイルストーンの平均獲得月齢は、首のすわり6.6ヶ月、ねがえり8.9ヶ月、おすわり11.3ヶ月、はう15.3ヶ月、支えなしで立つ18.8ヶ月、歩く25.8ヶ月とされている。この他、ダウン症児の乳幼児期の運動発達は、各種の乳幼児用発達検査の中の運動領域で評価されてきたが(藤田・小田, 1974; 池田他, 1980; 岡崎・池田, 1985; 岡崎他, 1986; 菅野他, 1987), それらの研究でも、共通してダウン症児の乳幼児期における運動発達の遅れが示されている。

しかし、ダウン症乳幼児の運動発達の問題は、ある運動の獲得がただ時間的に遅れるということだけではない。Lydic & Steele (1979)の調査によれば、座位、姿勢変換、および歩行等に異常な動作様式がみられた者が、ダウン症乳幼児104名中約半数もあったことが報告されている。

この動作様式の異常は、ダウン症乳幼児の運動発達に重大な影響を及ぼしていると考えられる。なぜなら、乳幼児期の運動発達は、系統的なものであり、例えば歩行の獲得は、立位の機能的充実によって達成され、歩行の機能的充実は次の走行

の獲得を準備する。もし、前段階の動作様式に異常がみられるならば、それは後の運動発達にも影響するであろう。従って、ダウン症乳幼児における動作様式の発達の特徴を明らかにし、正常な動作様式の獲得を援助することは、彼らの運動発達の促進につながると考えられる。

ところで、ダウン症児の歩行動作に異常がみられることは、古くから指摘されてきたが(Brousseau & Brainerd, 1928; Oster, 1953), それらの研究では、歩行動作の評価は主観的な観察に基づいてなされていた。歩行は基本的な動作様式の1つであるとともに、先述したように発達の的にも重要な位置にあることから、ダウン症児の歩行動作の発達の客観的な分析が必要である。

歩行を客観的に分析する主な方法としては、歩行中の身体各部の運動や各関節角度の時間的変化を測定する運動学的分析法、歩行運動を起こすため体内で生ずる力や、外から加わる外力を測定する運動力学的分析法、歩行中の各筋の活動電位を測定する筋動作学的分析法がある(飯田, 1986)。本研究では、歩行動作に着目して分析を行うために、運動学的分析法を用いることにした。

運動学的分析法によって健常乳幼児の歩行の発達を検討した幾つかの研究では、歩行動作の発達に質的段階があることが明らかにされている(Burnett & Johnson, 1971; Burnett & Johnson, 1971; Statham & Murray, 1971; Sutherland, et. al., 1980)。

* 筑波大学心身障害学研究所

** 筑波大学

Table 1. 被検児の構成

Group	CA					Total
	1	2	3	4	5	
DS	3(2)	3(0)	3(1)	3(2)	3(2*)	15
Nor.	3(2)	3(0)	3(3)	3(2)	3(2)	15

() 内は女兒数
* 1名はCA 6歳

一方、精神薄弱児やダウン症児についても、運動学的な分析方法を用いた研究がいくつか報告されてきたが (James, 1975; 小住他, 1976; 小住他, 1977; Parker & Bronks, 1980; 南雲・松野, 1982; Rider & Imwold, 1983; Parker, et. al., 1986), それらの研究では学齢期以上のダウン症児を対象にしており、ダウン症児の始歩からの歩行動作の発達過程については検討されていない。

本研究の目的は、運動学的分析法を用いて、ダウン症幼児の歩行動作の発達の特徴を明らかにすることである。

2. 方法

(1) 被検児

被検児は、CA 1~5歳のダウン症児15名、及び同CAの健常児15名とした。Table 1に、被検児の構成を示した。ダウン症児は、全員当研究室の早期教育プログラムに参加していた。健常児は、つ

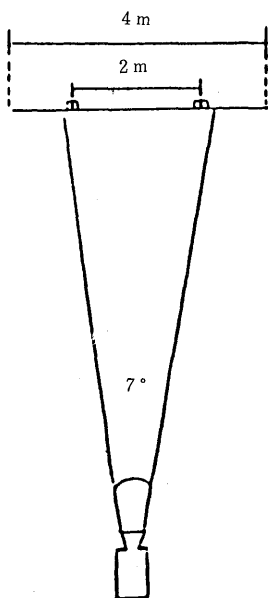


Fig. 2. 撮影範囲

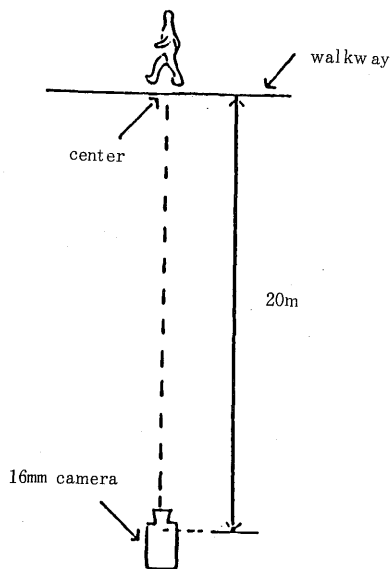


Fig. 1. 撮影機の位置

くば市内の保育園児であった。尚、ダウン症児5歳児3名の中には、CA 6歳の者1名が含まれていた。

(2) 手続き

被検児の自由歩行を左側から Bolex 社16mm撮影機で、タイミングマーカーを同調させて撮影した。撮影機の位置は、歩行路の中央から垂直に延長された20mの地点とした (Fig. 1)。撮影範囲は、歩行路中央部の2mとした (Fig. 2)。歩行路は、長さ4m、幅0.7mのビニールシートであった。撮影機のフィルム速度は、1秒間に32コマとした。

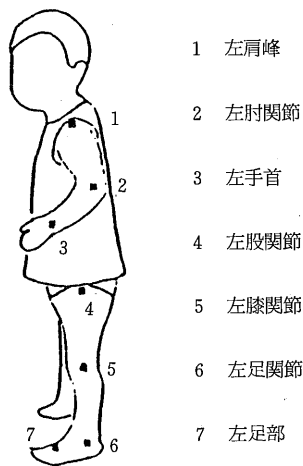


Fig. 3. マーク部位

各部位の動きを明瞭にするために、被検児には、左半身の肩峰、肘関節、手首、股関節、膝関節、足関節、足部の計7か所にマークを貼付した (Fig. 3)。マークには、1cm×1cmの黒のビニールテープを使用した。

自由歩行の撮影のために、被検児には歩き方に関して特に指示を与えなかった。しかし、幼児を対象にしていたことから、被検児の母親あるいは実験の補助者を、被検児と対面するように歩行路の反対側に立たせ、被検児に歩くように指示させた。最初に練習試行を1回行い、その後の2試行を撮影した。

(3) 分析方法

現像したフィルムをNac社のモーションアナライザーによって再生させた。その拡大像のうち、歩行路中央部を通過する1サイクル^(*)を選び出し、グラフペンを用いて各コマごとに座標点を入力した。入力する座標点は、マークを貼付した7か所とした。

入力後コンピューターによって処理し、ストライド長^(*)、歩行速度、1サイクルにおける体の動きを表す歩行のスティック像、及び膝と足関節の1サイクルにおける角度変化を出力させた。

3. 結 果

(1) ストライド長及び歩行速度

ダウン症児群と健常児群のストライド長の平均は、それぞれ55.5cm (SD=13.36), 75.5cm (SD=21.33)であった。コ克蘭・コックス法による検定を行った結果、有意差がみられた ($t=2.97$, $t:02=2.98$)。

ダウン症児群と健常児群の歩行速度の平均は、それぞれ72.0cm/sec (SD=17.91), 97.1cm/sec (SD=21.53)であった。t検定を行った結果、有意差がみられた ($t=3.35$, $P<.01$)。

ダウン症児は、健常児と比較して、ストライド長が短く、歩行速度が遅いことが示された。

(2) 膝関節及び足関節の角度変位パターン

膝関節の角度変位は、以下の2つのパターンに大別された。

K₁— 1サイクルの後半で屈曲と伸展を示すパターン

K₂— 1サイクルの初期と後半で、屈曲と伸展を示すパターン

Table 2と3に健常児とダウン症児の膝関節角

Table 2. 膝関節角度変位の各パターンにおける人数 (健常児)

Age \ Pattern	K ₁	K ₂
1	2	1
2	2	1
3	0	3
4	0	3
5	1	2
Total	5	10

Table 3. 膝関節角度変位の各パターンにおける人数 (DS児)

Age \ Pattern	K ₁	K ₂
1	3	0
2	3	0
3	2	1
4	3	0
5	0	3
Total	11	4

度変位の各パターンにおける人数を年齢別に示した。

健常児では、3歳以降K₁パターンからK₂パターンへ移行する傾向がみられたが、ダウン症児においてそのような移行がみられたのは、5歳であった。

足関節の角度変位は、以下の2つのパターンに大別された。

A₁— 1サイクルの後半に、底屈と背屈を示すパターン

A₂— 1サイクルの初期と後半に、底屈と背屈を示すパターン

Table 4と5に、健常児とダウン症児の足関節角度変位の各パターンにおける人数を、年齢別に示した。

健常児では、2, 3歳以降A₁パターンからA₂パターンへ移行する傾向がみられたが、ダウン症児ではそのような明確な移行はみられなかった。

(3) 上肢及び下肢の動作タイプ

得られたスティック像を、上肢の動作、下肢の動作に分けて分析した。

上肢の動作は、腕の位置と振りに着目し類別を行ったところ、以下の4つのタイプに大別された。

Table 4. 足関節角度変位の各パターンにおける人数 (健常児)

Age \ Pattern	A ₁	A ₂
1	3	0
2	1	2
3	0	3
4	1	2
5	1	2
Total	6	9

Table 5. 足関節角度変位の各パターンにおける人数 (DS児)

Age \ Pattern	A ₁	A ₂
1	3	0
2	3	0
3	1	2
4	2	1
5	2	1
Total	11	4

Table 6. 上肢動作の各タイプにおける人数 (健常児)

Age \ Type	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄
1	0	1	2	0
2	0	0	3	0
3	0	0	1	2
4	0	0	0	3
5	0	0	0	3
Total	0	1	6	8

Table 7. 上肢動作の各タイプにおける人数 (DS児)

Age \ Type	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄
1	2	0	1	0
2	0	2	1	0
3	0	1	1	1
4	0	1	1	1
5	0	0	1	2
Total	2	4	5	4

Table 8. 下肢動作の各タイプにおける人数 (健常児)

Age \ Type	L ₁	L ₂	L ₃
1	0	2	1
2	0	2	1
3	0	1	2
4	0	0	3
5	0	0	3
Total	0	5	10

Table 9. 下肢動作の各タイプにおける人数 (DS児)

Age \ Type	L ₁	L ₂	L ₃
1	2	1	0
2	1	2	0
3	2	1	0
4	0	1	2
5	0	2	1
Total	5	7	3

U₁— 腕を横に広げ、下肢と同側の腕を振るタイプ

U₂— 腕を横に広げ、振らないタイプ

U₃— 腕を腰の横に下げ、振らないタイプ

U₄— 腕を腰の横に下げ、下肢と反対側の腕を振るタイプ

Table 6と7に、健常児とダウン症児の上肢動作の各タイプにおける人数を、年齢別に示した。

健常児では、U₁タイプ及びU₂タイプはほとんどみられず、3歳以降、U₃タイプからU₄タイプへ移行する傾向が示された。ダウン症児では、U₁及びU₂タイプの者が多く存在し、加齢にともなう明確な移行は示されなかった。

下肢の動作は、脚の振り出し方と接床のし方に着目し類別を行ったところ、以下の3つのタイプに大別された。

L₁— 脚を高く振り出し、足の裏全体で接床するタイプ

L₂— 脚を低く振り出し、足の裏全体で接床するタイプ

L₃— 脚を低く振り出し、踵で接床するタイプ

Table 8と9に、健常児とダウン症児の下肢動作の各タイプにおける人数を、年齢別に示した。

健常児では、L₁タイプを示す者はみられず、3歳以降、L₂からL₃へと移行する傾向がみられた。ダウン症児では、L₁タイプが5名にみられ、健常児にみられたようなL₂タイプからL₃タイプへの移行は、明確でなかった。

4. 考 察

(1) ストライド長、歩行速度について

ダウン症児は、同CAの健常児と比較して、ストライド長が有意に短く、歩行速度も有意に遅いことが示された。ストライド長や歩行速度は、身長や下肢長等の形態的発育と相関があるといわれている (Sutherland, et. al, 1980 ; Jacobs, 1983)。そこで、本研究の被検児の下肢長を歩行のスティック像から換算したところ、ダウン症児群と健常児群の下肢長の平均は、それぞれ33.9cm (SD=5.48), 38.4cm (SD=6.68) であり；ダウン症児群の下肢長が健常児群と比較して有意に短いことが示された (t=3.12, P<.01)。ダウン症児の身長や下肢長が健常児と比較して低い値を示すことは Ikeda, et. al., (1977) によっても示されている。従って、ダウン症児の身体的発育の問題が、彼らの歩行のパフォーマンスを低くする要因となっていると考えられる。しかし、ダウン症児の歩行のパフォーマンスの低さには、形態的要因だけでなく、次にみる動作的要因も関与しているであろう。

(2) ダウン症児の歩行動作の特徴について

健常児の上肢動作は、3歳以降U₂タイプからU₄タイプへと移行することが示されていた。この動作タイプの変化は、上肢が歩行中のバランスを維持することから、前方向への推進力を生み出す

ことへと機能的に変化することを示している。一方、ダウン症児では、始歩期にみられる (北原, 1979) U₁及びU₂タイプが4歳台までみられたことから、上肢が健常児と比較して、遅くまでバランス維持の機能を果たしているといえる。ダウン症児の平衡能は、他の精神遅滞児よりもさらに不安定な状態にあることが知られており (Henderson, et. al., 1981)。平衡能の低さが、歩行中の上肢動作の発達を遅らせていると考えられる。

健常児の下肢動作タイプは、3歳以降、L₂タイプからL₃タイプへと移行し、スムーズな脚の振り出しと踵接地が獲得されることを示していた。ダウン症児の下肢動作タイプは、始歩期の特徴とされる (Gesell, 1940) L₁タイプが3歳までみられ、その後も発達の的に高次と考えられるL₃タイプへの明確な移行がみられなかった。このことは、スムーズな脚の振り出しと踵接地が、ダウン症児では獲得が困難なことを示していると考えられる。このスムーズな脚の振り出しと、踵接地の獲得の困難性は、膝及び足関節の角度変位パターンからも特徴づけられる。

脚がスムーズに振り出された場合、膝関節はほぼ完全に伸展し、足底接地時には衝撃緩和のためにやや屈曲する (明石, 1973)。膝関節の角度変位におけるK₂パターンは、この膝の動きが出現したことを示している。健常児では、3歳以降、このK₂パターンへと移行するが、ダウン症児では5歳までこの移行はみられなかった。従って、ダウン症児では、膝関節を伸展させた脚のスムーズな振り出しの獲得が遅れ、膝関節を屈曲させたまま脚を振り出すところに特徴があるといえよう。そのため、ダウン症児のストライド長が短くなると考えられる (Parker, et. al., 1986)。

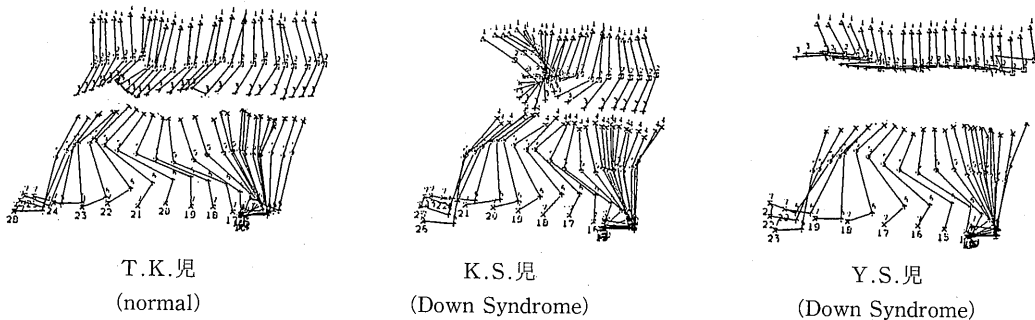


Fig. 4. CA 3 歳児の歩行のスティック像

次に足関節であるが、踵接地が行われた場合、足関節は接床後すぐに底屈することが知られている(明石, 1973)。足関節角度変位におけるA₂パターンは、この踵接地が行われていることを示しており、健常児では2歳からこのパターンがみられていた。一方、ダウン症児では、A₁パターンが多く、ベタ足での接地が遅くまでみられることを示していた。

これまで述べてきたことを要約すれば、ダウン症児の下肢動作の発達は健常児と比べて遅れる、あるいは、未発達な状態に長くとどまるといえるであろう。歩行中の下肢のコントロールは、神経及び筋の調節作用によってなされていると考えられる。ダウン症児は筋緊張の低下を示すことが知られている(McIntire & Dutch, 1964; 長田他, 1982)。従って、この筋緊張の低下が、歩行中の下肢動作のコントロールに影響しているものと考えられる。

Parker, et. al. (1986) は、ダウン症児の歩行動作は、個人差が大きいことを指摘している。本研究においても、健常児と比較して、ダウン症児の方が個人差が大きかった。Fig. 4は、CA 3歳の健常児1名と同CAのダウン症児2名の歩行のスティック像である。KS児は、TK児のように、上肢の振り、膝の伸展、踵接地がみられるのに対し、YS児では上肢が横に広げられ、ベタ足の接地がみられる。この個人差の原因としては、知的発達や始歩年齢、運動経験等が考えられるが、それは今後の課題である。

注

- 1) 一側の踵接地から同側の踵接地までを指し、立脚期(60%)と遊脚期に分けられる。
- 2) 一側の踵接地から同側の踵接地までの距離を指す。

謝辞

本研究を実施するにあたり、快く機材を貸して下さった筑波大学体育学系の大西武三先生に、深く感謝致します。

付記

本研究は、昭和59年度筑波大学人間学類卒業研究として提出したものに加筆、修正を加えたものである。

文 献

- 1) 明石謙(1973):運動学(リハビリテーション医学全書4)。医歯薬出版。
- 2) Brousseau, K., & Brainerd, M.G. (1928): Mongolism: A study of the Physical and Mental Characteristics of Mongoloid Imbeciles. Baltimore. Williams and Wilkins.
- 3) Burnett, C.N. & Johnson, E.W. (1971): Development of gait in childhood: Part I. Developmental Medicine and Child Neurology, 13, 196—206.
- 4) Burnett, C.N. & Johnson, E.W. (1971): Development of gait in childhood: Part II. Developmental Medicine and Child Neurology, 13, 207—215.
- 5) 藤田弘子・小田ミヤ子(1974):発達検査からみたダウン症乳幼児の知能の追隨的研究。大阪大学家政学部紀要, 22, 149—153.
- 6) Gesell, A. (1940): The First Five Years of Life, Harper & Brothers. 山下俊郎訳(1966):乳幼児の心理学—出生より5歳まで—。家政教育社。
- 7) Henderson, S.E., Morris, J., & Roy, S. (1981): Performance of Down syndrome and other retarded children on the Cratty Gross-Motor Test. American Journal of Mental Deficiency, 85(4), 416—424.
- 8) 飯田勝(1986):歩行(基礎から臨床まで)。1. 歩行の生体力学。(1)歩行分析の目的、歴史、方法。理学療法と作業療法, 20(1), 40—46.
- 9) Ikeda, Y., Higurashi, M., Hirayama, M., & Isikawa, N. (1977): A longitudinal study on the growth of stature, lower limb and upper limb length in Japanese children with Down syndrome. Journal of mental Deficiency Research, 21, 139—151.
- 10) 池田由紀江(1978):ダウン症の知能・性格の特徴と育て方。理学療法と作業療法, 12(10), 671—679.
- 11) 池田由紀江・岡崎裕子・中村敦(1980):ダウン症乳幼児の運動発達—Bayley Scales of Infant Developmentによる検討—。発達障害研究, 1(4), 289—295.
- 12) Jacobs, R.R. (1983): Development of gait at slow, free, and fast speeds in 3- and 5-year-old children. Physical Therapy, 63(8), 1251—1259.
- 13) James, R.J. (1975): Multivariate analysis

- of the walking behavior in institutional Down's syndrome males. Dissertation Abstracts, 35/11B, 5500—5501.
- 14) 菅野敦・池田由紀江・上林宏文・大城政之・橋本創一・岡崎裕子 (1987): 超早期教育を受けたダウン症児の発達特性—津守式乳幼児精神発達検査法による検討—。心身障害学研究, 12(1), 35—44.
 - 15) 北原侑 (1979): 乳幼児期における運動系の発達。日本臨床, 37(3), 37—44.
 - 16) 小住兼弘・岩井昂・大槻尚之・阿部勝彦 (1976): ダウン症候群の歩行の運動力学的特性について (第1報)。宮城教育大学紀要, 11, 1—12.
 - 17) 小住兼弘・小野元久・岩井昂・阿部勝彦 (1977): ダウン症候群の歩行の運動力学的特性について (第2報)。宮城教育大学紀要, 12, 85—96.
 - 18) Lydic, J.S. & Steele, C. (1979): Assessment of the quality of sitting and gait patterns in children with Down's syndrome. *Physical Therapy*, 59(12), 1489—1494.
 - 19) McIntire, M.S. & Dutch, S.J. (1964): Mongolism and generalized hypotonia. *American Journal of Mental Deticiency*, 68, 669—670.
 - 20) 長田香枝子・日暮真・石川憲彦・池田由紀江 (1982): ダウン症児の筋緊張低下と他動的関節可動角度。脳と発達, 14, 456—464.
 - 21) 南雲直二・松野豊 (1982): 精神薄弱児の歩行の定量的評価とその特徴。特殊教育学研究, 20(3), 17—25.
 - 22) 岡崎裕子・池田由紀江 (1985): ダウン症乳児の発達特徴に関する分析的研究。心身障害学研究, 9(2), 65—74.
 - 23) 岡崎裕子・池田由紀江・長畑正道 (1986): ダウン症幼児の発達の特徵に関する分析的研究 (続報)。心身障害学研究, 10(2), 59—71.
 - 24) Oster, J. (1953): *Mongolism*. Copenhagen. Einar Minksyord Forlag.
 - 25) Parker, A.W. & Bronks, R. (1980): Gait of children with Down syndrome. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 61, 345—351.
 - 26) Parker, A.W., Bronks, R., & Snyder Jr C.W. (1986): Walking patterns in Down's syndrome. *Journal of Mental Deficiency Research*, 30, 317—330.
 - 27) Rider, R.A. & Imwold, C.H. (1983): Comparison of selected gait parameters of trainable mentally retarded and nonretaded males. *Perceptual and Motor Skills*, 57, 56—58.
 - 28) Scrutton, D.R. (1969): Footprint sequences of normal children under five years old. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 11, 44—53.
 - 29) Statham, L. & Murray, M.P. (1971): Early walking patterns of normal children. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 79, 8—24.
 - 30) Sutherland, D.H., Olshen, R., Cooper, L., & Savio L. Y. Woo. (1980): The development of mature gait. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 62—A (3), 336—353.

Summary

The Development of Walking Movement in Down Syndrome Children

Hirofumi Kanbayashi Yukie Ikeda

The purpose of this study was to clarify the developmental characteristics of walking movement in Down syndrome children by using 16mm cine camera.

Subjects were 15 Down syndrome children aged from 1 to 5 years and 15 normal children of same ages.

The results were as follow:

- (1) Down syndrome children showed a shorter stride length and a slower walking speed than normal children.
- (2) The upper and lower limb movement of Down syndrome children during walking cycle were less developed in comparison with normal children.

This poor developed walking mevement of Down syndrome children was discussed in terms of hypotonia and poor balance.

Key word: Down syndrome walking analysis motor development