

## Original Article

## 入院時 FIM で層別化した FIM 利得の中央値を説明変数に加えた脳卒中患者の FIM 利得を予測する重回帰分析—日本リハビリテーション・データベースを用いた調査—

徳永 誠,<sup>1</sup> 森 義貴,<sup>2</sup> 緒方義尚,<sup>2</sup> 田中康則,<sup>2</sup>  
内野康一,<sup>3</sup> 前田悠希,<sup>3</sup> 神吉真智子<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 熊本機能病院リハビリテーション科

<sup>2</sup> 熊本機能病院理学療法課

<sup>3</sup> 熊本機能病院作業療法課

## 要旨

Tokunaga M, Mori Y, Ogata Y, Tanaka Y, Uchino K, Maeda Y, Kamiyoshi M. Predicting FIM gain in stroke patients by adding median FIM gain stratified by FIM score at hospital admission to the explanatory variables in multiple regression analysis—An analysis of the Japan Rehabilitation Database—. Jpn J Compr Rehabil Sci 2016; 7: 13-18.

【目的】「入院時運動 FIM で層別化した運動 FIM 利得の中央値」(mFIM 利得中央値)を求め、この標準的な利得を重回帰分析に投入することで、脳卒中患者の運動 FIM 利得の予測精度が高まるのかを明らかにする。

【方法】日本リハビリテーション・データベースに登録された脳卒中患者 2,542 例を対象にした。入院時運動 FIM を 2 点刻みで 39 群に層別化し、各群における mFIM 利得中央値を調査した。説明変数は、mFIM 利得中央値を加えたものと加えないものとし、運動 FIM 利得を目的変数とした重回帰分析を行った。そして運動 FIM 利得の実測値と予測値との相関を調査した。

【結果】mFIM 利得中央値を説明変数に加えることで、運動 FIM 利得の実測値と予測値との相関係数が 0.507 から 0.638 に高まった。

【結論】mFIM 利得中央値は、運動 FIM 利得を予測する重回帰分析の予測精度を高める説明変数である。

**キーワード**：Functional Independence Measure, FIM 利得, 重回帰分析, 説明変数, 脳卒中

## はじめに

重回帰分析を用いて、脳卒中患者の退院時 Functional

著者連絡先：徳永 誠  
熊本機能病院リハビリテーション科  
〒860-8518 熊本市北区山室 6-8-1  
E-mail: tokunaga@juryo.or.jp  
2016 年 3 月 14 日受理

本研究において一切の利益相反はありません。

Independence Measure (FIM) や FIM 利得 (退院時 FIM—入院時 FIM) が予測されている。その際、FIM 利得を予測することは、退院時 FIM を予測することよりも難しい。説明変数が目的変数のどの程度を説明できるのかを意味する決定係数  $R^2$  は、退院時 FIM の予測では平均 0.65、FIM 利得の予測では平均 0.22 と報告されている [1]。

通常重回帰分析では予測精度が低い FIM 利得に対して、まず「入院時 FIM で層別化した基準となる FIM 利得」を求めて、これを重回帰分析に投入することで、他の説明変数がプラスに働いて基準より高い FIM 利得となるのか、マイナスに働いて基準より低い FIM 利得となるのかを調べるという手法が考えられる。

本研究は、日本リハビリテーション・データベース (JRD) [2] に登録された脳卒中患者の多施設データを用いて、入院時 FIM で層別化した FIM 利得の最大値と中央値を求め、この「目標となる値」あるいは「標準的な値」を重回帰分析の説明変数に加えることで、FIM 利得の予測精度が上がるのか、を明らかにすることを目的とした。

## 対象と方法

JRD [2] の患者データを用いた。日本リハビリテーション・データベース協議会 (JARD) [3] は、リハビリテーションに関わるデータベースを構築・運用することによりリハビリテーション医学・医療の質の向上に資することを目的として、2012 年 9 月に設立された。JARD の構成団体は、日本リハビリテーション医学会、日本理学療法士協会、日本作業療法士協会、日本言語聴覚士協会である。全国の参加施設から、脳卒中、大腿骨頸部骨折、脊髄損傷の患者データが集められている。

本疫学研究は後ろ向き調査である。2015 年 4 月版 JRD (脳卒中・回復期リハビリテーション病棟) に登録された脳卒中患者 6,322 例から、外れ値と見なせる例外的な患者の影響を低減するために、次の選択基準を満たす者に限定した。年齢が 15~99 歳、発症から入院までの日数が 5~90 日、回復期リハビリテ

ション病棟の在院日数が21~210日，入院時FIMの運動項目合計点（運動FIM）が13~90点，FIM利得が0点以上，検討項目がすべて入力されているという条件である．こうして得られた2,542例を対象患者とした（図1）．対象患者の基本属性データを表1に示す．

**1. 入院時運動FIMで層別化した運動FIM利得の最大値と中央値**

入院時運動FIMを2点刻みで39群（13~14点，15~16点，…，89~90点）に層別化した．入院時

運動FIMで層別化した運動FIM利得の最大値（以下，mFIM利得最大値）と中央値（以下，mFIM利得中央値）を調査した．

**2. 重回帰分析**

年齢，発症前のmodified Rankin Scale（mRS），発症から入院までの日数，入院時運動FIM，入院時FIMの認知項目合計点（認知FIM）の5項目を説明変数，運動FIM利得を目的変数とした重回帰分析を行った（model 1）．説明変数にmFIM利得最大値を加えた重回帰分析（model 2），説明変数にmFIM利得中央値を



図1. 対象患者絞り込みのフローチャート  
FIM：Functional Independence Measure, mRS: modified Rankin Scale.

表1. 基本属性データ

患者数	2,542 例
男性, 女性	1,492 例, 1,050 例
脳梗塞, 脳出血, くも膜下出血	1,613 例, 772 例, 157 例
年齢 (歳)	69.3±12.9 (71)
発症前 mRS	0.7±1.4 (0)
発症から入院までの日数 (日)	36.3±15.2 (33)
在院日数 (日)	101.6±44.8 (100)
入院時運動FIM(点)	45.7±23.2 (46)
入院時認知FIM(点)	21.9±9.0 (23)
入院時FIM総得点 (点)	67.6±29.9 (69)
退院時運動FIM(点)	65.7±23.1 (74)
退院時認知FIM(点)	25.7±8.3 (28)
退院時FIM総得点 (点)	91.4±29.9 (101)
運動FIM利得 (点)	20.0±14.8 (18)

数値：平均±標準偏差（中央値）.

加えた重回帰分析 (model 3) も行った。統計ソフトは Mulcel [4] を用いた。

Model 1~3 において、運動 FIM 利得の実測値と予測値との「相関」を Pearson 相関係数の検定 (有意水準は 5% 未満) で評価した。また、運動 FIM 利得の実測値から予測値を引いた「残差」を調査した。

### 3. 入院時運動 FIM で分けた 2 つの重回帰分析

運動 FIM 利得は、入院時運動 FIM が 25~30 点 [5], 31~36 点 [6] あたりをピークにした山型を呈する。そのため、入院時 FIM を説明変数として重回帰分析に投入すると、その偏回帰係数は入院時 FIM が小さい患者群では正の数値、入院時 FIM が大きい患者群では負の数値になる [7]。そして、FIM 利得を目的変数とした重回帰分析では、1 つの予測式を作るよりも、入院時 FIM で分けて 2 つの予測式を作ったほうが、予測精度が高いことが明らかにされている [8]。そこで本研究では、入院時運動 FIM を 13~30 点と 31~90 点の 2 群に分けて、model 1 と同じ 5 つの説明変数を用いて重回帰分析を行った (model 4)。同様に、入院時運動 FIM を 2 群に分けて、model 3 のように mFIM 利得中央値を説明変数に加えた重回帰分析を行った (model 5)。

## 結果

入院時運動 FIM を 2 点刻みで 39 群に分けた場合の、mFIM 利得最大値と mFIM 利得中央値を図 2 に示す。この数値を以下の重回帰分析に用いた。

年齢、発症前 mRS、発症から入院までの日数、入院時運動 FIM、入院時認知 FIM の 5 項目を説明変数とした model 1 では、自由度修正済み決定係数  $R^{*2}$  は 0.256 であった (表 2)。運動 FIM 利得の実測値と予測値には有意な正の相関があった (相関係数 0.507,  $p < 0.001$ )。運動 FIM 利得の実測値から予測値を引いた残差は、平均  $0 \pm$  標準偏差 12.79 (中央値 -0.44) であった (図 3a)。

説明変数に mFIM 利得最大値を加えた model 2 では、mFIM 利得最大値と入院時運動 FIM との間で -0.997 という極めて強い相関 (多重共線性) があった。目的変数に対する説明変数の相対的な関連の強さを意味する標準偏回帰係数は、入院時運動 FIM のほ

うが mFIM 利得最大値よりも大きかった。

説明変数に mFIM 利得中央値を加えた model 3 では、予測式は有意なものであり、 $R^{*2}$  は 0.405 であった。説明変数間で 0.7 以上の相関はなく、説明変数は 6 つとも有意であった。mFIM 利得中央値の標準偏回帰係数は 2 番目に大きかった (表 2)。運動 FIM 利得の実測値と予測値との相関係数は 0.638、運動 FIM 利得の実測値から予測値を引いた残差は、 $0 \pm 11.43$  (中央値 -0.23) であった (図 3b)。

入院時運動 FIM を 13~30 点と 31~90 点の 2 群に分けた model 4 では、相関係数は 0.641、残差は  $0 \pm 11.38$  (中央値 -0.22) であった (図 3c)。

入院時運動 FIM を 2 群に分け、mFIM 利得中央値を説明変数に加えた model 5 では、入院時運動 FIM と mFIM 利得中央値との間に極めて強い相関 (入院時運動 FIM が 13~30 点の場合は 0.903、入院時運動 FIM を 31~90 点場合は -0.920) があった。標準偏回帰係数は、mFIM 利得中央値のほうが、入院時運動 FIM よりも大きかったことから、入院時運動 FIM を除いて重回帰分析を行った。mFIM 利得中央値の標準偏回帰係数は、入院時運動 FIM が 13~30 点では 5 つの説明変数のうち 2 番目に大きく、入院時運動 FIM が 31~90 点ではもっとも大きかった (表 2)。運動 FIM 利得の実測値から予測値を引いた相関係数は 0.651、残差は  $0 \pm 11.26$  (中央値 -0.02) となり、model 1, 3, 4, 5 のうちでもっとも相関係数が大きく、残差の中央値と標準偏差が小さくなった (図 3d)。

## 考察

本研究では、入院時運動 FIM で層別化した mFIM 利得最大値 (目標となる値) と mFIM 利得中央値 (標準的な値) を求め、これらを重回帰分析に投入した。mFIM 利得最大値と入院時運動 FIM には極めて強い相関があり (多重共線性の問題)、入院時運動 FIM の方が mFIM 利得最大値よりも標準偏回帰係数が大きかったため、mFIM 利得最大値を用いる model 2 は有用でないと判断した。mFIM 利得中央値は、これを説明変数に加えることで、運動 FIM 利得の実測値と予測値との相関係数が 0.507 (model 1) から 0.638 (model 3) に高まり、残差の中央値と標準偏差も縮小した。一方、FIM 利得の予測精度を高めると報告さ

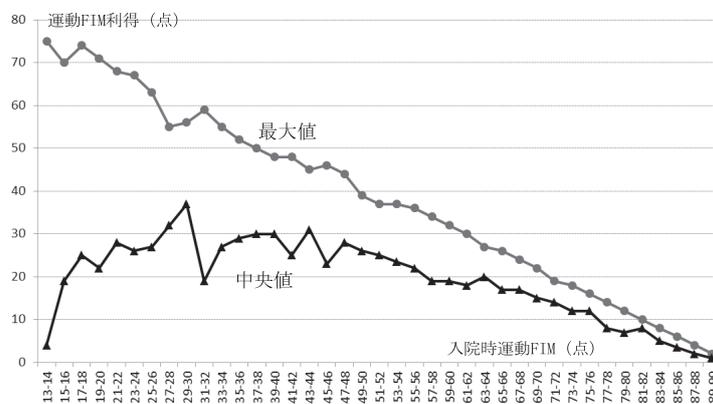


図 2. 入院時運動 FIM で層別化した運動 FIM 利得の最大値と中央値

表 2. 運動 FIM 利得を目的変数とした重回帰分析

model	model 1	model 3	model 4		model 5	
入 mFIM	13~90 点	13~90 点	13~30 点	31~90 点	13~30 点	31~90 点
患者数	2,542 例	2,542 例	853 例	1,689 例	853 例	1,689 例
説明変数						
年齢	-0.212 (-0.184)	-0.231 (-0.200)	-0.450 (-0.272)	-0.142 (-0.160)	-0.457 (-0.275)	-0.140 (-0.158)
発症前 mRS	-1.528 (-0.141)	-1.391 (-0.128)	-1.493 (-0.129)	-1.233 (-0.121)	-1.388 (-0.120)	-1.161 (-0.114)
発症-入院	-0.139 (-0.142)	-0.134 (-0.138)	-0.211 (-0.174)	-0.092 (-0.116)	-0.209 (-0.172)	-0.096 (-0.121)
入 mFIM	-0.410 (-0.641)	-0.271 (-0.423)	0.674 (0.196)	-0.561 (-0.768)	—	—
入 cFIM	0.539 (0.328)	0.311 (0.189)	0.653 (0.250)	0.194 (0.117)	0.568 (0.224)	0.136 (0.082)
中央値	—	0.672 (0.420)	—	—	0.419 (0.244)	1.092 (0.760)
定数項	47.647	34.498	43.572	59.899	49.521	7.618
p 値	$p < 0.001$					
R <sup>2</sup>	0.256	0.405	0.310	0.508	0.326	0.517

FIM：Functional Independence Measure, mFIM：運動 FIM, cFIM：認知 FIM, 入：入院時, 退：退院時, mRS：modified Rankin Scale.

発症-入院：発症から入院までの日数, 中央値：入院時運動 FIM で層別化した運動 FIM 利得の中央値, —：目的変数に投入せず.

説明変数の数値：偏回帰係数 (標準偏回帰係数), 各説明変数の p 値はすべて  $p < 0.001$ , R<sup>2</sup>：自由度修正済み決定係数.

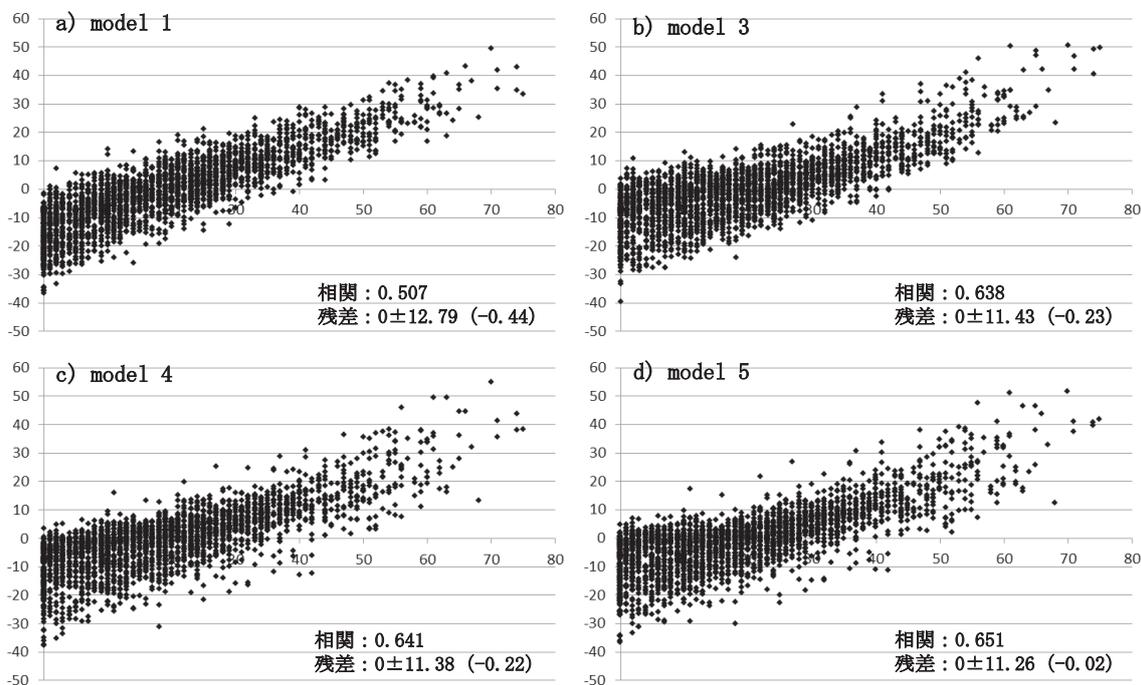


図 3. 運動 FIM 利得の実測値と残差との関係

横軸：運動 FIM 利得の実測値, 縦軸：残差, 点：個々の患者, model：方法に記載.

相関：運動 FIM 利得の実測値と予測値との相関, 残差：運動 FIM 利得の実測値 - 予測値 (平均 ± 標準偏差, 中央値).

れている「入院時 FIM で分けて 2 つの予測式を作成する方法」[8] では、運動 FIM 利得の実測値と予測値との相関係数は 0.641 であった (model 4)。「mFIM 利得中央値を説明変数に加える方法」と「入院時運動 FIM で分けて 2 つの予測式を作成する方法」を組み合わせると、相関係数は 0.651 まで高まり、残差の中央値と標準偏差はもっとも小さくなった (model 5)。

Meyer ら [1] は、重回帰分析を用いて急性期脳卒中患者の機能予後を調査した報告に関するレビューを行い、1) 27 報告の 63 予測式において、126 個の要因が説明変数として投入されたが、そのうち有意であった要因は 63 個 (50%) であり、2) 63 要因のうち 5 つ以上の予測式で用いられ、かつその半数以上で有意であった要因は、入院時 FIM (51 予測式のうち 46 予測式において有意, 46/51), 年齢 (30/45), 脳卒中の既往 (5/10), 入院時 Barthel index (6/6), 無視 (4/6), 失語症 (4/6), 衝動性 (4/6), National Institute of Health Stroke Scale (5/5) の 8 つに限られ、3) 予測式に組み込まれた有意な説明変数の数は、平均 4.1 個 (標準偏差 2.5) であったと報告した。Meyer ら [1] がレビューした 63 個の有意な要因のなかに mFIM 利得中央値はなかった。

Meyer ら [1] のレビューにおいて、決定係数  $R^2$  は、退院時 FIM を予測した 33 報告では平均 0.65 (最小 0.35~最大 0.82) であったのに対し、FIM 利得を予測した 20 報告では平均 0.22 (最小 0.08~最大 0.4) と低かった。本研究において、運動 FIM 利得を予測した重回帰分析 (model 1) の自由度修正済み決定係数  $R^{*2}$  は 0.256 であった。多施設のデータを用いると、病院間でのリハビリテーションの質や量の違い [7, 9, 10] がアウトカムに影響を及ぼすために、一施設のデータを用いた解析よりも  $R^{*2}$  が小さくなりやすいが、model 1 では、Meyer ら [1] のレビューの平均程度の  $R^{*2}$  が得られた。なお、 $R^2$  は、説明変数の数を多くすれば、それが有用なものでなくても高い値になる。そこで無意味な変数を説明変数に使った時に値が下がるように説明変数の数やデータ数で補正したものが  $R^{*2}$  である。予測式の比較には  $R^{*2}$  が用いられ、 $R^2 > R^{*2}$  という関係がある。

mFIM 利得中央値を説明変数に加えた model 3 では、 $R^{*2}$  は 0.405 まで高まり、これは Meyer ら [1] がレビューした FIM 利得を予測した 20 報告のうち  $R^2$  がもっとも大きかった報告 ( $R^2: 0.4$ ) を上回った。重回帰分析の予測精度を高めるために、適切な説明変数を選択すること [1] や複数の予測式を作ること [7, 8, 11-13] が試みられているが、本研究は、mFIM 利得中央値 (入院時運動 FIM で層別化した運動 FIM 利得の中央値) が、運動 FIM 利得の予測精度を高める説明変数であることを明らかにした。本研究では、「入院時運動 FIM で層別化した基準となる運動 FIM 利得 (mFIM 利得中央値)」に、他の多くの要因の影響が加わって「運動 FIM 利得の実測値」になると考えた。そのため前者が後者の有意な説明変数になることは理解しやすい。

本研究の限界として以下の点が挙げられる。第一に、残差 (実測値 - 予測値) の平均は 0 点であったが、入院時運動 FIM が低い患者では残差がマイナスの数値 (実測値 < 予測値)、入院時運動 FIM が高い患者で

は残差がプラスの数値 (実測値 > 予測値) になっている点である。横軸に運動 FIM 利得の実測値、縦軸に残差をとると (図 3), model 1, 3, 4, 5 とも残差 0 を中心とした水平な患者分布ではなく、右肩上がりの患者分布を呈した。これは、運動 FIM 利得の実測値が 0 点近くの左端の患者や利得が大きい右端の患者を適切に予測できていないことを示している。model 5 では、この右肩上がりの傾きが小さくなったが、まだ改善の余地がある。第二に、FIM 利得の  $R^{*2}$  が 0.405 (model 3) まで高まったが、退院時 FIM を予測する場合の  $R^2$  (平均 0.65) [1] には達していない点である。第三に、mFIM 利得中央値 (図 2) がスムーズな曲線にならなかった点である。入院時運動 FIM を 2 点刻みで層別化して解析するためには、より多数の患者データが必要だったのであろう。第四に、対象患者を作成群と検証群に分け、検証群のデータを用いて予測式の内的妥当性を検討することを行っていない点である。第五に、日本リハビリテーション・データベースに患者を入力しているのはリハビリテーションのエビデンス作りに熱心な病院に限られており、日本の平均的な病院の結果とは異なる可能性がある点である。

FIM 利得が 0 点近くの患者や FIM 利得が特に大きい患者を適切に予測することが、今後の研究課題である。

## 謝辞

本研究は、日本リハビリテーション・データベース協会により運用されている日本リハビリテーション・データベースのデータを用いたもので、データを提供していただいた協会に感謝します。なお本報告の内容・結論は協会の見解ではなく、筆者らの見解です。

## 文献

1. Meyer MJ, Pereira S, McClure A, Teasell R, Thind A, Koval J, et al. A systematic review of studies reporting multivariable models to predict functional outcomes after post-stroke inpatient rehabilitation. *Disabil Rehabil* 2015; 37: 1316-23.
2. Kondo K. Secondary analysis of the rehabilitation patient database. *Jpn J Rehabil Med* 2012; 49: 142-8. Japanese.
3. Japan Association of Rehabilitation Database. <http://square.umin.ac.jp/JARD/>
4. Yanai H. Practical multivariate analysis greates utilities on Excel. Saitama, OMS Publishing Inc; 2005. p. 1-174. Japanese.
5. Tokunaga M, Nakanishi R, Eguchi G, Kihara K, Tokisato K, Katsura K, et al. The influence of age on corrected motor FIM effectiveness. *Jpn J Compr Rehabil Sci* 2014; 5: 56-60.
6. Tokunaga M, Sannomiya K, Nakashima Y, Nojiri S, Tokisato K, Katsura K, et al. Formula for predicting FIM gain and discharge FIM: methods using median values of FIM gain stratified by admission FIM, age, cognitive function, and transfer interval. *Jpn J Compr Rehabil Sci* 2015; 6: 6-13.
7. Tokunaga M, Kondo K. Training time and FIM gain in

- patients with stroke in Kaifukuki rehabilitation hospitals. *Sogo Rehabil* 2014; 42: 245–52. Japanese.
8. Tokunaga M, Ikeda Y, Inoue M, Kodama J, Sakamoto M, Nagatomo M, et al. Multiple regression analysis stratified by age and FIM at admission. *J Clin Rehabil* 2015; 24: 828–34. Japanese.
  9. Jeong S, Kondo K, Shiraishi N, Inoue Y. An evaluation of post-stroke rehabilitation in Japan. *Clin Audit* 2010; 2: 59–66.
  10. Tokunaga M, Nishikawa M, Matsumoto A, Nanbu S, Nakagawa A, Maeda Y, et al. The relationship between measured values and values predicted using multiple regression analysis for mean motor FIM at discharge, a study at 13 *Kaifukuki* rehabilitation hospitals for stroke patients in the Japan Rehabilitation Database. *Jpn J Compr Rehabil Sci* 2015; 6: 86–90.
  11. Tokunaga M, Taniguchi M, Nakakado K, Mihono T, Okido A, Ushijima T, et al. Assessment of the effects of factors in stroke rehabilitation using eight multiple regression analyses: an analysis of the Japan Rehabilitation Database. *Jpn J Compr Rehabil Sci* 2015; 6: 78–85.
  12. Inouye M. Predicting models of outcome stratified by age after first stroke rehabilitation in Japan. *Am J Phys Med Rehabil* 2001; 80: 586–91.
  13. Hirano Y, Okura Y, Takeuchi M. The influence of ADL severity at admission on ADL at discharge in convalescent stroke rehabilitation. *Tohoku Rigakuryoho Kagaku* 2011; 23: 32–7. Japanese.