

■ 原著

ウェアラブル姿勢変化・歩行解析システムによる
在宅移行期の脳血管障害者の定量的身体活動評価
－Life-Space Assessment による活動範囲評価との
同時比較検討－

Quantitative evaluation of physical activities in stroke patients before and after leaving hospital using a wearable posture changes and gait analysis system: Simultaneous comparison examination with Life-Space Assessment

谷口 早弥香^{1),2)} 本井 幸介³⁾ 東 祐二¹⁾ 藤元 登四郎⁴⁾ 山越 憲一⁵⁾

Sayaka Taniguchi^{1),2)} Kosuke Motoi³⁾ Yuji Higashi¹⁾ Toshiro Fujimoto⁴⁾ Ken-ichi Yamakoshi⁵⁾

1) 藤元総合病院：〒885-0055 宮崎県都城市早鈴町 17-1

2) 金沢大学大学院自然科学研究科

3) 弘前大学大学院理工学研究科

4) 藤元メディカルシステム

5) 金沢大学 理工研究域

1) Fujimoto General Hospital : 17-1, Hayasuzucho, Miyakonojo, Miyazaki, 885-0055, Japan

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

3) Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University

4) Fujimoto Medical System

5) College of Science and Engineering, Kanazawa University

保健医療学雑誌 5 (1): 1-14, 2014. 受付日 2013 年 11 月 11 日 受理日 2014 年 1 月 9 日

JAHS 5 (1): 1-14, 2014. Submitted Nov. 11, 2013. Accepted Jan. 9, 2014.

ABSTRACT:

It is important to evaluate quantitatively physical activity and gait state for stroke patients before and after leaving hospital. In this study, using a wearable posture changes and gait analysis system, measurements of the activities of daily living for patients were carried out on 5 occasions: in hospital, after leaving hospital, and 1, 2 and 3 months after leaving hospital. As a result, detailed information has been measured, as the ratio of standing and walking, the frequency of posture change, the steps, the frequency of gait, the moving distance during stance phase of a paralyzed side, and the average walking speed. Moreover, the relevance of the evaluation index of this system and Life-Space Assessment, LSA was checked from the result of correlation analysis. And, about each measurement time, I revealed what physical activity of the patient will affect the range of activity. Therefore, this technique was useful to physical activity and gait state for stroke patients before and after leaving hospital.

Key words: Wearable posture changes and gait analysis system, Stroke patients, Before and after leaving hospital

要旨：

在宅移行期の脳血管障害者の身体活動や歩行状態の評価は重要である。今回、日常生活の姿勢判別と歩行分析が可能なウェアラブル姿勢変化・歩行解析システムを用いた在宅移行期の脳血管障害者の定量的身体活動評価を実施し、入院中及び退院後の立位・歩行の割合、姿勢変化の回数、歩数、歩行回数、歩行中の麻痺側下肢立脚時の移動距離、平均歩行速度を把握することができた。また、同時評価した Life-Space Assessment (LSA) との相関分析の結果から、本システムにおける身体活動評価と LSA による活動範囲評価との関連性が確認され、入院中及び退院直後、退院 1~3 ヶ月後の 5 回の計測時期について、対象者のどのような身体活動が活動範囲の変化に繋がっているのかを明らかにできた。従って、今回の手法は、在宅移行期の脳血管障害者の身体活動や歩行状態の評価に有用であった。

キーワード： ウェアラブル姿勢変化・歩行解析システム、 脳血管障害者、 在宅移行期

はじめに

脳血管障害者においては、退院直前から退院直後、さらには退院後 3 ヶ月の「在宅移行期」にかけて、活動性を維持・向上することが重要な課題となる¹⁾。脳血管障害者は、歩行障害などの後遺症や日常生活動作への不安から、在宅へ復帰後に活動範囲が限定的になってしまい、これにより身体活動量が低下し、精神機能の低下も誘発し、さらなる活動範囲の縮小を招くという悪循環を形成することも多い²⁾。また、身体活動の低下や歩行障害によって転倒が発生した場合には、骨折や外傷などによる身体的損失に加え、転倒への恐怖による不動等も起こり、二次的な廃用症候群や寝たきりの原因となる³⁾。従って、リハビリテーションにおいては、入院・加療中に効果的な支援を行うことはもちろんのこと、さらには退院後の在宅移行期における身体活動の低下を防ぐことが非常に重要な課題となっている。

上記のような支援を行うためには、退院後の身体活動や歩行状態の変化を的確に評価し、また支援を行った際の変化も再評価・追跡することが必要である。現在は、入院中を含めて問診による定性的評価⁴⁾が用いられることが多く、これら評価は必要経費も少なく簡便な手法と言える⁵⁾。特に、自宅と地域社会の範囲内における対象者の移動性、即ち活動範囲が評価可能な Life-Space Assessment (LSA)⁶⁾は、個人の生活の空間的な広がりにおける移動を評価する指標⁷⁾であり、対象者の直近 1 ヶ月の日常生活における活動状況を把握する上で有用な手法である^{5,6,8)}。しかしながら、これらはあくまで観察・問診による評価であり、検査者の知識や経験に左右される場合もある⁹⁾。また、特に在宅移行期における評価は、セラピストの目の届かない対象者の自宅や地域における日常生活の状態を把握する必要がある。従って、

前述のような定性的評価と併せて、対象者の日常生活において定量的に姿勢変化や歩行の状態を解析できる手法が必要不可欠と考えられる。

身体活動の定量評価手法としては、歩数計¹⁰⁾や ActiGraph^{11,12)}といった方法があるが、歩数や動いているか否かといった情報しか得られないため、対象者の身体活動を評価する上では不十分である。一方、姿勢・歩行状態の解析については、動作解析装置や床反力計¹³⁾といった装置による手法があるが、これらは計測環境が限定され、対象者の日常生活の評価には適さない。また、近年慣性センサを用いた様々な身体活動計測システムの開発¹⁴⁻¹⁶⁾や高齢者並びに脳血管障害者の動作評価^{1,17)}が試みられているが、姿勢変化や歩行状態を同時にみることができないものや、得られる解析データが煩雑であるといった問題も多く、特に在宅移行期における脳血管障害者の姿勢変化や歩行状態を詳細かつ簡便に把握可能な手法は確立されていないのが現状である。

一方著者らは、高齢者の活動性評価やリハビリテーション効果評価を目的とし、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、歩行、起立・着座、立位といった日常生活における姿勢状態の判別を行うと共に、歩行中には体各部の角度変化の特徴や 1 歩行周期毎の歩行速度も簡便に把握可能なウェアラブル姿勢変化・歩行解析システム（以下、本システム）の開発を行い、ビデオとの同時計測・比較から、片麻痺者を含む成人において相関係数 0.95 以上という実用に供しうる姿勢・歩行速度計測精度が確認された¹⁸⁻²³⁾。さらに、本システムを用いて入院中から退院後 3 ヶ月における脳血管障害者 12 名の活動計測・評価を行った結果、離床の促進や座位の割合の増加が確認され、脳血管障害者の活動の定量評価への有効性を示した²⁴⁾。しかしながら、これら評価は、各姿勢の割合に基づ

く活動の量的評価に留まっており、姿勢変化の回数や歩行動作の特徴解析、従来の問診等による定性的評価との比較を行っていく必要性を報告した。

そこで本研究では、上記計測データの解析をさらに進め、今回新たな評価指標を用いて、在宅移行期の脳血管障害者の定量的身体活動評価を行った。また、移動や活動範囲の定性的評価であり、歩行状態との関連が予測される Life-Space Assessment (LSA)の同時評価を行い、本システムによる身体活動評価結果との関連性を検証した。

対象と方法

Fig. 1 に、本システムの概要を示す。図中(a)に示すように、本システムは体幹・大腿・下腿にそれぞれ、加速度センサ、メモリバッテリー等が内蔵されたセンサユニットを装着することにより、対象者の姿勢変化を計測する。体幹には肩サポータ型、大腿・下腿には膝サポータ型ホルダを用いてセンサユニットを装着可能となっている。得られたデータについてはパーソナルコンピュータにデータ転送後、各部の重力方向に対する角度変化が算出され¹⁸⁻²²⁾、臥位、座位、歩行、起立・着座、立位の姿勢状態の判別や各姿勢の割合が算出される²⁴⁾。なお、解析アルゴリズムの詳細については先行論文²⁰⁾を参照されたい。一方、同図中(b)は本システムにおける歩行解析アルゴリズムの概要であり、以下の指標を算出することが可能である。

- 下腿角度変化の最大値から Heel contact を検出し、その際の大腿角度 $\theta_{th,c}$ 、下腿角度 $\theta_{sh,c}$ を決定
- 大腿角度変化の最小値より Heel off を検出し、その際の大腿角度 $\theta_{th,o}$ 、下腿角度 $\theta_{sh,o}$ を決定
- 上記 Heel contact 及び off 時における角度 $\theta_{th,c}$ 、 $\theta_{sh,c}$ 、 $\theta_{th,o}$ 、 $\theta_{sh,o}$ と対象者の下肢長 L_{th} 、 L_{sh} を使用し、図中の式を用いて麻痺側下肢の立脚中の移動距離 D_{co} を算出し、その間の移動時間 T_{co} で割ることにより歩行速度 V_{co} を算出

以上より得られた本システムの結果を用いて、今回以下の指標(A)~(F)について算出を行った。なお、これらと併せて LSA を用いた対象者の活動範囲の評価(G)を実施した。LSA の評価は評価実施前の1ヶ月間における個人の通常の状態につい

て、本人あるいは家族への聴取に基づき作業療法士が得点を算出した。

- (A) 立位・歩行の割合：計測時間に占める立位と歩行の時間割合から、活動的な姿勢状態の占める割合の評価
- (B) 臥位、座位、歩行、起立・着座、立位それぞれの姿勢変化の回数：体を動かし、姿勢状態を変化させている頻度による活動性評価
- (C) 歩数：日常生活での歩行量を評価
- (D) 歩行回数：数多く歩行の機会を持っているか評価
- (E) 歩行中の麻痺側下肢立脚時の移動距離：歩行における麻痺側立脚期の実質的な移動距離の向上がみられるか評価
- (F) 平均歩行速度：歩行動作能力について、推進力の維持・向上を評価
- (G) LSA：定性的評価による対象者の活動範囲を評価

次に、在宅移行期における対象者の身体活動計測・評価方法について以下に示す。

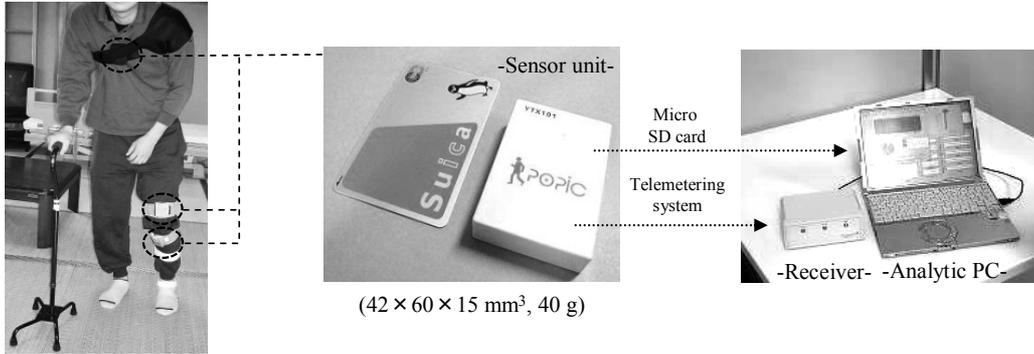
本システムでの計測及び LSA の評価については、先行論文²⁴⁾と同様に、入院中に院内で1回、退院後に自宅で4回（退院直後、退院1ヶ月後、退院2ヶ月後、退院3ヶ月後）の計5回実施した。なお、入院中の計測は退院前1週間以内、退院直後は退院日から2週間以内に計測を実施した。また、退院後の計測は、対象者の日常の身体活動状態を測定するために、介護保険サービス等の非利用日に実施した。

上記計測の実施時間帯については、朝食摂取後で血糖値も上昇し、1日の活動を開始する準備が整った時間²⁴⁾として、午前9時~11時の2時間とした。この時間帯において活動的か否かは、その後の行動や睡眠にも大きな影響を与える²⁵⁾と考えられるため、本時間帯における定量的身体活動評価は、対象者の活動性の把握やリハビリテーションを実施する上で非常に有用な指標になると考えられる。また、入院中はスケジュールが管理され、一定の生活リズムが形成されているが、退院後はスケジュールを自己形成することになるため、退院直後の活動性には大きな影響が生じることが想定される。その意味でも、入院中から退院後まで同一時間帯の活動状態を評価することは、対象者のリハビリテーションや生活支援を行

う上で有用な情報になると考えられる。一方、このような工夫をすることにより、対象者の計測に対する負担感を最小限に留め、継続的な計測を

現することが可能である。以上の観点から、今回上記の計測時間にて定点的な計測・評価を行った。

(a) Monitoring system



(b) Method gait analysis

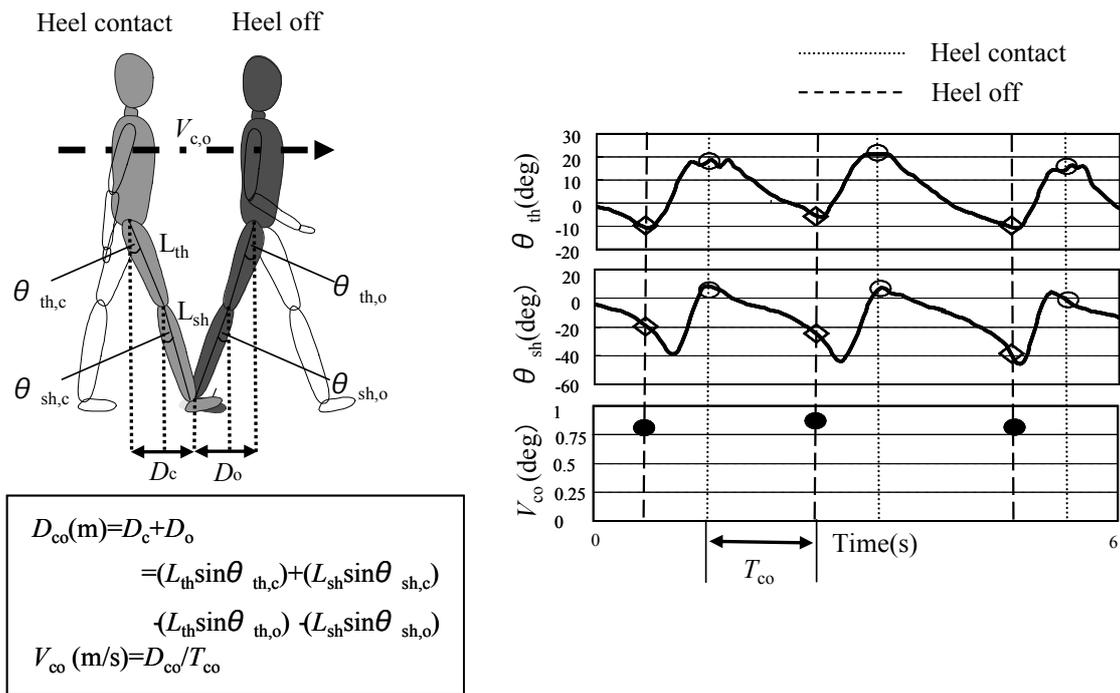


Fig. 1 Wearable monitoring system for posture changes and activities, showing (a) overview of monitoring system, (b) outline of analytic method for patient's gait to obtain angles in heel contact and heel off and walking speed using a two-link gait model.

さらに今回は、臨床での実用的な導入を想定して、本システム及び LSA から得られた結果より、身体活動性変動パターンの判別を行った。Fig. 2 に示す身体活動性変動の解析アルゴリズムに則り、前述の本システムによる 6 つの指標 (A~F) から、身体活動を 5 つのパターンに判別した。具体的には、①立位・歩行の割合もしくは姿勢変化の回数が 10%以上上昇しているか、②立位・歩行の割合、姿勢変化の回数、歩数、歩行回数、歩行中の麻痺側下肢立脚時の移動距離の 5 つの指標全ての増減が 10%以内か、③歩数、歩行回数、麻痺側下肢立脚時の移動距離 (ただし各々の値が 1 以上であること) のいずれかが 10%以上上昇、ある

いは低下が 10%以内であるか、④立位・歩行の割合が低下しているか、⑤歩数、歩行回数、麻痺側下肢立脚時の移動距離が全て 10%以上低下、もしくは平均歩行速度が 30%以上低下しているか、これら判断基準に基づいて判定を行い、◎：身体活動向上、○：身体活動維持、×：身体活動低下、△：身体活動低下はあるものの、歩行量維持・増加は認められる、※：姿勢変化の回数増加はあるものの、歩行量・歩行速度は低下し注意が必要である、という 5 つの判定を行った。また、同計測日において LSA 得点が低下した場合は、前述の記号に「↓」を付加することとした。

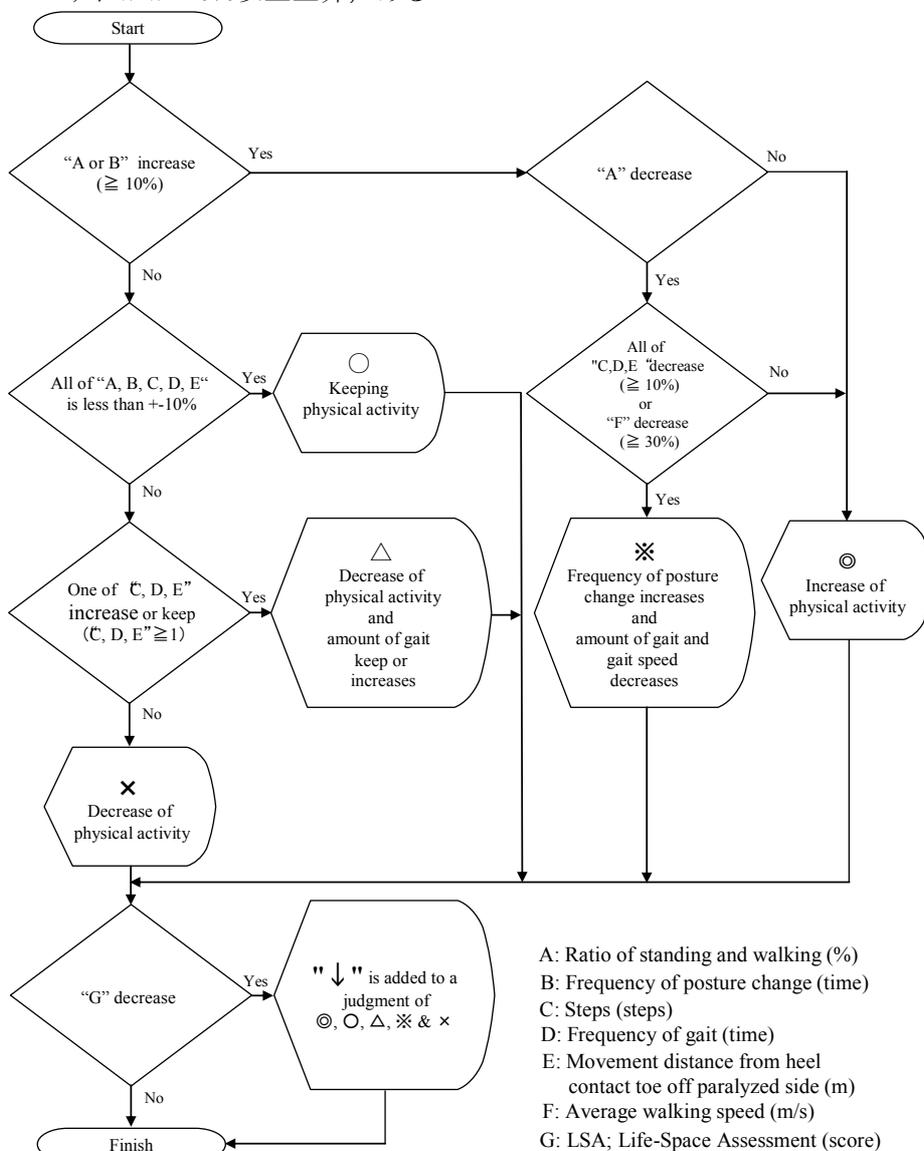


Fig. 2 Judgment algorithm of physical activity based on the wearable monitoring system

Table. 1 Subject details

Subject	Age	Gender	Diagnosis	Paralyzed side	Higher brain dysfunction	Gait level	The period from the onset of a disease to leaving hospital
Case1	68	Male	Cerebral infarction	Right	aphasia, apraxia	care	156
Case2	76	Male	Cerebral embolism	Left	none	Independence	91
Case3	65	Male	Cerebral infarction	Left	none	Independence	95
Case4	79	Female	Cerebral infarction	Left	none	Independence	94
Case5	69	Male	Cerebral infarction	Right	none	Independence	148
Case6	45	Male	Cerebral bleeding	Left	agnosia	monitoring	228
Case7	72	Male	Cerebral bleeding	Left	agnosia	Independence	114
Case8	79	Female	Cerebral infarction	Left	agnosia	Independence	155
Case9	65	Male	Subarachnoid hemorrhage	Both	none	Independence	36
Case10	61	Male	Hypertensive intracerebral hemorrhage	Left	none	Independence	136
Case11	70	Female	Subarachnoid hemorrhage	Left	agnosia	Independence	152
Case12	75	Female	Cerebral infarction	Right	none	Independence	158

さらに、本システムと LSA の関連性を明らかにするため、本システムにより算出された身体活動の各指標と LSA 得点の計測時期毎の相関を Spearman の順位相関係数を用いて分析した。統計的有意水準は 5% 未満とし、統計処理には XLSTAT バージョン 2013.5.08 を使用した。

対象は、Table.1 に示す脳血管障害者 12 名（男性 8 名、女性 4 名、平均年齢 68.7±9.4 歳）とし、前述の期間における身体活動評価を実施した。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、インフォームドコンセントを得た後に実施した。なお対象者へは、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。

結果

1. ウェアラブル姿勢変化・歩行解析システムによる身体活動計測結果例

Fig.3 は本システムによる身体活動計測結果例であり、(A) 立位・歩行の割合、(B) 姿勢変化の回数、(C) 歩数、(D) 歩行回数、(E) 歩行中の麻痺側下肢立脚時の移動距離、(F) 平均歩行速度、(G) LSA について、入院中、退院直後、退院 1~3 ヶ月後における結果を示した。今回、退院 1~2 ヶ月後に LSA の低下が認められつつも、その

後に LSA や本システムによる活動判定結果が維持・向上する例 (case 2)、退院直後に LSA が若干向上し、その後大きく変化しないものの、退院直後から退院後 3 ヶ月においては、本システムによる判定結果が維持・向上する例 (case 6)、同様に LSA は大きく変化せず、かつ本システムによる判定結果の向上も見られない例 (case 8) を示した。また、各指標の計測日毎の比較については、退院直後は入院中と、また退院後 1~3 ヶ月においては退院直後との比較を行い、Fig. 2 における判定アルゴリズムによる身体活動性変動パターンの判定を行った。

まず case 2 に関しては、退院直後に LSA 得点は向上したものの、本システムによる身体活動の定量的評価結果においては、姿勢変化の回数が維持されていたことを除き、その他の指標は全て低下を認めた。よって、身体活動性変動パターンの判定結果においては、身体活動低下 (×) と判定された。次に、退院 1~2 ヶ月後については、LSA 得点が退院直後と比較し低下したものの、本システムによる結果は全ての指標で向上を認め、判定結果は身体活動向上及び活動範囲低下 (◎↓) と判定された。その後退院 3 ヶ月後は、LSA と本システムの全ての指標が向上する結果となり、判定結果は身体活動向上 (◎) と判定された。

次に、case 6 については、退院直後の LSA 得点は入院中と比較して若干向上した。また、退院 1 ヶ月以降は得点が大きく低下することなく、維持あるいは若干の向上が確認された。一方、本シス

テムによる身体活動の定量的評価結果は、退院直後は全ての指標において低下を認め、身体活動性変動パターンの判定結果においても身体活動低下 (×) と判定された。しかし、退院 1~3 ヶ月

後の本システムによる評価結果では、退院 1 ヶ月後の姿勢変化の回数を除く全ての指標の値が向上し、判定結果は身体活動向上 (◎) と判定された。

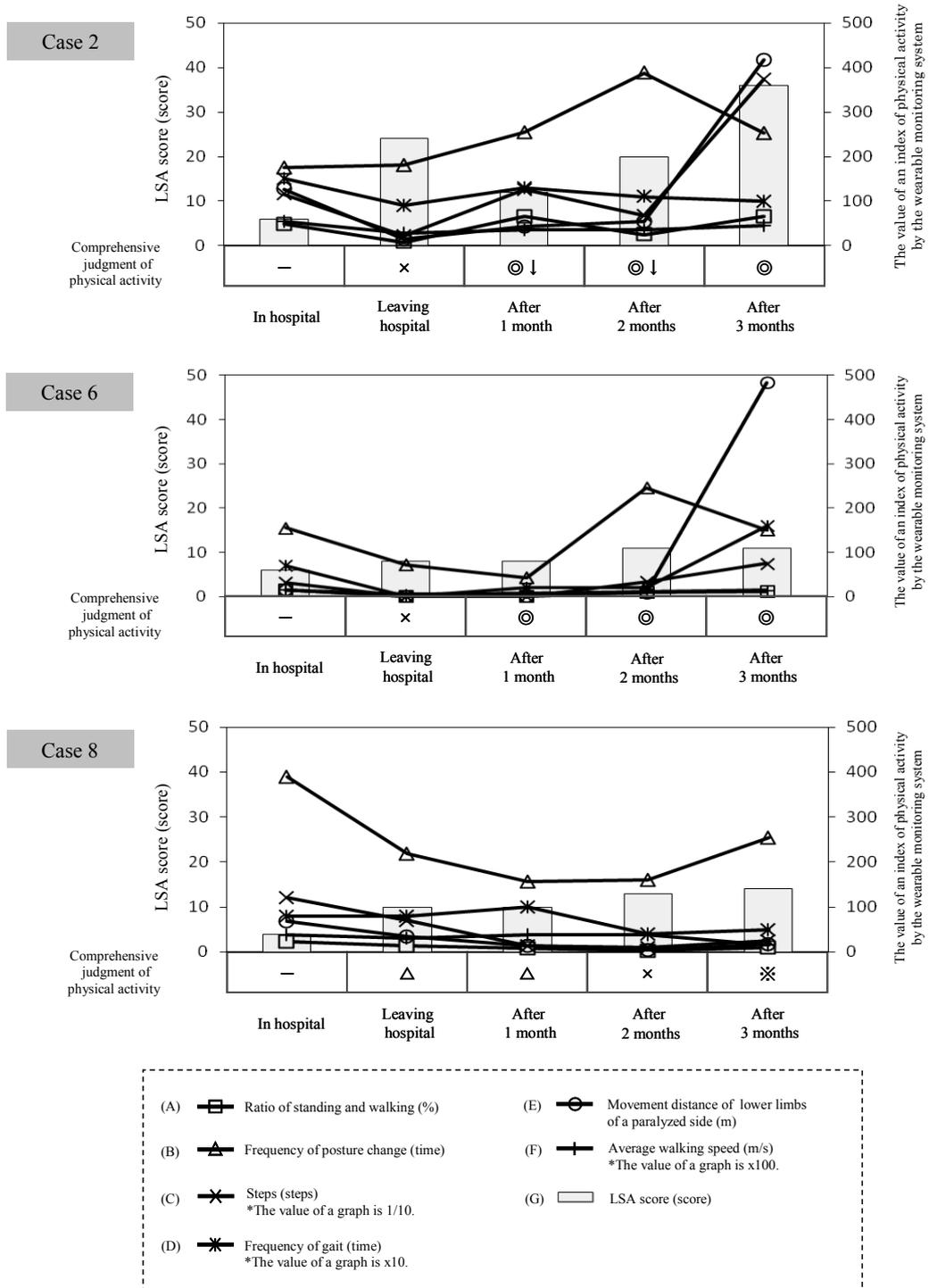


Fig. 3 Transition of physical activity of case 2, case 6, and case 8

一方、case 8 に関しては、case 6 と同様に退院直後に LSA 得点が向上し、退院 1 ヶ月以降も得点が低下することなく、退院 3 ヶ月後まで LSA 得点は維持・向上していた。しかし、本システムによる身体活動の定量的評価結果は、LSA 得点とは逆に、退院直後は歩行回数と歩行速度が維持されていたことを除き、その他の全ての指標の値は低下を認めた。そのため、身体活動性変動パターンの判定結果においては、身体活動低下はあるものの、歩行量維持・増加は認められる (Δ) と判定された。さらに、退院 1 ヶ月以降の結果においても、退院 1 ヶ月後の歩行回数と退院 3 ヶ月後の姿勢変化の回数の向上を除き、本システムにより算出した各指標の値が向上することなく、退院 1 ヶ月後の判定結果は退院直後と同様に、身体活動低下はあるものの、歩行量維持・増加は認められる (Δ) と判定された。また、退院 2 ヶ月後の判定結果は身体活動低下 (\times)、退院 3 ヶ月後は姿勢変化の回数増加はあるものの、歩行量・歩行速度は低下し注意が必要である (\ast) と判定され、退院 1~3 ヶ月が経過しても退院直後の低い身体活動が持続する結果となった。

2. ウェアラブル姿勢変化・歩行解析システムによる身体活動の定量的評価結果及び Life-Space Assessment による定性的評価結果とその比較

Table.2 は 12 名の対象者の計測時期毎の身体活動の評価結果であり、前述の評価方法に基づき、本システムによる身体活動評価結果 (A~F) 及び LSA の得点 (G) を示したものである。また各表の下段には、Fig. 2 のアルゴリズムに従って求めた身体活動性変動パターンの判定結果を示している。

まず、活動的な姿勢状態である立位・歩行の割合 (表中, A) の対象者 12 名における、平均値及び標準偏差については、入院中: $31.3 \pm 19.9\%$ 、退院直後: $19.1 \pm 20.9\%$ 、退院 1 ヶ月後: $28.1 \pm 24.3\%$ 、退院 2 ヶ月後: 平均 $23.5 \pm 23.1\%$ 、退院 3 ヶ月後: 平均 $22.6 \pm 20.4\%$ であった。さらに、臥位、座位、歩行、起立・着座、立位それぞれの姿勢変化の回数 (表中, B) は、入院中: 240.2 ± 141.8 回、退院直後: 177.4 ± 121.4 回、退院 1 ヶ月後: 174.6 ± 96.7 回、退院 2 ヶ月後: 235.8 ± 135.2 回、退院 3 ヶ月後: 186.5 ± 149.4 回となった。

次に、対象者 12 名における歩行状態の結果については、歩数 (表中, C) は入院中: 995.7 ± 588.0 歩、退院直後: 898.8 ± 1429.5 歩、退院 1 ヶ月後: 937.8 ± 1020.9 歩、退院 2 ヶ月後: 744.5 ± 826.3 歩、退院 3 ヶ月後: 1145.5 ± 1230.1 歩となった。歩行回数 (表中, D) は、入院中: 11.3 ± 8.1 回、退院直後: 8.2 ± 8.7 回、退院 1 ヶ月後: 8.8 ± 5.7 回、退院 2 ヶ月後: 9.7 ± 11.0 回、退院 3 ヶ月後: 13.3 ± 16.5 回となった。歩行中の麻痺側下肢立脚時の移動距離 (表中, E) については、入院中: $119.2 \pm 92.3\text{m}$ 、退院直後: $82.8 \pm 149.4\text{m}$ 、退院 1 ヶ月後: $101.9 \pm 127.6\text{m}$ 、退院 2 ヶ月後: $50.1 \pm 56.2\text{m}$ 、退院 3 ヶ月後: $158.4 \pm 194.0\text{m}$ となった。歩行速度 (表中, F) は入院中: $0.36 \pm 0.15\text{m/s}$ 、退院直後: $0.27 \pm 0.17\text{m/s}$ 、退院 1 ヶ月後: $0.30 \pm 0.18\text{m/s}$ 、退院 2 ヶ月後: $0.24 \pm 0.13\text{m/s}$ 、退院 3 ヶ月後: $0.29 \pm 0.16\text{m/s}$ となった。

また、活動範囲の指標である LSA の対象者 12 名における得点 (表中, G) は、入院中: 6.7 ± 4.0 点、退院直後: 16.1 ± 9.5 点、退院 1 ヶ月後: 17.9 ± 9.5 点、退院 2 ヶ月後: 20.4 ± 9.1 点、退院 3 ヶ月後: 21.7 ± 10.5 点となった。

一方、上記の評価結果から判定された身体活動性変動パターンの判定結果については、退院直後の判定結果は、入院中に比べ、身体活動向上 (\odot) が 3 名、身体活動低下 (\times) が 6 名、身体活動低下はあるものの、歩行量維持・増加は認められる (Δ) が 1 名、姿勢変化の回数増加はあるものの、歩行量・歩行速度は低下し注意が必要である (\ast) が 2 名であった。また、LSA の得点については、全ての対象者において維持あるいは向上しており、維持が 2 名、向上が 10 名であった。

次に、退院直後と比較した退院 1 ヶ月後の結果は、身体活動向上 (\odot) が 8 名、身体活動維持 (\circ) が 1 名、身体活動低下はあるものの歩行量維持・増加は認められる (Δ) が 3 名であった。なお、身体活動向上の 8 名のうち 2 名は、LSA 得点の低下も認められ、それ以外については維持が 4 名、向上が 6 名であった。

また、同様に退院 2 ヶ月後の比較結果は、身体活動向上 (\odot) が 8 名、身体活動低下 (\times) が 2 名、身体活動低下はあるものの、歩行量維持・増加は認められる (Δ) が 1 名、姿勢変化の回数増加はあるものの、歩行量・歩行速度は低下し注意が必要である (\ast) が 1 名であった。なお、身体

活動向上の8名のうち1名はLSA得点の低下が認められ、それ以外については維持が2名、向上が9名であった。

最後に、退院3ヶ月後の比較結果においては、身体活動向上(◎)が6名、身体活動低下(×)が2名、身体活動低下はあるものの、歩行量維持・

増加は認められる(△)が3名、姿勢変化の回数増加はあるものの、歩行量・歩行速度は低下し注意が必要である(※)が1名であった。なお、この際のLSA得点は、全ての対象者において維持あるいは向上しており、維持が2名、向上が10名であった。

Table. 2 Results of evaluation for physical activities obtained from the wearable system and the score of Life-Space Assessment, LSA. The definition of A~G and the notation of activities judgment are shown in Fig. 2. The each value in “Leaving hospital” are compared with “In hospital”. The each value in “After 1 month”, “After 2 months”, and “After 3 months” are also compared with “leaving hospital”. Their increases, decreases, and maintenances are shown as denotation of (↑), (↓), and (→) respectively. Especially in F, the falls of the walking speed of 30% or more are shown as (↓).

Case 1						Case 7					
	In hospital	Leaving hospital	After 1 month	After 2 months	After 3 months		In hospital	Leaving hospital	After 1 month	After 2 months	After 3 months
A (%)	22.9	1.9 < ↓ >	59.2 (↑)	10.4 (↑)	0 (↓)	A (%)	8.1	27.4 < ↑ >	34.2 (↑)	31.5 (↑)	15 (↓)
B (time)	145	52 < ↓ >	51 (→)	90 (↑)	0 (↓)	B (time)	108	131 < ↑ >	267 (↑)	172 (↑)	139 (→)
C (steps)	184	32 < ↓ >	84 (↑)	112 (↑)	0 (↓)	C (steps)	404	1004 < ↑ >	1010 (→)	1324 (↑)	286 (↓)
D (time)	2	0 < ↓ >	1 (↑)	0 (→)	0 (→)	D (time)	7	17 < ↓ >	9 (↑)	7 (↓)	12 (↓)
E (m)	2.12	1.3 < ↓ >	0.96 (↓)	1.2 (→)	0 (↓)	E (m)	91.1	129 < ↑ >	100.41 (↓)	96.06 (↓)	22.87 (↓)
F (m/s)	0.04±0.02	0.11±0.05	0.1±0.05	0.11±0.13	—	F (m/s)	0.27±0.09	0.23±0.11	0.23±0.16	0.26±0.18	0.31±0.18
G (score)	4	4 < → >	7 (↑)	7 (↑)	7 (↑)	G (score)	6	17 < ↑ >	22 (↑)	21 (↑)	22 (↑)
Judgment	—	×	◎	◎	×	Judgment	—	◎	◎	◎	×
Case 2						Case 8					
	In hospital	Leaving hospital	After 1 month	After 2 months	After 3 months		In hospital	Leaving hospital	After 1 month	After 2 months	After 3 months
A (%)	48.1	8 < ↓ >	65.8 (↑)	24.9 (↑)	65.9 (↑)	A (%)	24	14.1 < ↓ >	9 (↓)	1.8 (↓)	10 (↓)
B (time)	176	181 < → >	255 (↑)	388 (↑)	253 (↑)	B (time)	389	218 < ↓ >	157 (↓)	161 (↓)	255 (↑)
C (steps)	1158	228 < ↓ >	1262 (↑)	682 (↑)	3740 (↑)	C (steps)	1204	696 < ↓ >	138 (↓)	100 (↓)	250 (↓)
D (time)	15	9 < ↓ >	13 (↑)	11 (↑)	10 (↑)	D (time)	8	8 < → >	10 (↑)	4 (↓)	5 (↓)
E (m)	126.96	15.05 < ↓ >	42.46 (↑)	54.18 (↑)	417.09 (↑)	E (m)	68.05	34.69 < ↓ >	13.8 (↓)	4.08 (↓)	17.44 (↓)
F (m/s)	0.55±0.22	0.28±0.15 < ↓ >	0.35±0.17	0.35±0.21	0.45±0.17	F (m/s)	0.38±0.16	0.31±0.21	0.39±0.37	0.38±0.34	0.16±0.16 (↓)
G (score)	6	24 < ↑ >	12 (↓)	20 (↑)	36 (↑)	G (score)	4	10 < ↓ >	10 (→)	13 (↑)	14 (↑)
Judgment	—	×	◎ ↓	◎ ↓	◎	Judgment	—	△	△	×	※
Case 3						Case 9					
	In hospital	Leaving hospital	After 1 month	After 2 months	After 3 months		In hospital	Leaving hospital	After 1 month	After 2 months	After 3 months
A (%)	6.7	68.1 < ↑ >	25.4 (↓)	24.3 (↓)	17.4 (↓)	A (%)	48.2	20.8 < ↓ >	18.1 (↓)	5.7 (↓)	25.7 (↑)
B (time)	123	203 < ↑ >	214 (→)	72 (↓)	50 (↓)	B (time)	254	147 < ↓ >	265 (↑)	518 (↑)	157 (→)
C (steps)	318	5146 < ↑ >	1938 (↓)	1674 (↓)	1600 (↓)	C (steps)	1612	978 < ↓ >	978 (→)	344 (↓)	1346 (↑)
D (time)	3	9 < ↓ >	9 (→)	13 (↑)	4 (↓)	D (time)	18	10 < ↓ >	13 (↑)	4 (↓)	15 (↑)
E (m)	47.04	529.34 < ↑ >	275.41 (↓)	151.29 (↓)	257.5 (↑)	E (m)	239.06	71.97 < ↓ >	109.65 (↑)	15.39 (↓)	146.64 (↑)
F (m/s)	0.5±0.25	0.66±0.19	0.54±0.2	0.34±0.12 (↓)	0.4±0.14 (↓)	F (m/s)	0.5±0.25	0.41±0.25	0.42±0.3	0.34±0.25	0.36±0.19
G (score)	6	32 < ↑ >	34 (→)	34 (→)	34 (→)	G (score)	8	28 < ↑ >	30 (→)	28 (→)	30 (→)
Judgment	—	◎	△	△	△	Judgment	—	×	◎	※	◎
Case 4						Case 10					
	In hospital	Leaving hospital	After 1 month	After 2 months	After 3 months		In hospital	Leaving hospital	After 1 month	After 2 months	After 3 months
A (%)	69.5	24.3 < ↓ >	48.1 (↑)	73.8 (↑)	56.9 (↑)	A (%)	47	48.7 < → >	57 (↑)	13.3 (↓)	32 (↓)
B (time)	142	221 < ↑ >	316 (↑)	322 (↑)	529 (↑)	B (time)	204	237 < ↑ >	183 (↓)	169 (↓)	144 (↓)
C (steps)	1492	1034 < ↓ >	2258 (↑)	2796 (↑)	2626 (↑)	C (steps)	1084	1448 < ↑ >	3048 (↑)	630 (↓)	2468 (↑)
D (time)	15	13 < ↓ >	14 (→)	15 (↑)	62 (↑)	D (time)	31	29 < → >	19 (↓)	12 (↓)	18 (↓)
E (m)	191.97	49.32 < ↓ >	183.12 (↑)	159.45 (↑)	31.85 (↓)	E (m)	157.3	147.93 < → >	407.6 (↑)	29.04 (↓)	464.5 (↑)
F (m/s)	0.43±0.23	0.28±0.18 < ↓ >	0.54±0.28	0.41±0.26	0.34±0.24	F (m/s)	0.39±0.19	0.31±0.2	0.46±0.2	0.2±0.2 (↓)	0.59±0.25
G (score)	6	12 < ↑ >	29 (↑)	29 (↑)	29 (↑)	G (score)	16	28 < ↑ >	25 (↓)	34 (↑)	34 (↑)
Judgment	—	※	◎	◎	◎	Judgment	—	◎	◎ ↓	×	△
Case 5						Case 11					
	In hospital	Leaving hospital	After 1 month	After 2 months	After 3 months		In hospital	Leaving hospital	After 1 month	After 2 months	After 3 months
A (%)	16.9	0 < ↓ >	0 (→)	8 (↑)	0 (→)	A (%)	22.9	8.4 < ↓ >	19.4 (↑)	64.6 (↑)	15 (↑)
B (time)	602	17 < ↓ >	17 (→)	99 (↑)	3 (↓)	B (time)	291	159 < ↓ >	166 (→)	261 (↑)	213 (↑)
C (steps)	820	0 < ↓ >	0 (→)	66 (↑)	0 (→)	C (steps)	1372	122 < ↓ >	528 (↑)	818 (↑)	578 (↑)
D (time)	6	0 < ↓ >	0 (→)	2 (↑)	0 (→)	D (time)	8	1 < ↓ >	6 (↑)	5 (↑)	11 (↑)
E (m)	49.03	0 < ↓ >	0 (→)	1.69 (↑)	0 (→)	E (m)	137.37	9.45 < ↓ >	56.13 (↑)	37.57 (↑)	50.26 (↑)
F (m/s)	0.38±0.31	—	0.22±0.13	—	0.23±0.14	F (m/s)	0.37±0.17	0.35±0.26	0.29±0.17	0.31±0.22	0.35±0.21
G (score)	6	8 < ↑ >	12 (↑)	12 (↑)	12 (↑)	G (score)	12	12 < → >	14 (↑)	16 (↑)	19 (↑)
Judgment	—	×	◎	◎	×	Judgment	—	×	◎	◎	◎
Case 6						Case 12					
	In hospital	Leaving hospital	After 1 month	After 2 months	After 3 months		In hospital	Leaving hospital	After 1 month	After 2 months	After 3 months
A (%)	14.6	0.5 < ↓ >	1.3 (↑)	10 (↑)	12 (↑)	A (%)	47.2	7.1 < ↓ >	0 (↓)	13.8 (↑)	20.8 (↑)
B (time)	155	72 < ↓ >	43 (↓)	245 (↑)	150 (↑)	B (time)	293	491 < ↑ >	161 (↓)	332 (↑)	345 (↑)
C (steps)	310	4 < ↓ >	10 (↑)	330 (↑)	744 (↑)	C (steps)	1990	94 < ↓ >	0 (↓)	58 (↓)	108 (↑)
D (time)	7	0 < ↓ >	2 (↑)	2 (↑)	16 (↑)	D (time)	16	2 < ↓ >	10 (↑)	41 (↑)	6 (↑)
E (m)	15.74	0 < ↓ >	0.4 (↑)	8.68 (↑)	482.9 (↑)	E (m)	304.45	5.84 < ↓ >	33.29 (↑)	43.13 (↑)	9.6 (↑)
F (m/s)	0.15±0.08	0.04±0.02 < ↓ >	0.08±0.06	0.11±0.11	0.14±0.16	F (m/s)	0.37±0.19	0.25±0.16 < ↓ >	—	0.11±0.17 (↓)	0.2±0.09
G (score)	6	8 < ↑ >	8 (→)	11 (↑)	11 (↑)	G (score)	0	10 < ↑ >	12 (↑)	20 (↑)	12 (↑)
Judgment	—	×	◎	◎	◎	Judgment	—	※	△	◎	◎

Table. 3 Results of significant differences between the analysis values obtained from the wearable system and the LSA scores in 12 subjects. The correlation coefficient are also shown in each value.

The index of physical activity computed by the wearable posture changes and gait analysis system	Measurement time				
	In hospital	After leaving hospital	After 1 month	After 2 months	After 3 months
A: Ratio of standing and walking (%)	0.09	0.79**	0.20	0.26	0.74**
B: Frequency of posture change (time)	- 0.07	0.17	0.70*	0.23	0.22
C: Steps (steps)	- 0.02	0.70*	0.77**	0.59*	0.86**
D: Frequency of gait (time)	0.52	0.64*	0.60*	0.36	0.37
E: Movement distance of lower limbs of a paralyzed side (m)	- 0.01	0.69*	0.77**	0.65*	0.48
F: Average walking speed (m/s)	0.18	0.77**	0.77**	0.50	0.90**

** p<0.01 * p<0.05 (n=12)

Table. 3 は各計測時期における LSA (G) に対して、本システムから得られた(A)～(F)の身体活動の各指標との相関分析の結果と、各指標における相関係数を示す。

まず、入院中においては、どの指標においても有意な相関関係は認められず、本システムから得られる指標と LSA の間に関連性は認められなかった。

次に退院直後は、姿勢変化の回数を除いて、立位・歩行の割合、歩数、歩行回数、歩行中の麻痺側下肢立脚時の移動距離、平均歩行速度の5つの指標については有意な相関関係が確認され、本システムによる指標と LSA の関連が確認された。また、相関係数についても 0.7 前後と高い相関であった。また、退院1ヶ月後については、立位・歩行の割合を除いて、姿勢変化の回数、歩数、歩行回数、歩行中の麻痺側下肢立脚時の移動距離、平均歩行速度の5つの指標において有意な相関関係が確認され、本システムによる指標と LSA の関連が認められる結果となり、特に歩行回数以外においては、0.7 以上の相関係数が確認された。

一方、退院2ヶ月後において有意差が認められたのは歩数と歩行中の麻痺側下肢立脚時の移動距離の2つの指標のみであり、0.4 以上の相関係数となった。さらに退院3ヶ月後は、立位・歩行の割合、歩数、平均歩行速度の3つの指標において有意な相関が認められ、相関係数も 0.7 以上と高い相関関係が認められた。

考察

1. ウェアラブル姿勢変化・歩行解析システムによる身体活動計測結果の有用性

今回、在宅移行期の脳血管障害者を対象に、これまで開発を行ってきたウェアラブル姿勢変化・歩行解析システムによる、新たな定量的身体活動評価を実施した。その結果、本システムを用いた評価により、入院中の病院、あるいは退院後の自宅において計測場所を限定せずに、立位・歩行の割合、姿勢変化の回数、歩数、歩行回数、歩行中の麻痺側下肢立脚時の移動距離、平均歩行速度を計測し、対象者の身体活動を定量的に評価することが可能であることが確認された。これにより、退院後の身体活動の低下など、万一退院後に問題が生じた場合においても、対象者の変化を早期に捉えて素早く適切な対応ができるため、臨床的意義は大きいと考えられる。

まず Fig. 3 に示した3名の対象者の計測結果例において、case 2 は入院中と比較して退院直後は LSA 得点が向上するものの、本システムにおける指標の多くが低下する結果となった。このことから、LSA 得点の向上は、病院という限定的な環境から在宅という場への環境変化によるものであり、活動の実態としては入院中と比較し、低下しているということが把握できる。このような情報を知ることができれば、現在問題となっている対象者の退院直後の活動性の大幅な低下²⁶⁾を早期

に発見し、それを軽減するための支援を実施することができるため、非常に有用であると考えられる。また同対象者は、退院1ヶ月後において一旦LSA得点は低下するものの、本システムによる指標は向上したことが確認された。これは、LSAが表す活動範囲の縮小の要因は、歩行状態の低下によるものではないことが確認されたと言える。なお、その後は本システムによる身体活動の評価結果は向上し続けており、それに伴いLSA得点の向上も認められることから、身体活動の向上が活動範囲の拡大にも反映されていることが確認できた。

次にCase 6については、退院直後にLSA評価で若干の活動範囲の拡大が確認されたが、一方で本システムによる評価では、身体活動及び歩行状態は低下していることが確認され、前述のCase 2同様に実態的な活動の低下が生じていると考えられる。この原因の1つとして、退院に伴って生活環境が病院から自宅へと変化したことにより、退院直後は入院中に獲得した身体機能や日常生活動作能力を、自宅で十分に発揮できない状況にあったことが考えられる。また、その後はLSA得点に大きな変化はないものの、本システムから得られる身体活動指標には向上が見られている。従って、その向上を活動範囲の拡大につなげるための介入の必要性が確認された。

一方Case 8については、Case 6と同様に退院直後から退院3ヶ月後においてLSA得点の維持が確認された。しかしながら、本システムにおける多くの身体活動指標については退院直後と比較し低下しており、特に退院2ヶ月後には身体活動低下、また3ヶ月後においては歩行に注意が必要であることが確認された。こういった情報は、今後のさらなる身体活動の低下や、それによる活動範囲の低下に繋がる可能性を示唆するものである。特に脳血管障害者は非活動的な日常生活を送っている場合が多く²⁷⁾、身体活動量低下により寝たきりまたは再発という事態になりかねない²⁸⁾ことから、上記のような評価はこれらを防ぐ上でも非常に有用であると考えられる。

一方、今回計測時間は限定的であったものの、この時間内で姿勢変化が少ない、あるいは歩行が見られない等の活動性低下に関する情報が得られた場合、それは臨床的介入の必要性や生活リズムの変化を示唆する有用な情報であると考えら

れる。

2. ウェアラブル姿勢変化・歩行解析システムによる身体活動の定量的評価結果及びLife-Space Assessmentによる定性的評価の関連性と意義

Table 2に示すように、今回脳血管障害者12名を対象とし、本システムによる身体活動評価並びにLSAによる活動範囲の評価を実施・追跡した。またこれらに基づいて、Fig. 2に示した解析アルゴリズムに則り、5つの身体活動性変動パターンの判定を行った。

本システムを用いた評価は、詳細な評価が可能である反面、データが煩雑になり情報の整理が困難となる可能性も考えられる。しかし、今回は解析アルゴリズムによる身体活動性変動パターンの判別を行ったことで、計測時の身体活動を一目で確認することができた。例えば、Fig. 3に示したCase 8のように歩行状態への注意の必要性が出てきたこと、あるいはTable 2に示したCase 1やCase 7のように退院3ヶ月後において、それまでには見られなかった身体活動の低下が現れたことなどを明確化することができた。身体活動の向上を図るためには、対象者自身の能動性が重要であり¹⁾、山崎らは身体活動量をグラフ化して賞賛することで強化刺激を与える応用行動分析学を用いた介入²⁹⁾を推奨している。また中村は、対象者自らが作業を行えるための取り組みとして、セルフマネジメントの重要性を述べている³⁰⁾。このように、身体活動量向上のためには、対象者本人が自身の身体活動状況を把握することが必要であり、今回のように多くの情報を統合したうえで、対象者の身体活動状況を一目で把握できるようにしておくことは、対象者本人が自身の身体活動を容易に把握できることにつながるため、非常に重要であり、臨床においては対象者へのフィードバックの際などに実用的に導入できるのではないかと考える。

次に、LSAと本システムとの関連性について検証を行った。まず、入院中において、両者は有意な相関関係がなく、関連性は認められなかった。このことは、入院中の身体活動は活動範囲に影響を及ぼしていないことを示しており、活動的な姿勢の割合や歩行の状態が、入院中の日常生活における活動範囲に反映されない、あるいは、病院の

生活環境が対象者の獲得した身体活動を活動範囲に反映しにくい環境であることが考えられる。そのため、入院中においては対象者が有する身体活動能力を日常生活における活動範囲拡大につなげるための介入や、リハビリテーション実施場面以外の病棟生活においても在宅生活を想定した環境設定を行うなど、在宅移行を十分に意識した上で介入を行う必要があると考えられる。

また、退院後（退院直後～退院3ヶ月後）の結果についてであるが、まず退院直後と退院1ヶ月後は、本手法とLSAとの関連性が確認され、本システムにおける6つの評価指標のうち、5つの評価指標において有意な相関関係が認められた。なかでも、歩数、歩行回数、歩行中の麻痺側下肢立脚時の移動距離、平均歩行速度は、退院直後と退院1ヶ月後に共通して有意な相関関係が確認されたことから、退院直後と退院1ヶ月後の自宅での活動範囲に歩行状態が大きく影響を及ぼしていることが明らかとなった。このことは、退院直後から退院1ヶ月後の時期に歩行状態が向上すれば活動範囲も拡大するものの、歩行状態が悪化した場合には、それに伴って活動範囲が縮小することを示している。従って、この時期の歩行状態の評価を的確に行い、歩行状態が悪化している場合には必要な支援を実施することが重要であり、本システムによる対象者の歩行状態の定量的評価は有用であると考えられる。

一方、退院2ヶ月後においては、本システムから得られる歩数及び歩行中の麻痺側下肢立脚時の移動距離と、LSAとの間に有意な相関関係が認められた。これは、対象者が退院直後に対して、活動範囲を変化させる（例えば外出したい等）際に、歩行速度を変化させながらではなく、入院中に獲得していた歩容を慎重に活用し、歩行の量を調整させているためと考えられる。従って、活動範囲は拡大するものの、立位や歩行といった活動的な姿勢の割合の変化には影響しないものと考えられる。さらに退院3ヶ月後においては、本システムから得られる立位・歩行の割合、歩数、平均歩行速度の3つの指標において、LSA得点との有意な相関関係が認められた。まず、平均歩行速度が関連していることについては、この時期になると歩行パフォーマンスの状態が、活動範囲の変化に大きな影響を与えられられる。即ち、それを維持・向上できない場合は、ある程度限られ

た活動範囲に留まってしまい、活動範囲のさらなる拡大には繋がりにくいと考えられる。

なお、退院後（退院直後～退院3ヶ月後）の結果においては、歩数の指標のみが退院後の全ての計測時期で有意な相関が確認され、歩数以外の評価指標においては計測時期によって結果に相違があった。このことから、歩数については退院からの時期を問わず自宅における活動範囲に大きな影響を及ぼしていることが明らかとなり、本指標を確認することで、各対象者の活動範囲を推察できる可能性が示唆された。

以上のように、本システムにおける評価指標とLSAによる活動範囲の評価との関連性を確認することにより、対象者の身体活動におけるどの指標が活動範囲の変化に繋がっているのかを把握することができ、どのような支援を行うべきかを検討する上で有用であると考えられた。本システムによる定量的評価と定性的評価のLSAを併せた今回の評価手法は、これまでに比べ、よりの確に対象者の日常の活動状態を確認することが可能になるため、在宅移行期の脳血管障害者の身体活動評価に有用な手法であると考えられる。

3. 本研究における今後の課題と発展

本システムによる指標とLSAとの関連性を確認することにより、対象者に適切に活動性拡大のための支援を行うことが可能になると考えられる。これらの検討を進めるべく、今後は入院中を含めて、どのような環境調整や介入を行い、またそれによりどのような成果、即ち上記指標にどのような変化が見られたか、これらのLSAとの関連性は変化したか等を検討していく。これにより、新たな退院後の対象者の身体活動や歩行状態の低下を最小限に抑えることができる在宅移行支援法を明らかにしていきたい。

また、身体活動性変動パターンの判定結果を用いた対象者への最適なフィードバック方法・内容を検討すると共に、データ提示が対象者の退院後の日常活動にどのような影響を与えるのか、併せて評価を行っていく予定である。

一方、車椅子や各種福祉車両等を利用して移動を行う対象者については、これら活動の判別手法の確立が必要であり、今後解析アルゴリズムを構築し、LSA及び本システムにおける各指標との関連性の評価を行っていく必要がある。

さらに、より長時間の計測を行うことができれば、さらに多くの活動状況が取得でき、より早期に対象者の活動状況の変化を知ることができる可能性もある。そこで、センサ装着への負担を軽減すべく、センサユニットの小型化を進め、今回の2時間の計測による定量評価結果やLSAとの比較から、さらなる長時間計測の有効性検証も、併せて行っていく。

結論

今回、ウェアラブル姿勢変化・歩行解析システムを用いた在宅移行期の脳血管障害者の定量的身体活動評価を行い、立位・歩行の割合、姿勢変化の回数、歩数、歩行回数、歩行中の麻痺側下肢立脚時の移動距離、平均歩行速度といった詳細な情報を把握することができた。また解析アルゴリズムにより、これらの情報から5つの身体活動性変動パターンの判別を行い、対象者の身体活動の変化を簡便に把握可能であることが確認された。一方、本システムにおける評価指標とLSAによる活動範囲評価との関連性から、対象者の身体活動におけるどの指標が活動範囲の変化に繋がっているのかを把握することができ、支援内容を検討する上で有用な情報になると考えられた。従って、今回のような本システムとLSAの同時評価による新たな評価手法は、在宅移行期の脳血管障害者の身体活動評価に有用であると考えられる。今後は、よりセンサ装着への負担を軽減すべく、センサユニットの小型化を進めていくと共に、様々な対象者の計測・評価を計画的に行っていく、データ解析・フィードバック方法の検討を行っていく予定である。

謝辞

本研究の遂行にあたりデータ分析にご尽力いただいた、弘前大学大学院小山崇宣氏に心より感謝の意を表す。また、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)並びに弘前大学理工学研究科研究支援事業により行われた。

文献

- 1) 大平雄一, 西田宗幹, 大西和弘・他: 自宅退院する入院患者における退院前後での身体活動量の比較検討. 理学療法科学 23(2): 313-317, 2008.
- 2) 浜岡克伺, 吉本好延, 橋本豊年・他: 在宅脳卒中患者の生活範囲は日常生活活動能力の変化に影響する. 理学療法科学 27(4): 465-468, 2012.
- 3) 鈴木亨, 園田茂, 才藤栄一・他: 回復期リハビリテーション目的の入院脳卒中患者における転倒, 転落事故とADL. リハビリテーション医学 43:180-185, 2006.
- 4) 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-8-. Jpn J Rehabil Med 49(2): 57-61, 2012.
- 5) 阿部勉, 橋立博幸, 島田裕之・他: 地域在住高齢者における活動量と身体機能・IADLとの関連性. 理学療法科学 24(5): 721-726, 2009.
- 6) Peel C, Baker PS, Roth DL, et al.: Assessing Mobility in Older Adults: The UAB Study of Aging Life-Space Assessment. PHYS THER 85:1008-1019, 2005.
- 7) Life-space assessment の測定について—日本理学療法士協会
<http://www.japanpt.or.jp/esas/pdf/e-sas-s-lsa-sokutei.pdf> (accessed 2014-1-4)
- 8) Crowe M, Andel R, Wadley VG, et al.: Life-Space and Cognitive Decline in a Community-Based Sample of African American and Caucasian Older Adults. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. November 63(11): 1241, 2008.
- 9) Maijer GAL, Westerterp KR, Verhoeven FMH, et al.: Methods to assess physical activity with special reference to motion sensors and accelerometers. IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING. Vol.38 No.3: 221-229, 1991.
- 10) Plasqui G, Westerterp KR: Physical Activity Assessment With Accelerometers: An Evaluation Against Doubly Labeled Water. OBESITY. Vol. 15 No. 10: 2371-2379, 2007.

- 11) Leary AC, Donnan PT, MacDonald TM, et al.: Physical activity level is an independent predictor of the diurnal variation in blood pressure. *Journal of Hypertension*. 18 Issue 4: 405-410, 2000.
- 12) O'Shea JC, Murphy MB : Nocturnal blood pressure dipping: a consequence of diurnal physical activity blipping? *Am J Hypertens*. Jun 13 (6 Pt 1): 601-606, 2000.
- 13) 佐藤房郎, 富田昌夫, 宇野潤: 片麻痺の体幹運動の分析—体幹運動と立位動作・ADL との関係—. *理学療法学* 20(4): 230-237, 1993
- 14) 梅崎昌裕, 李廷秀, 川久保清・他: 加速度計とGPSを組み合わせた活動強度の時間空間パターン評価手法. *デサントスポーツ科学* Vol.31 : 52-54, 2010.
- 15) 坂田俊一, 永田正伸, 野尻晋一: 生活活動度計の開発 (プロトタイプ1号機試作結果). *DEN-O-KEN TECHNICAL REPORT*. Vol.12 No.1 November: 19-25, 200.
- 16) 坂田俊一, 永田正伸, 野尻晋一: 生活活動度計(A-MES)の商品化に向けた機能改善. *DEN-O-KEN TECHNICAL REPORT*. Vol.14 No.1 November: 10-14, 2004.
- 17) 竹之下航洋, 西山健人, 川越雅弘・他: 携帯型加速度モニタ装置を用いた高齢者の定量歩行評価システム. *生体医工学* 43(1): 140-150, 2005.
- 18) 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.
- 19) 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): 273-279, 2003.
- 20) 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.
- 21) 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.
- 22) 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.
- 23) K. Motoi, S. Taniguchi, M. Baek, et al.: Development of a wearable gait monitoring system for evaluating efficacy of walking training in rehabilitation, *Sensors and Materials*. 24(6): 259-373, 2012.
- 24) 谷口早弥香, 本井幸介, 東祐二・他: 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. *保健医療学雑誌* 4(1) : 1-8, 2013.
- 25) Kobayashi T, Ishikawa T, Arakawa,K: Effects of daytime activity upon the timing of REM sleep periods during a night. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*. Apr 52(2): 130-131, 1998.
- 26) 細井俊希: 行動科学に基づいた高齢者への運動指導方略の検討. *人間科学研究* Vol.26,Supplement : 140-141, 2013.
- 27) 坂井智明, 中村容一, 重松良祐: 地域保健施設における運動プログラムが脳血管疾患片麻痺者の身体活動能力と生活関連動作にもたらす効果. *体力科学* 51 : 367-376, 2002.
- 28) 宮原洋八, 竹下寿郎, 西三津代: 脳卒中片麻痺患者の運動能力と日常生活活動の関連. *理学療法科学* 20(4) : 309-313, 2005.
- 29) 山崎裕司, 山本淳一: 患者の活動水準を高める応用行動分析的介入. *理学療法ジャーナル* 37(6) : 467-473, 2003.
- 30) 中村春基: 患者さまがひとりのできる(する)作業療法のすすめ. *作業療法ジャーナル* 42(4) : 282-284, 2008.