〈原 著〉

大腿骨頸部骨折患者の歩行自立に必要な要因—決定木分析による検討—

新井 智之¹⁾ 金子 志保²⁾ 藤田 博暁¹⁾

要 約 目的：本研究では決定木分析を用いて、大腿骨頸部骨折患者の歩行自立に関わる要因を明らかにし、歩行自立を判断するためのモデルを提示することを目的とした。**方法：**対象は大腿骨頸部骨折を受傷し、退院時に歩行能力の評価が可能であった者 108 例（男性 26 例、女性 82 例、平均年齢 77.2 ± 12.8 歳）とした。検査項目は年齢、性別、Body mass index (BMI)、入院期間、術式、骨折分類、脳神経障害の既往の有無、骨折の既往の有無、退院時の理学療法評価として術側と非術側の膝伸展筋力、10 m 最大歩行時間、Functional reach test (FRT)、Mini Mental State Examination (MMSE) とした。対象者を退院時の歩行能力により、自立群と非自立群 2 群に分け、両群間で各評価項目における平均値の比較を t 検定、 χ^2 検定を用い解析した。また 2 群間の比較において有意差をみとめた項目を独立変数、退院時の歩行自立度を従属変数とした決定木分析を行った。**結果：**全対象者 108 例の内、自立群は 55 例、非自立群は 53 例であった。2 群間の比較で有意差がみられた項目は、年齢、性別、術式、骨折分類、脳血管障害の既往、術側と非術側の膝伸展筋力、10 m 最大歩行時間、FRT、MMSE であった。決定木分析の結果、対象における正分類率 85.2% であり交差検証による誤差率は 0.042 であった。歩行自立の要因として非術側の膝伸展筋力、FRT、MMSE、脳血管障害の既往が選択され、4 つの要因により 7 群に分類される決定木が示された。**結論：**決定木分析の結果から、大腿骨頸部骨折患者では非術側の下肢筋力から評価し、その値によって動的バランス能力や合併症の有無を確認することで歩行自立を判断できる可能性が示された。

Key words：大腿骨頸部骨折、歩行自立、決定木検定

(日老医誌 2011; 48: 539-544)

緒 言

超高齢社会に突入した我が国において、大腿骨頸部骨折を受傷する患者は、増加の一途をたどっている。2007 年に行われた我が国における大腿骨頸部骨折の全国調査では、発生患者数が約 148,100 人と報告されている¹⁾。また、萩野らは、2030 年には大腿骨頸部骨折の将来患者数は約 25 万件に達する可能性があるとして予測しており²⁾、我が国の大腿骨頸部骨折の患者数の増加に歯止めがかかっていない状態である。

大腿骨頸部骨折は高齢者の歩行能力を低下させるだけでなく^{3,4)}、生活機能低下を引き起こし、寝たきりの原因となる疾患である⁵⁻⁷⁾。特に大腿骨頸部骨折術後患者の歩行能力は、退院後の生活機能や QOL、生命予後に関わる重要な要因である^{5,8,9)}。本疾患の生命予後を調査し

た辰巳らの研究では、受傷前の歩行能力ではなく、退院時の歩行能力が 5 年後の生命予後を反映していると報告している⁹⁾。また 90 歳以上の超高齢患者を調査した報告においても、術後の歩行能力がその後の生存率に関わる要因であったと報告されている¹⁰⁾。そのため大腿骨頸部骨折患者の手術後のリハビリテーションにおいては、歩行能力に対する適切な評価と介入が求められる。

大腿骨頸部骨折患者の退院時歩行能力に関わる要因に関しては、年齢、合併症、認知機能、筋力、受傷前の歩行能力などが数多く報告されている¹¹⁻¹⁴⁾。これまでの先行研究ではロジスティック回帰分析を用い、回帰モデルによる予測式から歩行獲得に関わる要因を検討しているものが多い。ロジスティック回帰分析は他の要因の影響を全て除外して、要因単独の影響を評価することができ有用な手法であるが、予測式が複雑になることや説明変数間の相互関係が分かりにくいという欠点がある。臨床場面においては高齢や認知症などの歩行自立に負の影響を与える要因と高い運動能力などのように歩行自立に正の影響を与える要因を併せ持つ患者がほとんどであり、個人の複数の要因を統合して歩行自立の判断を行う

1) T. Arai, H. Fujita: 埼玉医科大学保健医療学部理学療法学科

2) S. Kaneko: 北里大学北里研究所メディカルセンター病院リハビリテーションセンター

受付日: 2011. 3. 25, 採用日: 2011. 6. 8

表1 対象者の特性

年齢 (平均±標準偏差)	77.2±12.8 歳	
性別	男性 26 例	女性 82 例
骨折の種類	内側骨折	55 例
	外側骨折	40 例
	転子部骨折	13 例
	ハンソンピン	20 例
術式	Compression hip screw	51 例
	人工骨頭置換術	33 例
	その他	4 例
	その他	4 例
受傷前の歩行能力	独歩	64 例
	補助具使用	35 例
	部分介助	9 例

必要がある。そのため大腿骨頸部骨折患者の歩行自立に関わる要因を明らかにするためには、要因単独の影響を検討する手法だけでなく、複数の要因の組み合わせによる影響を考慮した手法を用いて検討する意義は大きいと考える。決定木分析はデータマイニングの手法の1つであり、人間の意思決定に必要な項目と判断基準を樹木の形で表現する方法である。さらに分析結果は従属変数に関係の強い要因から順に階層的に並ぶため、それぞれの要因間の相互関係を理解しやすいという特徴がある¹⁵⁾¹⁶⁾。そこで本研究では決定木分析を用いて、大腿骨頸部骨折患者の歩行自立に関わる要因を明らかにし、歩行自立を判断するためのモデルを提示することを目的とした。

対 象

対象は2006年4月から2008年7月に大腿骨頸部骨折を受傷し、手術後のリハビリテーションを行い、退院時に歩行能力の評価が可能であった大腿骨頸部骨折患者108例（男性26例、女性82例、平均年齢77.2±12.8歳）とした。大腿骨頸部骨折の内訳は内側骨折55例、外側骨折40例、転子部骨折13例であった。術式の内訳はハンソンピン20例、Compression Hip Screw (CHS) 51例、人工骨頭置換術33例、その他4例であった。対象者の入院前の歩行状態は、独歩可能であったものが64例、補助具等を使用して歩行が自立していたもの35例、歩行が部分介助であったものが9例であった（表1）。

対象者全員に本研究の趣旨と個人情報守秘義務について説明し、口頭かつ紙面に同意を得た。なお、本研究は北里大学北里研究所メディカルセンター病院倫理委員会の承認（第21-22号）を受けて実施した。

方 法

対象者の基礎情報として年齢、性別、Body mass index (BMI)、入院期間、術式、骨折分類、脳神経障害の既往

の有無、骨折の既往の有無をカルテより抽出した。なお身体機能と認知機能の評価は退院時に行った。身体機能評価は、術側と非術側の膝伸展筋力、10 m 最大歩行時間、Functional Reach Test (FRT) を測定した。また認知機能評価は、Mini Mental State Examination (MMSE) を質問紙により調査した。その後、対象者の退院時の歩行能力により、歩行が自立した例（自立群）と歩行が監視・介助であった例の2群に分けた。自立群の適応基準は、退院時に歩行が独歩またはT字杖での歩行が独力で可能であった症例とした。一方非自立群の基準は歩行に見守りや介助が必要であった症例とした。

膝伸展筋力の測定は、ハンド・ヘルド・ダイナモメーター（μTas MT-1, ANIMA 社製）を使用し、術側と非術側の最大等尺性収縮を測定した。測定肢位は股関節・膝関節90°の椅子座位とし、測定誤差を最小限にするために、ハンド・ヘルド・ダイナモメーターをベルトで下腿部に固定した。測定は2回行い、最大値(kgf/kg)を代表値とし、分析には実測値を体重で除した値を用いた。

10 m 最大歩行時間の測定は衣笠ら¹⁷⁾の方法に従い、対象者は加速路と減速路をそれぞれ2 m ずつ設けた約14 m の直線路を最大歩行速度で歩行し、その時の所要時間をストップウォッチを用いて測定した。測定は2回行い、最小値(秒)を代表値とした。なお、対象者への指示は、「できるだけ早く歩いてください」と統一した。

FRTの測定は、Duncan らの方法¹⁸⁾に従い測定した。対象者の左右のつま先を床面に設定した直線にあわせ直立姿勢をとり、その後肩関節屈曲90°、肘関節伸展、前腕内位にて手指を屈曲させた。手指の先端位置を決めた後、対象者には前方に出来るだけリーチさせ、そのときの手指の先端位置を再び計測した。測定値(cm)は開始肢位と終了肢位の差を算出した。測定は2回行い、最大値を代表値とした。なお、計測肢は対象者の聞き手側とし、リーチの方向は出来るだけ水平に行うように指示した。

分析方法は、自立群と非自立群の2群間で各評価項目における平均値の比較を行った。年齢、BMI、入院期間、術側と非術側の膝伸展筋力、10 m 最大歩行時間、FRT、MMSE に関してはt検定を行った。また性別、術式、骨折分類、脳血管障害の既往、骨折の既往については χ^2 検定を用い解析した。

次に2群間の比較において有意差をみとめた項目を独立変数とし、退院時の歩行自立度を従属変数とした決定木分析(Classification and Regression Tree: CART)を行った。今回の決定木分析では、ツリーの最大深度を3、分析前の群(親ノード)の最小の事例数を10、分析後

表2 自立群と非自立群の比較

対象者特性	自立群 (55 例)	非自立群 (53 例)	p
年齢 [†] (歳)	70.9±14.1	82.4±6.8	<0.01
性別*			<0.05
男性	8	45	
女性	18	37	
Body Mass Index [†] (%)	20.6±3.3	20.4±5.0	n.s
入院期間 [†] (日)	44.9±17.1	50.4±18.4	n.s
術式*			<0.05
ハンソンピン	14	6	
Compression hip screw	19	32	
人工骨頭	20	13	
その他	2	2	
骨折分類*			<0.05
外側	13	26	
内側	34	22	
転子部	8	5	
脳血管障害の既往*			<0.01
有	4	16	
無	50	37	
骨折の既往*			n.s
有	14	14	
無	41	39	
術側膝伸展筋力 [†] (kg/体重)	0.32±0.1	0.17±0.1	<0.01
非術側膝伸展筋力 [†] (kg/体重)	0.48±0.2	0.22±0.1	<0.01
10 m 歩行時間 [†] (秒)	17.6±24.0	34.3±19.8	<0.05
Functional reach test [†] (cm)	28.8±8.4	19.0±6.4	<0.05
Mini Mental State Examination [†] (点)	19.3±7.6	13.7±7.1	<0.05

n.s = not significant

[†]: t 検定*: χ^2 検定, 内訳の例数を表記

の群（子ノード）の最小の事例数を 3 と定めた。統計解析には、SPSS 18.0J for Windows (SPSS Japan Inc.) を用いた。

結 果

全対象者 108 例の内、自立群は 55 例、非自立群は 53 例であった。表 2 に自立群と非自立群の各評価項目の平均値と内訳を示す。2 群間の比較において、有意差がみられた評価項目は、年齢、性別、術式、骨折分類、脳血管障害の既往、術側と非術側の膝伸展筋力、10 m 最大歩行時間、FRT、MMSE であった。なお BMI、入院期間、骨折の既往には 2 群間で有意差はみられなかった。

CART によって生成された決定木を図 1 に示す。四角内の数値は、歩行自立した症例の割合と症例数が示されている。また、丸内の項目には選択された評価項目が表示されている。CART による分析の結果、対象における正分類率 85.2% であり、交差検証による誤差率は 0.042 であった。歩行が自立するための因子として、非

術側の膝伸展筋力、FRT、MMSE、脳血管障害の既往が選択された。

本モデルでは、第 1 層で非術側の膝伸展筋力が第 1 選択肢となり、0.34 kgf/kg を境に 2 群に分かれた。非術側の膝伸展筋力 0.34 kgf/kg より大きい群では、第 2 層で MMSE 13.5 点を境に 2 群に分かれ、第 3 層では脳血管障害の有無と非術側の膝伸展筋力が抽出された。一方、非術側の膝伸展筋力が 0.34 kgf/kg 以下の群は、その後、FRT が 25.5 cm により 2 群に分かれる結果となった。非術側の膝伸展筋力が 0.33 kgf/kg 以下で、FRT が 25.5 cm 以下の群では、さらに MMSE が 13.5 点を境に 2 群に分かれた。

考 察

退院時の歩行能力は大腿骨頸部患者の生命予後に関わる重要な要因である⁹⁾。そのため大腿骨頸部骨折後のリハビリテーションでは、明確な目標に基づき適切に患者の歩行能力を判断することが必要である。そこで本研究

図1 大腿骨頸部骨折患者の退院時における歩行自立に関する決定木

四角内には歩行自立と歩行非自立の割合と振り分けられた患者数が示されている。丸内には決定木分析により選択された説明変数が示されている。

MMSE : Mini-Mental State Examination

FRT : Functional Reach Test

では決定木分析を用いて、大腿骨頸部骨折患者の退院時の歩行自立に関わる要因を明らかにすることを目的とした。

自立群と非自立群の2群間における各要因の比較では、BMI、入院期間、骨折の既往以外のすべての項目に有意差がみられた。年齢、筋力、バランス能力、認知機能、脳血管障害の既往といった要因は先行研究において歩行能力を低下させる要因として報告されており^{12)~14)19)20)}、本研究でも同様の結果となった。

決定木分析の結果では、大腿骨頸部骨折患者の歩行自立に関わる要因として非術側の膝伸展筋力、FRT、MMSE、脳血管障害の有無が抽出され、年齢、術式、骨折分類などの要因は選択されなかった。決定木分析において選択されなかった要因は、選択された要因に比べ分割する過程で高い寄与率を持たなかったことを示している。決定木分析による結果は多重ロジスティック回帰分析と異なり、必ずしも歩行自立に関わる要因を全て抽出しているわけではないが、要因間の相互関係を知ることができるという利点がある。本研究においては、選択された要因の中で非術側の膝伸展筋力を最初の判断基準とし、その値によってFRTやMMSEを次の判断基準にするという要因間の相互関係を示すモデルが得られた。

決定木分析の結果において歩行自立の確率が高い組み合わせは、非術側の膝伸展筋力が0.34 kgf/kgより大きく、MMSEが13.5点より大きく、かつ脳血管障害の既往がないことであった。さらにMMSEが13.5点以下であっても非術側の膝伸展筋力が0.40 kgf/kgより大きければ、歩行自立の確率が高まるという結果であった。

膝伸展筋力、認知機能、合併症は大腿骨頸部骨折患者の歩行能力に独立して影響する重要な要因であると報告されている¹⁴⁾¹⁹⁾²⁰⁾。膝伸展筋力は術側ではなく非術側が採択されたが、その理由としては自立群の中に杖を使用して歩行自立を獲得した対象が多いことが関係していると考えられる。またその判断基準値は第1層では0.34 kgf/kg、第3層では0.40 kgf/kgであった。健常高齢者の歩行自立に必要な膝伸展筋力の値は0.30~0.36 kgf/kg、階段昇降の自立に必要な膝伸展筋力の値は0.40 kgf/kg以上であると報告されている^{21)~24)}。このことから大腿骨頸部骨折患者の非術側の膝伸展筋力が歩行自立を獲得する上で十分な値であれば、認知機能の低下や合併症がないことで歩行自立の可能性が高いことが示唆された。さらに認知機能が低下している場合においても、階段昇降の自立に必要な非術側の膝伸展筋力を有していることで、歩行自立と判断できる可能性が高いことが示された。

一方非術側の膝伸展筋力が0.34 kgf/kg以下であり、FRTが25.5 cm以下で、かつMMSEが13.5点以下である場合は、歩行自立の確率は0%という結果となった。また非術側の膝伸展筋力が0.34 kgf/kg以下であっても、FRTが25.5 cmより大きければ歩行自立の確率が高まることが示された。先行研究においても動的バランス能力は歩行能力に独立して影響する要因であることは報告されている²⁵⁾。本研究では非術側の膝伸展筋力が低い患者であっても、動的バランス能力を評価することで歩行自立と判断できる可能性があることを示した。

ロジスティック回帰分析が単独の要因に着目し、他の

要因の影響を除外する手法であるの対し、決定木分析では他の要因の影響がそのまま評価される手法である。そのため本研究では筋力、バランス能力、認知機能に影響する要因である年齢が歩行自立の要因として選択されないという欠点がある。一方で決定木分析は要因間の相互関係を明らかにできる利点があり、本研究では大腿骨頸部骨折患者の歩行自立の判断には非術側の膝伸展筋力から評価し、その後動的バランス能力、認知機能、合併症で判断するという決定木が得られた。大腿骨頸部骨折患者の歩行自立に関わる要因は様々であり、複数の要因を総合的に判断することが必要である。そのためロジスティック回帰分析だけでなく、決定木分析のような異なる統計手法の結果も合わせて歩行自立の関わる要因を検討する意義は大きいと考える。

本研究の限界として決定木分析に投入した変数以外の要因の影響を検討していないため、他の要因を加えることで異なる決定木が得られる可能性を考慮しなければならない。また本研究は退院時に歩行能力の評価が可能であった対象者に限られており、退院時に歩行が不可能であった対象が含まれていないことも限界であると考えられる。

謝辞：本研究にご協力いただきました対象者様ならびにデータ収集に際して尽力いただきました北里大学北里研究所メディカルセンター病院の職員の皆様にこの場を借りて深謝いたします。

文 献

- Orimo H, Yaegashi Y, Onoda T, Fukushima Y, Hosoi T, Sakata K: Hip fracture incidence in Japan: estimates of new patients in 2007 and 20-year trends. *Arch Osteoporos* 2009; 4: 71-77.
- 萩野 浩：大腿骨頸部骨折の発生頻度および受傷状況に関する全国調査。厚生科学研究費補助金（長寿科学総合研究事業）総括研究報告書，2003。
- 本間 睦，櫛引久丸，飯坂孝典，木下雅之，近藤真章，斎藤貴文：大腿骨頸部骨折患者の予後調査。北海道リハビリテーション学会雑誌 2001; 29: 65-70。
- 村越 太，東原幸男，成山雅昭：後期高齢者（75～89歳）における大腿骨近位部骨折手術例の予後。骨折 2009; 31: 743-745。
- 七田恵子，遠藤千恵子，柴崎公子ほか：大腿骨頸部骨折患者の追跡調査 生存率と身体的活動性。日本老年医学会雑誌 1988; 25: 563-568。
- Tosteson AN, Gottlieb DJ, Radley DC, Fisher ES, Melton LJ: Excess mortality following hip fracture: the role of underlying health status. *Osteoporos Int* 2007; 18: 1463-1472。
- 高齢者リハビリテーション研究会：高齢者リハビリテーションのあるべき方向。厚生労働省審議会議事録，2004。
- 萩野哲男，戸野塚久紘，佐藤栄一，前川慎吾，渡海守人，浜田良機：60歳以上の大腿骨近位部骨折患者の寝たきりの危険因子。整形・災害外科 2006; 49: 747-750。
- 辰巳徹志，山本精三，石橋英明：大腿骨頸部骨折疫学から予防まで—高齢者大腿骨頸部骨折患者の生命予後—。骨・関節・靱帯 2002; 15: 139-144。
- 門脇 俊，喜井竜太，河野通快，宮本 亘，柿丸裕之，内尾祐司：90歳以上の超高齢者大腿骨近位部骨折患者の治療成績。中国・四国整形外科学会雑誌 2009; 21: 89-92。
- 岡田康宏，岩谷 力，飛松好子，大井直往，上せつ子，関 直樹ほか：高齢者大腿骨頸部骨折治療後の歩行機能に関連する要因の検討。運動療法と物理療法 2001; 12: 58-67。
- 市村和徳，石井佐宏：高齢者大腿骨近位部骨折の退院時歩行能力に影響を与える因子 ロジスティック回帰分析を用いた解析。整形外科 2001; 52: 1340-1342。
- 小坂英子，安田剛敏，若宮一宏，三秋謙太郎，高木寛司：大腿骨転子部骨折における術後歩行能に影響を与える因子。整形外科 2003; 54: 621-624。
- 対馬栄輝：大腿骨頸部骨折患者における歩行の獲得条件と予後予測。健生病院医報 1995; 21: 38-41。
- 道免和久：リハビリテーションに役立つ予後予測—脳卒中における予後予測—。Journal of Clinical Rehabilitation 1998; 7: 347-356。
- 新村秀一：数理計画法を用いた最適線形判別分析関数(5)—決定木分析との比較—。オペレーションズ・リサーチ 2002; 47: 315-321。
- 衣笠 隆，長崎 浩，伊東 元，橋詰 謙，古名丈人，丸山仁司：男性（18～83歳）を対象にした運動能力の加齢変化の研究。体力科学 1994; 43: 343-351。
- Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, Studenski S: Functional reach: a new clinical measure of balance. *J Gerontol* 1990; 45: M192-197。
- 萩原洋子，山崎裕司，網本 和，三浦直樹，清水直樹，清水弘之ほか：大腿骨頸部骨折患者の歩行能力と膝伸展筋力の関連 ロジスティック解析による検討。理学療法 1998; 25: 82-85。
- 小林 勝，浜田松彦，日高正巳：大腿骨頸部骨折の術後の歩行能力に影響する因子について。リハビリテーション医学 1997; 34: 484-489。
- 山崎裕司，横山仁志，青木詩子，笠原実千代，大森圭貢，平木幸治：膝伸展筋力と歩行自立度の関連—運動器疾患のない高齢患者を対象として。総合リハビリテーション 2002; 30: 61-65。
- 山崎裕司，横山仁志，青木詩子，黒澤保壽，山田純生，青木治人ほか：高齢患者の膝伸展筋力と歩行速度，独歩自立との関連。総合リハビリテーション 1998; 26: 689-692。
- 山崎裕司，長谷川輝美，横山仁志，青木詩子，笠原実千代，大森圭貢ほか：等尺性膝伸展筋力と移動動作の関連—運動器疾患のない高齢患者を対象として—。総合リハビリテーション 2002; 30: 747-752。
- 大森圭貢，山崎裕司，横山仁志，寺尾詩子，平木幸治，笠原西介ほか：道路横断に必要な等尺性膝伸展筋力の目標値—高齢男性患者における検討—。総合リハビリテーション 2005; 33: 1141-1144。
- 森尾裕志，井澤和大，渡辺 敏，大森圭貢，平木幸治，西山昌秀ほか：高齢心大血管疾患患者における下肢筋

力, 前方リーチ距離と歩行自立度との関連について. 心臓リハビリテーション 2007; 12: 113-117.

Decision trees on gait independence in patients with femoral neck fracture

Tomoyuki Arai¹⁾, Shiho Kaneko²⁾ and Hiroaki Fujita¹⁾

Abstract

Purpose: The purpose of this study was to develop a decision-making process to assess the conditions for predicting gait independence in patients with femoral neck fracture.

Methods: A total of 108 patients were divided into 2 groups on the basis of their walking abilities at discharge for an unrelated illness; an independent (n = 55) and dependent group (n = 53). Details regarding age, sex, length of hospital therapy, operative procedures, classification of fracture, past history of stroke and fracture were collected from medical records. Body mass index (BMI), knee extension power, maximum walking speed, functional reach test (FRT) and the mini-mental state examination (MMSE) were measured to evaluate motor ability and cognitive status at discharge. Student's t-test and the chi-squared test were used to test for statistical differences between the 2 groups. On multivariate analysis, classification and regression trees (CART) was used to determine the predictive value of those measures that differed significantly between the 2 groups.

Results: On bivariable analysis, significant differences were found in nearly all variables, except for BMI and length of hospital therapy. As a result of this analysis, the decision tree, which consists of knee extension power, FRT, MMSE and a past history of stroke, was created. CART analyses showed that when knee extension power was >0.34 kgf/kg, the MMSE score was >13.5 ; with no past history of stroke, the rate of independent walking at discharge was 93.8%. In contrast, when knee extension power was ≤ 0.33 kgf/kg, FRT was ≤ 25.5 cm, the MMSE score was ≤ 13.5 , and the rate of dependent walking at discharge was 100%.

Conclusions: Our findings indicate that the decision tree can be helpful in predicting gait independence in patients with femoral neck fracture.

Key words: *Femoral neck fracture, Gait independence, Decision tree*
(Nippon Ronen Igakkai Zasshi 2011; 48: 539-544)

1) Department of Physical Therapy Faculty of Health and Medical Care, Saitama Medical University

2) Kitasato University Kitasato Institute Medical Center Hospital