

原 著

アクチグラフからみた脳性まひ児の身体活動量

白 垣 潤*・岩 崎 信 明**・藤 田 和 弘***

本研究の目的は、脳性まひ児の身体活動量を客観的かつ定量的に測定することが可能かどうか、3次元加速度計であるアクチグラフを用いて検討し、脳性まひ児の運動機能レベルごとの身体活動量と健常児の身体活動量とを比較検討することであった。脳性まひ児の自由場面における身体活動量をアクチグラフで測定し、検討した初めての研究である。従来の身体活動量定量法と比較して、正確なデータが得られ、被験者の日常生活を制限しない方法で、再現性があり、有用であった。結果は、運動機能レベルによって、また健常児の間にも身体活動量の相違が見られ、運動機能レベルが高いほど身体活動量は高く、特に移動しないよりも移動した方が身体活動量が高いということが客観的に示された。また、脳性まひ児の睡眠時の身体活動パターンを客観的に示すことができ有用であった。問題点も指摘され、アクチグラフと同時に運動の質を検討する必要があると考えられた。

キー・ワード：脳性まひ 身体活動量 アクチグラフ

I. はじめに

身体活動の測定は、骨粗鬆症や糖尿病などの慢性疾患や運動障害児・者などには重要である。臨床的には、身体活動量を評価することで、姿勢・運動発達を促したり身体機能を維持するためのリハビリテーションプログラムを作成したり、生活スタイルについてアドバイスするために有用である。身体活動は、これまでの疫学的研究や運動療法研究から、直接的、間接的に健康と関連しており、日常生活における運動を含んだ身体活動量の増加を生活習慣化していくことが多方面から推奨されている(郡司・川久保・鈴木, 1998⁹⁾)。

姿勢・運動障害が主症状である脳性まひにおいても、身体活動の測定、評価は非常に重要で

ある。養護学校での自立活動における教育活動やその他の専門機関でのリハビリテーションプログラム等で様々な身体運動訓練、指導がなされているが、これまでは経験に委ねられている部分が多く、運動負荷の種類や程度について客観的な基準は存在していない。これは、その前提となる身体活動の評価が十分に行われていないということが一因として考えられる。

これまで、身体活動の定量に関しては様々な方法が試みられてきた。しかし、これまでの方法は煩雑でコストも高く日常生活における身体活動の定量化の方法としては確立していない。その点、機械的電氣的モニター法は簡便な方法である。その中でもアクチグラフのような加速度計は、日常身体活動を評価するのに、正確なデータが得られ、被験者の日常生活を制限しない方法で、再現性があり、有用である(Sugimoto, 1995⁹⁾; Sugimoto, Hara, Findley, and Yonemoto, 1997⁹⁾)。

*筑波大学心身障害学研究科

**筑波大学臨床医学系小児科

***筑波大学心身障害学系

本研究は、脳性まひ児の身体活動量を客観的かつ定量的に測定することが可能かどうか、圧電気変換を使用した3次元加速度計であるアクチグラフを用いて検討し、脳性まひ児の運動機能レベルごとの身体活動量と健常児の身体活動量とを比較検討することを目的とする。

II. 対象および方法

1. 対象

対象は脳性まひ児19名(平均年齢 7.68 ± 3.64 歳)と、健常児12名(平均年齢 6.92 ± 2.46 歳)で、両者の年齢に有意差は認められなかった($df = 1/29$, $F = 0.38$, ns)。脳性まひ児については、さらに粗大運動機能をJohnsonら(1951)⁴⁾の障害児発達診断法に準じて、運動機能レベルの低い方から順に、寝たきり群、寝返り移動群(以下寝返り群)、四つ這い移動群(以下四つ這い群)、立位・歩行群の4群に分け、それぞれ寝たきり群5名、寝返り群5名、四つ這い群5名、立位・歩行群4名とした。運動機能障害の病型は、医師によって診断された痙直型で、アテトーゼ型、混合型は含まれていない。また、不随意運動が見られる事例も除外した。全ての対象児について、本研究への参加に対して親によるインフォームドコンセントを得た。

2. 方法

身体活動量はA.M.I.社製ミニモーションロガー・アクチグラフ(時計型)を全例非利き手側、もしくは運動年齢で低い側の手首に装着して、入浴時を除く任意の24時間について測定し、24時間の平均身体活動量を算出した。また、保護者への入眠時刻と起床時刻の確認によって覚醒時の平均活動量と睡眠時の平均身体活動量も算出した。

アクチグラフは、圧電気変換が用いられている3次元加速度計である。アクチグラフは、身体運動を電気信号に変換し、東芝社製ノートブック型パーソナルコンピュータ DYNABOOK EZ 486に接続し、データをダウンロードする。このデータは、パーソナルコンピュータにて連続的に標本抽出され、16キロバイトの

メモリーに記録される。アクチグラフは、長さ $4.4 \times$ 幅 $3.3 \times$ 高さ 0.95 cmの大きさのアルミニウム製で、重さはおおよそ 5.6 gである。アクチグラフはエポックタイム1分、感度18(標準感度)でセットされた。これは 0.01 G以上の全方向の動きを回数として測定するものである。Sugimotoら(1997)⁹⁾は、日常生活活動とアクチグラフとの関係を10名の健常者で検討し、相関があるという結果を導き出しており、本研究もそのセッティングに従って計測を行った。

なお、気候による身体活動の誤差をなくすために、測定時期は全て7~8月とした。

III. 結果

寝たきり群、寝返り群、四つ這い群、立位・歩行群、健常群それぞれ1名のアクチグラフの測定結果をFig. 1に示す。縦軸に示す値はエポックタイム1分ごとに 0.01 G以上の加速度が生じた回数であり、横軸は時間、1440分分の棒グラフを示してある。

24時間の平均身体活動量をFig. 2に示す。24時間の平均身体活動量の平均および標準偏差は、寝たきり群(65.40 ± 37.39 回/分)、寝返り群(95.80 ± 25.53 回/分)、四つ這い群(120.50 ± 21.70 回/分)、立位・歩行群(133.00 ± 1.83 回/分)、健常群(138.33 ± 16.22 回/分)となっていた。群の要因で24時間の平均身体活動量に差が見られるかを検討するために1要因(5群間)の分散分析を行った結果、1%水準で有意差が認められ($df = 4/25$, $F = 11.02$, $p < 0.01$)、LSD法による多重比較の結果、寝たきり群<寝返り群、寝たきり群<四つ這い群、寝たきり群<立位・歩行群、寝たきり群<健常群、寝返り群<立位・歩行群、寝返り群<健常群となった(MSe=500.63)。

覚醒時の平均身体活動量をFig. 3に示す。覚醒時の平均身体活動量の平均および標準偏差は、寝たきり群(108.20 ± 48.07 回/分)、寝返り群(166.20 ± 10.57 回/分)、四つ這い群(211.25 ± 21.96 回/分)、立位・歩行群(228.00 ± 6.73 回/分)、健常群(213.33 ± 12.81

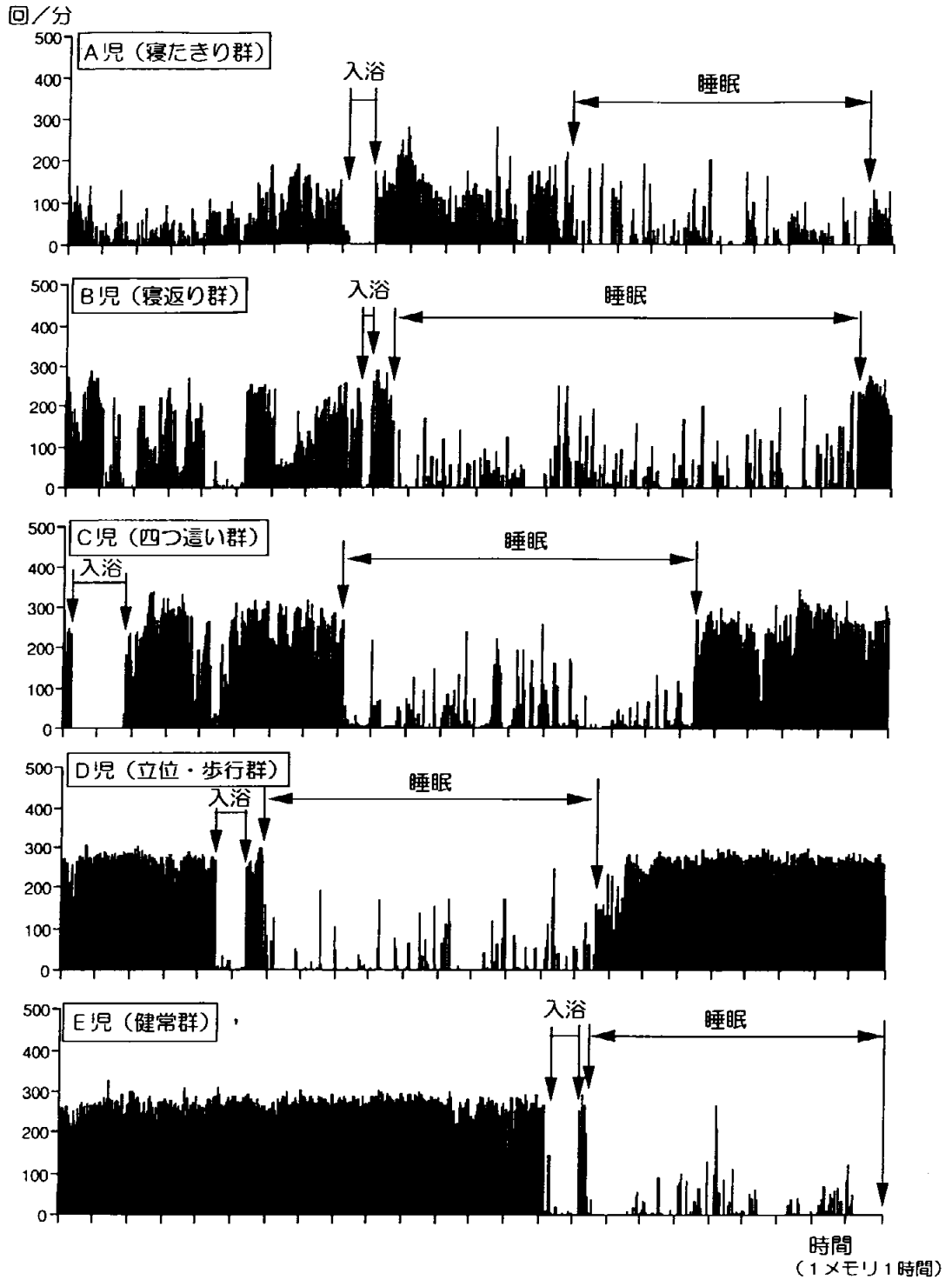


Fig. 1 各群それぞれ1例のアクチグラフ結果

回/分)となっていた。群の要因で覚醒時の平均身体活動量に差が見られるかを検討するために1要因(5群間)の分散分析を行った結果、1%水準で有意差が認められ($df=4/25$, $F=24.09$, $p<0.01$)、LSD法による多重比較の結果、寝たきり群<寝返り群、寝たきり群<四つ這い群、寝たきり群<立位・歩行群、寝たきり群<健常群、寝返り群<四つ這い群、寝返り群<立位・歩行群、寝返り群<健常群となった(MSe=

523.00)。

睡眠時の平均身体活動量を Fig. 4 に示す。睡眠時の平均身体活動量の平均および標準偏差は、寝たきり群(9.80±4.76回/分)、寝返り群(10.40±4.16回/分)、四つ這い群(14.50±5.20回/分)、立位・歩行群(12.25±3.30回/分)、健常群(15.17±8.40回/分)となっていた。群の要因で睡眠時の平均身体活動量に差が見られるかを検討するために1要因(5群間)の分散分析を行った結果、有意差は認められなかった。 $(df=4/25, F=0.91, ns)$ 。

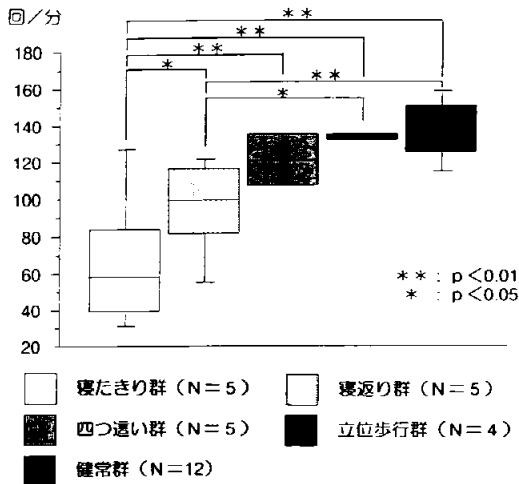


Fig. 2 各群における24時間平均身体活動量結果の平均

IV. 考察

身体活動 (physical activity) はエネルギー消費をきたす、骨格筋によるすべての身体の動きと定義され、身体活動の一部で、行動体力の維持・向上をめざして行う計画的、構造的、反復的な目的のある身体活動と定義される運動 (exercise) とは区別される (Caspersen and Powell, 1985¹⁾)。

これまで身体活動の評価に関しては様々な方法が行われ、報告されてきた(Laport, Montoye, and Caspersen, 1985⁶⁾)。身体活動はその種類によって、エネルギー消費量、強度、必要とされる体力がそれぞれ異なる。また、身体活動の評

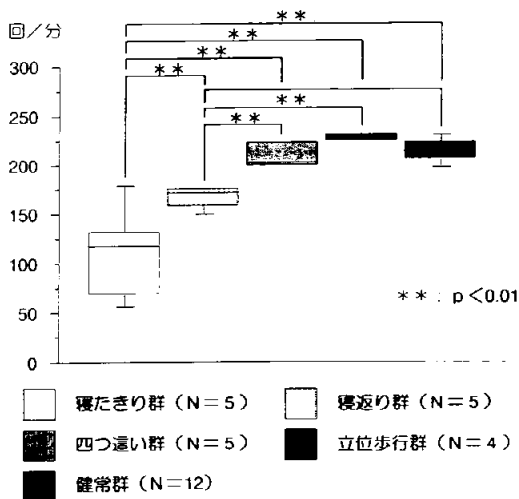


Fig. 3 各群における覚醒時平均身体活動量結果の平均

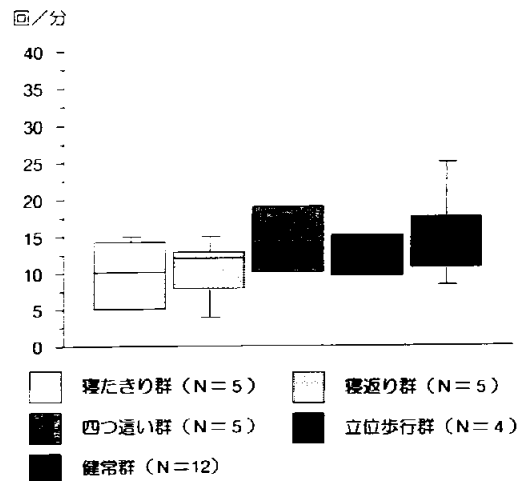


Fig. 4 各群における睡眠時平均身体活動量結果の平均

価も様々であり、その方法によって評価されるものが多少異なっている。身体活動量の評価方法は、大きく直接的方法と間接的方法に分けることができ、直接的方法として、①自己報告あるいは想起調査法、②ビデオ観察法、③機械的電氣的モニター法、間接的方法として、④エネルギー代謝を利用した方法、⑤食物摂取量を利用した方法、が挙げられる。自己報告あるいは想起調査法は、簡便でコストもかからず身体活動の細かい情報を大人数に渡って採取できるものである (Melanson and Freedson, 1996⁷⁾)。しかし、この方法は、被験児・者の主観で正確な身体活動を反映できないという欠点もあり (Laport ら, 1985⁶⁾)、特に随伴症状として知的障害、コミュニケーション障害のあり、自ら報告することができない運動障害児・者にとっては不可能な方法である。ビデオ観察法は身体活動の測定としては客観的で再現性も高いもので身体活動パターンの記録も可能であるが (Melanson and Freedson, 1996⁷⁾)、実験場面という特別な状況下での身体活動量の測定であり、被験者の1日中の身体活動について測定するのはほとんど不可能である。一方、間接的方法のエネルギー代謝を利用した方法や食物摂取量を利用した方法は、客観的で妥当性があり、有用な方法ではあるが、研究コストが高く、実際の身体活動と異なる側面を計測している可能性もあり、その利用には限度がある (郡司ら, 1998³⁾)。

本研究は、脳性まひ児の自由場面における身体活動量をアクチグラフで測定し、検討した初めての研究である。これまでアクチグラフを使用した研究分野としては、不眠と過眠、睡眠時無呼吸、睡眠・覚醒リズム、多動児の行動観察などが挙げられ、身体活動量の測定にも使用されてきたが、脳性まひ児を対象として身体活動量を検討した研究は見当たらない。アクチグラフは、ある一定時間にある一定の加速度が何回生じたかを計測するものであるが、身体活動量を測定する方法として実用に値するものであることが示された。アクチグラフで測定された身

体活動量は、運動機能レベルによって、また健常児との間にも身体活動量の相違が見られ (Fig. 2、Fig. 3)、運動機能レベルが高いほど身体活動量は大きく、特に移動しないよりも移動した方が身体活動量が高いということが客観的に示された。

24時間平均身体活動量と覚醒時身体活動量では運動機能レベルの違いによる有意差が見られた (Fig. 2、Fig. 3) が、睡眠時身体活動量では有意差が見られなかった (Fig. 4)。方法的には、本研究で行ったような運動機能レベルの違いがもたらす身体活動量の相違の検討や日中の生活パターンの測定などには、睡眠時を除外し、覚醒時身体活動量を測定するのみで十分ではないかと考えられる。覚醒時平均身体活動量については、運動機能レベルが高いほど身体活動量が高いという結果が得られた (Fig. 3)。特に、寝たきり群よりも寝返り群、四つ這い群、立位・歩行群、健常群で有意に身体活動量が高く、寝返り群よりも四つ這い群、立位・歩行群、健常群で有意に身体活動量が高いという結果が得られた。この結果から、アクチグラフは運動機能レベルが寝たきりから四つ這いぐらいまでの範囲で識別力があり、有用であると考えられる。

一方、アクチグラフは、睡眠時の身体活動も測定することができ、脳性まひ児の睡眠時の身体活動パターンを客観的に示すことができ有用であると思われる。脳性まひ児は、熟睡しない、夜中に動いていることが多いなどの報告が多い。今回の検討でも Fig. 1 に示すように、睡眠中に過大な身体活動を示していた事例が認められ、個人差が大きいことが伺われた。Kotagal, Gibbons, and Stith (1994)⁵⁾ は、脳性まひ児はしばしば、脳幹の機能不全によって呼吸機能に障害が生じ、いわゆる睡眠時無呼吸症候群が生じている結果、目が覚める回数の増加、REM睡眠の開始の潜在化、REM睡眠時間の短縮などの睡眠障害が見られると述べている。実際、睡眠障害のある脳性まひ児に対しては、医学的にメラトニンなどを投与するという事例が見受けられるが、その効果についての評価は家族の主

観によるものがほとんどであり、アクチグラフなどを用いた客観的な検討が有用と思われる。

しかし、問題点も挙げられる。例えば、覚醒時の平均身体活動量 (Fig. 3) でみると、寝たきり群と寝返り群の間では、寝返り運動を行っているか否かの差を識別していると考えられるが、個人差も考えられ、実際に寝返り運動の差だけなのかどうかは定かではない。また、脳性まひ児の場合は、まひの程度によって、たとえエネルギー消費量が同程度の運動を行っていても、計測される身体活動量は違いが生じることが考えられる。姿勢変換や移動が自ら行えないために、抱き抱えられて姿勢変換や移動を行ったり、自動車や車椅子などで移動することが多く、アクチグラフで計測された身体活動量が自動運動か他動運動かも定かではない。さらに、今回の検討では除外したが、脳性まひの場合、不随意運動によって上肢が必要以上に動いてしまい、アクチグラフの測定値が過大になってしまうという問題もある。従って、このような問題を排除するためにも、アクチグラフで運動の量を測定すると同時に運動の質を自己報告法や想起調査法を用いて、姿勢や運動の違いによる身体活動量の差などを個人差も含めて検討する必要があると考えられる。アクチグラフは身体活動の量について計測するものであり、それも全身や身体各部の細かい運動については考慮されていないという点が測定の限界である。今後、ビデオを用いた3次元動作解析装置等、これまでの他の方法と併用して、細かい運動間の信頼性を検討し、不随意運動などについても考慮し、運動の質も合わせて検討することが今後の課題である。

アクチグラフの装着部位について本研究では、先行研究 (Sugimoto ら, 1997⁹⁾) に従って、全例非利き手側、もしくは運動年齢で低い側の手首に装着して計測を行った。運動機能レベルに応じた身体活動量が測定され、装着部位も含めたセッティングとしては妥当であると考えられる。脳性まひ児の場合、片まひや両まひなどのまひの部位が様々であり、変形や拘縮によっ

て関節可動域も制限されている場合が多いため、装着部位によって導出される身体活動量が違ってくるという問題が考えられ、身体各部位に装着して検討することも考えられる。しかし、腰部に装着すれば寝返り時に痛みが伴い、足関節に装着しても脳性まひ痙直型の特徴である下肢の交叉伸展によって違和感があったり外れたりすることもあり得、さらに、自由な運動を制限することも考えられる。運動の質を同時に調査すれば、非利き手側手首あるいは患側手首の装着で良いと考えられるが、今後の検討が必要である。

いずれにしても脳性まひ児を対象とした身体活動量定量の直接的な研究が少ないので、今後リハビリテーションプログラムや学校教育場面の運動負荷の種類や程度について客観的な基準を作成するためにも、研究を重ねていきたい。

文 献

- 1) Caspersen C.J. and Powell K.E. (1985) Physical Activity, Exercise, Physical Fitness: Definitions and Distinctions for Health-Related Research. Public Health Reports, 100, 126.
- 2) Cronk C.E. and Stallings V.A. (1997) Growth in Children with Cerebral Palsy. Mental Retardation and Developmental Disabilities, 3, 129-137.
- 3) 郡司篤晃・川久保清・鈴木洋児(1998)身体活動と不活動の健康影響. 第一出版株式会社, 23-90.
- 4) Johnson M.K., Zuck F.N., and Wingate K. (1951) Measurement of Motor Handicaps in Children with Neuromuscular Disorder as Cerebral Palsy. The Journal of Bone and Joint Surgery, 33, 698-707.
- 5) Kotagal S., Gibbons V.P., and Stith J.A. (1994) Sleep Abnormalities in Patients with Severe Cerebral Palsy. Developmental Medicine and Child Neurology, 36, 304-311.
- 6) Laport R.E., Montoye H.J., and Caspersen C. J. (1985) Assessment of Physical Activity in

- Epidemiologic Research : Problems and Prospects. Public Health Reports, 100, 131-146.
- 7) Melanson E.L., and Freedson P.S. (1996) Physical Activity Assessment : A Review of Methods. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 36 (5), 385-396.
- 8) Sugimoto A. (1995) Measurement of Daily Physical Activity by the Motion Sensor. Tokyo Jikeikai Medical Journal, 110, 163-173.
- 9) Sugimoto A., Hara Y., Findley T.W., and Yonemoto K. (1997) A Useful Method for Measuring Daily Physical Activity by a Three-Derection Monitor. Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine, 29, 37-42.

Measurement of Physical Activity Using Actigraph Method in Children with Cerebral Palsy

Jun SHIRAGAKI, Nobuaki IWASAKI, and Kazuhiro FUJITA

The purpose of this study was to investigate whether the Actigraph, a three-dimensional accelerometer, is useful in measuring the physical activity of children with cerebral palsy (CP), and, further, to make a comparative study of physical activity between the degree of mobility in children with CP and the degree of mobility in normal children, in order to quantify the limitations in the former.

To our knowledge, this study is the first report on measurement of physical activity that applies the Actigraph method to children with CP in free-living conditions. The Actigraph method can produce accurate data, does not inhibit the daily activities of subjects, has test-retest good reliability, and provides useful data. The Actigraph output for each type of mobility tested in normal children was significant in comparison to that in children with CP; a higher degree of limited mobility was shown in children with CP during physical activity, and the physical activity is higher in the CP who moves than in those who do not. Moreover, the Actigraph method generated data useful to demonstrate the physical activity during sleep patterns in children with CP. It was indicated that we should not only measure the quantity of activity, but also investigate the quality of activity.

Key Words : cerebral palsy, physical activity, Actigraph