

■ 原著

ウェアラブル姿勢・活動計測システムを用いた在宅移行期の 脳血管障害者の日常生活下における活動状態の定量評価

Quantitative Evaluation of Daily Activities of Patient with Cerebrovascular Disease just after Leaving Hospital using Wearable Posture Changes and Activities Monitoring System

谷口 早弥香^{1), 2)} 本井 幸介^{2)*} 東 祐二¹⁾ 藤元 登四郎¹⁾ 山越 憲一²⁾

Sayaka Taniguchi^{1), 2)} Kosuke Motoi^{2)*} Yuji Higashi¹⁾ Toshiro Fujimoto¹⁾ Ken-ichi Yamakoshi²⁾

1) 社団法人八日会 藤元早鈴病院：宮崎県都城市早鈴町 17-1 〒885-0055

TEL／0986-25-1313(内線 5224) FAX／0986-25-3950 E-Mail／kiyosaya@hotmail.com

2) 金沢大学大学院自然科学研究科

1) Fujimoto Hayasuzu Hospital：17-1, Hayasuzucho, Miyakonojo-shi, Miyazaki, 885-0055, Japan
TEL／+81-986-25-1313 FAX／+81-986-25-3950

2) Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University

*現在 弘前大学大学院理工学研究科 (Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University)

保健医療学雑誌 4 (1): 1-8, 2013. 受付日 2012 年 9 月 20 日 受理日 2012 年 11 月 26 日

JAHS 4 (1): 1-8, 2013. Submitted Sep. 20, 2012. Accepted Nov. 26, 2012.

ABSTRACT:

To care the daily living of patient with cerebrovascular disease, it is important for therapist to accurately evaluate patient's activities just after leaving hospital. In this study, we proposed a new evaluation method for daily activities of patient with cerebrovascular disease just after leaving hospital using wearable posture changes and activities monitoring system. Using this method, the rate of lying, sitting, standing, walking, and standing-up and sitting-down could be monitored quantitatively in subject's home just after leaving hospital. Especially, the rate of the lying position significantly decreased and the sitting position increased just after leaving the hospital, demonstrating its usefulness for evaluating the change of daily activities just after leaving hospital.

Key words: Stroke, Just after leaving hospital, Wearable posture changes and activities monitoring system

要旨：

脳血管障害者の退院後の在宅における生活を支援するためには、セラピストは在宅移行期における患者の活動性の変化を正確に把握することが重要である。本研究では、在宅移行期における脳血管障害者の日常活動状態について、姿勢・活動状態の特徴を定量的に解析可能なウェアラブル姿勢・活動計測システムを用いた新たな評価手法を提案する。今回、本手法を用いることにより、在宅移行期の脳血管障害者 12 名において、退院後の自宅における対象者の臥位、座位、立位、歩行、起立・着座の各割合の変化を定量的に計測可能であることが確認された。特に、退院直後は有意に臥位の割合が減少しており、離床が促進され、座位の割合が大きく増加していることも確認された。これら結果より、本手法は在宅移行期における脳血管障害者の日常活動の変化を評価する行う上で有用であることが確認された。

キーワード：脳卒中、在宅移行期、ウェアラブル姿勢・活動計測システム

はじめに

近年、脳血管障害者の在院日数の短縮化が進められており、「地域生活移行」という国の施策の方向性¹⁾に基づき、医療から地域生活への円滑な移行が促進されている。

しかし、脳卒中患者の退院後の追跡調査では、病院退院時に自立とされたものでも退院1年後、約4割が障害高齢者の日常生活自立度では低下がみられ²⁾、特に退院後3ヶ月以内に変化を示すことが多かった³⁾と報告されている。そのため、この在宅移行期にもっとも慎重な対応が必要である。

ところで在宅移行期のリハビリテーションにおいて、より精度の高い効果的な支援を行うためには、対象者の退院直前の院内生活や、退院直後の在宅における日常生活の活動状況を的確に評価・追跡し、その情報に基づいた支援を行うことが必要である。在宅移行期の生活や活動状況の評価は、一般的に Functional Independence Measure (FIM)⁴⁾などの定性的評価が用いられていることが多い⁵⁾。しかし、自宅におけるこれらの定性的評価は対象者や家族から聴取した情報に基づくため、入院中はもちろんのこと、特に退院後は適切な判定をしにくいのが現状である。そのため、これらを定量的に評価する新たな方法の追加が必要であると考えられる。

これまで著者らは、高齢者の寝たきり防止や、リハビリテーションにおける訓練効果の定量評価などを目的に、ウェアラブル姿勢・活動計測システム（以下、本システム）の開発を行ってきた^{6~10)}。本システムは、体幹・大腿・下腿の各部の重力方向に対する角度変化を計測することで、臥位、座位、立位、歩行、起立・着座といった日常生活における姿勢状態の判別を行い、各姿勢の割合など、活動の量的な評価を行うと共に、歩行中には体各部の角度変化の特徴や歩行速度も解析

できる。また、ビデオや3次元動作解析装置との同時記録から良好な計測精度が確認される^{6,7)}とともに、高齢者や脳血管障害者を対象としたリハビリテーション中並びに日常生活の活動計測結果からも、患者の動作解析や療法効果の評価等に対して高い信頼性が確認された^{8,9)}。本システムは簡便に対象者の姿勢変化の特徴を捉えることが出来るため、在宅移行期における定量的な活動評価のツールとして実用に供し得ると考えられる。

そこで本研究は、本システムを用いた在宅移行期の脳血管障害者の退院後の姿勢・活動の定量評価方法を新たに提案する。次に入院中から退院後3ヶ月の在宅移行期の脳血管障害者を対象に、本システムを用いた姿勢・活動の定量評価を行い、在宅移行期における新たな活動評価方法としての有効性を実証したので報告する。

対象と方法**1. ウェアラブル姿勢・活動計測システム概要**

Fig.1 にウェアラブル姿勢・活動計測システムの概要を示す。

本システムは無線送信機、メモリ、バッテリー、加速度・ジャイロセンサが内蔵された計測ユニット（42×60×15 mm³, 40 g）を、体幹（胸骨部・大腿・下腿にそれぞれ装着して計測を行う。本ユニットについては、セラピストが起動させた後、体幹には肩サポータ型ホルダ、大腿と下腿は膝サポータ型ホルダを用いて装着する。センサホルダは、対象者の体格に合わせて調整可能であり、センサの取り付けは1~2分程度で簡便に行える。また、センサユニットは小型・軽量であるため、衣服の中に装着することができ、排泄時の衣服の着脱等をはじめ、日常生活の動作遂行に支障をき

たすことはない。

一方、具体的なデータ記録方法については、リハビリテーション室等の施設内においては、センサユニットと解析用パーソナルコンピュータ間の無線通信によってリアルタイム計測（連続計測 8 時間）が可能となっており、データは解析用パーソナルコンピュータに逐次自動送信・解析が行われる。また計測場所が病棟や対象者の自宅などの場合には、センサに内蔵された micro SD カードを用いてオフライン計測（連続計測 15 時間）・

記録が行われ、計測終了後にデータを解析用パーソナルコンピュータに転送し、その後自動解析を行う。またデータの記録についてはサンプリング周期：25 Hz で行い、脳血管障害者の動作の特徴が十分検出可能となっている。なお、計測開始時に一度椅座位（体幹をほぼ垂直、膝関節 90°）の姿勢になってもらい、その時の角度を本システムの計測開始時の初期角度と設定することにより、全ての対象者で正確な角度の計測を行うことができる。

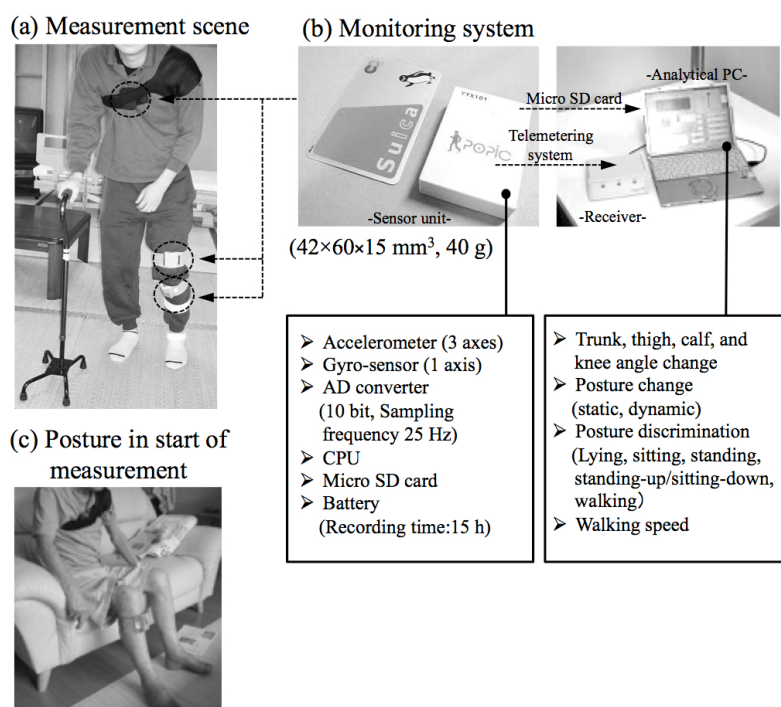


Fig.1. Outline of wearable monitoring system for posture changes and activities, showing (a) measurement scene and (b) monitoring system. Initial angle values of trunk, thigh, and shank, are obtained from the sensor signals of the accelerometers in static sitting position (trunk angle: 0 deg, knee angle: 90 deg) as shown in figure (c).

2. 姿勢・活動解析方法

自動解析ソフトでは、得られたセンサ出力について、まず座位などの静止中には加速度センサ出力の重力成分、歩行などの姿勢変化中にはジャイロセンサ出力の時間積分により、体幹・大腿・下腿の重力方向に対する相対角度変化が算出される^{6~10)}。これら角度情報を基に、Fig.2のような姿勢状態の判別や歩行動作解析を行う。以下にその判別方法について述べる。なお、これら判別基準については、先行文献⁸⁾で実施した予備実験結果に基づき決定を行っており、高い信頼性が確認

されている。

1) 臥位（仰臥位、腹臥位）

仰臥位が「体幹角度が 60° から 180°」、腹臥位が「体幹角度が -180° から -70°、かつ大腿角度が -180° から 0°」を満たした場合を臥位とする。

2) 座位

「体幹角度が -90° から 60°」、かつ「大腿角度が 45° から 180°」の両方の条件を満たした場合を座位とする。なお、本判別により座位として判定した時間帯と、後述する起立・着座として判定

した時間帯が重なった場合は、起立・着座時間として扱う。

3) 歩行

大腿角度変化の波形からピークを検出し、隣り合うピーク（トップーボトムおよびボトムートツ

プ) の「時間差が 2 秒以下」かつ「角度差が 5° 以上」の条件を満たすものを選択する。次に検出されたピークの最初及び最後の点を歩行の「開始または終了点」とし、その間隔が 2 秒以上あるものを歩行とし、歩数の記録を行う。

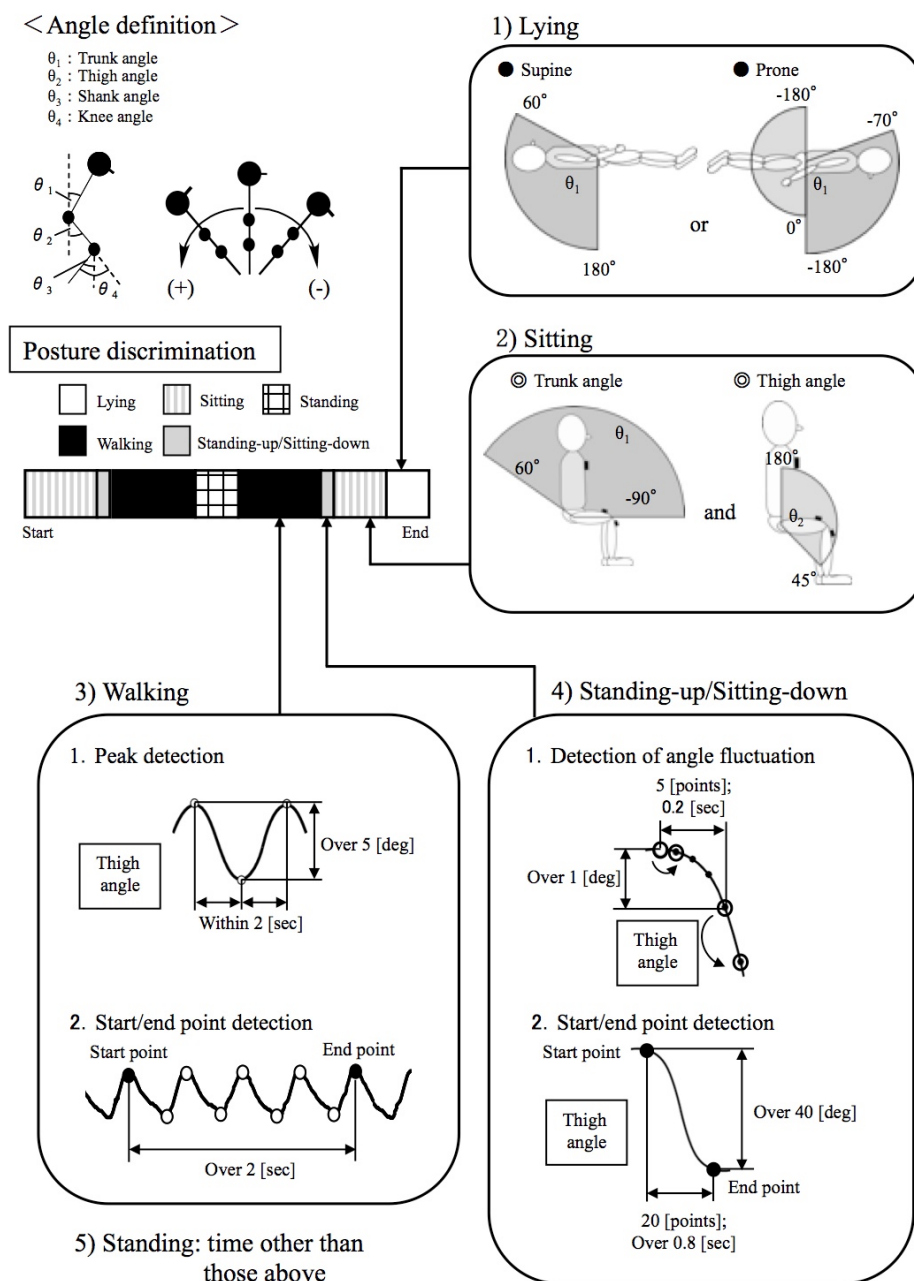


Fig.2. Outlines of data analyses to discriminate 5 postures.

Subject	Age	Gender	Paralyzed side	Nursing care level	Diagnosis
Case1	76	Male	Left	1	Cerebral embolism
Case2	65	Male	Left	1	Cerebral infarction
Case3	79	Female	Left	independence	Cerebral infarction
Case4	69	Male	Right	2	Cerebral infarction
Case5	45	Male	Left	4	Cerebral bleeding
Case6	56	Male	Parkinsonism	1	Multiple cerebral infarction, Carbon monoxide poisoning
Case7	72	Male	Left	1	Cerebral bleeding
Case8	79	Female	Left	support2	Cerebral infarction
Case9	65	Male	Both	2	Subarachnoid hemorrhage
Case10	61	Male	Left	independence	Hypertensive intracerebral hemorrhage
Case11	70	Female	Left	2	Subarachnoid hemorrhage
Case12	75	Female	Right	2	Cerebral infarction

Table. Subject details

4) 起立・着座

まず大腿角度変化において、データを1点ずつ移動しながら、0.2秒毎の角度差が1°以上という条件に合う点を検出する。次にその検出された最初及び最後のピーク間隔が0.8秒以上、かつピーク値が40°以上ある場合に、本区間を起立・着座動作とする。

5) 立位

前述の臥位、座位、歩行、起立・着座以外の時間範囲を立位とする。

なお、上記解析結果については、解析ソフトウェアにより自動で取りまとめられ、セラピストが簡便に確認可能であり、結果について対象者にフィードバックすることも可能とした。

対象

対象は、2009年5月～2010年3月に当院回復期リハビリテーション病棟に入院中の脳血管障害者150名のうち、自宅退院が決定しており同意が得られた12名とした。内訳は、男性8名、女性4名、平均年齢は 67.7 ± 10.1 歳、発症から退院までの期間は平均 133.3 ± 51.1 日、診断名は脳出血3名、脳梗塞7名、くも膜下出血2名、介護度は未申請が3名、要支援2が1名、要介護1が4名、要介護2が4名であった (Table)。尚、本研究は当院倫理審査委員会の承認を得て、全ての対象者に説明、同意を得た後に実施した。

評価方法

本システムを用いて、入院中から退院後3ヶ月

の在宅移行期に、日常生活の姿勢・活動の評価を実施した。評価は、入院中(退院前1週間以内)に院内で1回、退院後に自宅で4回(退院直後、退院1ヶ月後、退院2ヶ月後、退院3ヶ月後)の計5回実施した。計測時間帯は、対象者の負担を最小限に抑え、かつ定点的、継続的に生活の評価していくために、朝食を摂取後1～3時間の血糖値が最も上昇しており、生体としての活動条件が整っている午前中の2時間(午前9時～11時)を設定した。計測ユニットは、肩サポータ型ホルダを用いて体幹(胸骨部)に1箇所、膝サポータ型ホルダを用いて麻痺側の大腿と下腿の2箇所、計3箇所にそれぞれセラピストが装着した。対象者へは、計測により姿勢状態の判別ができることと、計測中は入浴以外の活動に制約がないことを説明し、普段通りに過ごすように指示した。セラピストは計測ユニットを装着した後は計測場所に同席せず、対象者が普段通りに過ごせるように配慮した。

次に具体的なデータ分析については、1回の計測毎に、臥位、座位、立位、歩行、起立・着座の5つの姿勢を判別して、各姿勢の積算時間を算出し、入院中と退院後(退院直後～退院3ヶ月後)の比較、退院直後とそれ以降(退院1ヶ月後～退院3ヶ月後)の比較を実施した。分析は反復測定分散分析により行い、分散分析の結果において水準間に差が認められたものにおいて、その差の検証を多重比較検定により行った。なお、上記における統計的有意水準は5%未満とした。

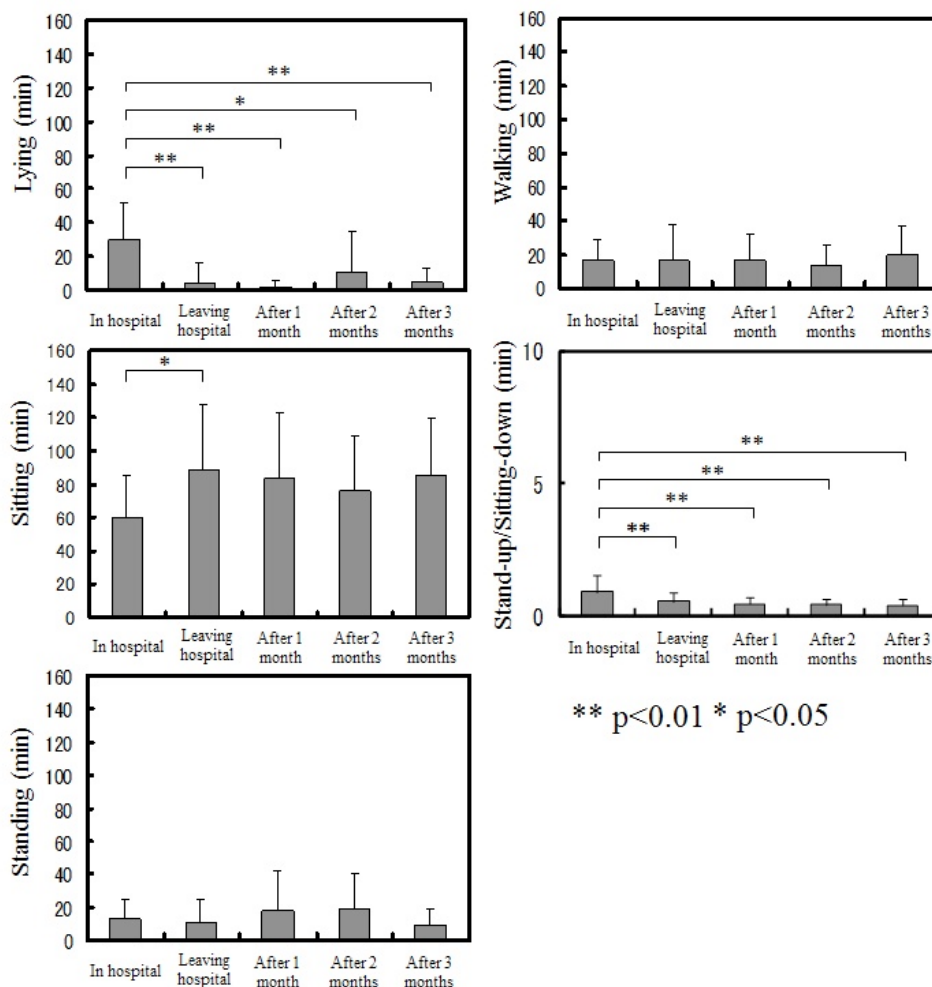


Fig.3. Result of each posture time accumulated time for 5 postures in 12 subjects.

結果

Fig.3 にウェアラブル姿勢・活動計測システムによる各姿勢・活動時間の結果を示す。

1) 臥位時間の測定結果

入院中の臥位の平均時間は 29.6 ± 21.8 分であった。退院直後には 3.9 ± 11.8 分、退院 1 ヶ月後は 1.9 ± 3.7 分、退院 2 ヶ月後は 10.7 ± 23.7 分、退院 3 ヶ月後は 4.6 ± 8.4 分となった。入院中と退院後の比較においては、入院中と退院直後、退院 1 ヶ月後 ($p < 0.01$)、退院 2 ヶ月後 ($p < 0.05$)、退院 3 ヶ月後 ($p < 0.01$) の間で有意に臥位時間が短縮していた。退院以降の比較においては、有意差は認められなかった。

2) 座位時間の測定結果

入院中の座位の平均時間は 60.2 ± 25.4 分であった。退院直後は 88.1 ± 39.3 分、退院 1 ヶ月後は 83.2 ± 38.9 分、退院 2 ヶ月後は 76.1 ± 32.9 分、退院 3 ヶ月後は 85.8 ± 33.4 分となった。入院中と退院後の比較においては、入院中と退院直後で有意に座位時間が延長していた ($p < 0.05$)。また、全ての計測において、座位時間が占める割合が最も多かった。退院以降の比較においては、有意差は認められなかった。

3) 立位時間の測定結果

立位の平均時間は入院中が 12.9 ± 11.5 分、退院直後は 10.9 ± 13.4 分、退院 1 ヶ月後は 17.9 ± 23.8 分、退院 2 ヶ月後は 19.1 ± 21.2 分、退院 3 ヶ月

後は 9.4 ± 9.6 分であった。立位時間は、入院中と退院後の比較、退院以降の比較において有意差は認められなかった。

4) 歩行時間の測定結果

歩行の平均時間は入院中が 16.4 ± 12.5 分、退院直後は 16.5 ± 21.3 分、退院 1 ヶ月後は 16.7 ± 15.4 分、退院 2 ヶ月後は 13.8 ± 12.4 分、退院 3 ヶ月後は 19.8 ± 17.4 分であった。歩行時間は、入院中と退院後の比較、退院以降の比較において有意差は認められなかった。

5) 起立・着座時間の測定結果

入院中の起立・着座の平均時間は 0.9 ± 0.6 分、退院直後は 0.5 ± 0.4 分、退院 1 ヶ月後は 0.4 ± 0.3 分、退院 2 ヶ月後は 0.4 ± 0.2 分、退院 3 ヶ月後は 0.4 ± 0.3 分となった。入院中と退院後の比較において、入院中と退院直後、退院 1 ヶ月後、退院 2 ヶ月後、退院 3 ヶ月後の間で有意に短縮していた ($p < 0.05$)。退院以降の比較においては、有意差は認められなかった。

考察

今回本研究では、ウェアラブル姿勢・活動計測システムを用いることにより、これまで明らかになっていなかった在宅移行期における脳血管障害者の活動性の変化を明確に評価・追跡できることが確認された。特に、今回対象とした在宅移行期における生活状況の評価は、入院中は病院・施設、退院後は対象者の自宅と、異なった環境下で対象者の状態を把握することが必要となる。このように大きく環境が変化する中で、従来の定性的評価のみでは対象者の日常活動を適切に判定することは困難であった。しかしながら、今回本システムにおける新たな評価方法を用いることで、病院や自宅などの環境を限定せずに計測を実施することができ、加えて装置が小型・軽量であるため対象者に大きな負担を掛けることもなかった。さらに、それら実測値に基づいて定量的かつ的確に対象者の活動状況を把握することが可能であった。

特に在宅移行期においては、脳卒中発症後自立とされた者が病院を退院後、発症を期に生活の中での役割の変化や本人の自信喪失・生活の不安等で閉じこもりがちになり、廃用性の低下を引き起

こす²⁾ことが考えられる。また、廃用性症候はさらに機能障害・構造障害、活動制限および参加制約の障害を生む原因になる¹¹⁾。そのような状態を引き起こさないために、退院後に対象者の活動状況に変化が生じた場合、早急に適切な対応が行えるように、本システムにより退院後の姿勢・活動状態を詳細に把握しておくことは、在宅移行期のリハビリテーションにおいて非常に重要なことであると考ええる。

今回の結果、まず活動の量的評価として臥位時間の割合を集計したところ、入院中と比較し、退院以降は臥位時間が短縮して、離床が促進されていることが明らかとなった。しかし、歩行や立位といった姿勢割合の延伸は見られないことから、前述の臥位時間の短縮は、座位時間の延長として表れていることが判る。また退院直後から退院 3 ヶ月後において、各姿勢の割合・時間に大きな変化はみられず、座位中心の生活をしていることが明らかになった。一方、起立・着座時間については、入院中と比較して退院後(退院直後～退院 3 ヶ月)は有意に短縮していた。この原因としては、活動性の低下により動作の回数そのものが減少したことと、日常動作の改善により 1 回の動作に要する時間が短縮したという 2 つの理由が考えられ、今後は起立・着座動作の評価については、動作の合計時間だけでなく、動作の回数も併せて解析を行っていく必要がある。

以上のように、本システムはこれまで把握困難であった活動評価を、本システムから得られる姿勢状態の判別結果に基づき定量的に行うことが可能であり、対象者の日常活動の状況を的確に把握する上で非常に有用であった。本システムによる評価を行うことによって、在宅移行期における脳血管障害者の活動性の変化を的確に捉えることが可能となり、これに基づいて退院後に活動・動作の変化が明らかになった場合には、速やかにそれを軽減することが可能になると考えられる。今回の結果では、退院後に離床が促進されていたという傾向が明らかになったが、今後はさらに多くの対象者において評価を行い、どのような支援、あるいは患者へのデータフィードバックを入院中や退院後に行うことが、より効果的な在宅移行支援に繋がるのか、また退院後の活動性の変化や日内変動などを明らかにしていく予定である。

結語

今回、在宅移行期における脳血管障害者の日常生活活動について、ウェアラブル姿勢・活動計測システムを用いた新たな評価手法を提案すると共に、在宅移行期の脳血管障害者 12 名を対象に計測・評価を実施し、その有効性を検証した。その結果、従来の定性的評価では把握困難であった入院中から退院後の自宅にかけての活動性の変化について、本システムにより定量的に追跡評価が可能であることが確認された。このことから、本手法は対象者の日常生活活動の的確な評価に有用であると考えられる。

謝辞

本研究の一部は総務省戦略的情報通信研究開発推進制度 SCOPE (102305004, 平成 22～23 年度) により行われた。ここに記して感謝の意を表す。

文献

- 1) 杉原素子, 土井勝幸, 小賀野操・他: 作業療法 5 ヶ年戦略. 作業療法 27 (4) : 440-456, 2008.
- 2) 村井千賀: 特定高齢者・地域支援事業における OT の視点は必要か? OT ジャーナル 42 (7) : 680-685, 2008.
- 3) 宮岡秀子: 回復期リハビリテーション病棟と通所リハビリテーションにおける介護予防. OT ジャーナル 39 (8) : 805-810, 2005.
- 4) 田尻寿子, 辻哲也: 機能的自立度評価法 (FIM). OT ジャーナル 38 (7) : 568-577, 2004.
- 5) 才藤栄一・朝貝芳美, 森田定雄・他: リハビリテーション関連雑誌における評価法使用動向調査-7-. リハ医学 45 (8) : 10-13, 2008.
- 6) 本井幸介, 田中志信, 東祐二・他: 要介護認定支援のための立ち上がり・起き上がりにおける補助有無判別システムの基礎的検討. 生体医工学 42 (4) : 241-251, 2004.
- 7) 本井幸介, 田中志信, 野川雅道・他: 姿勢・歩行速度の無拘束同時計測法に関する基礎的検討. 生体医工学 41 (4) : 35-41, 2003.
- 8) K. Motoi, S. Tanaka, Y. Kuwae, et al. : Evaluation of a wearable sensor system monitoring posture changes and activities for use in rehabilitation. Journal of Robotics and Mechatronics 19 (6) : 656-666, 2007.
- 9) 山越憲一, 本井幸介: 非侵襲生体情報センシング技術の新展開-理学療法への応用に向けて-. 理学療法学 38 (8) : 555-559, 2011.
- 10) K. Motoi, Y. Kuwae, S. Taniguchi, et al. : Development of a new wearable monitoring system for posture changes and activities and its application to rehabilitation. IFMBE Proceedings 25 : 142-145, 2009.
- 11) 澤田雄二: 非活動と ADL. OT ジャーナル 37 (6) : 483-487, 2003.