

靴型荷重測定装置を用いた運動処方への適応

松本 匡裕⁽¹⁾ 若吉 浩二⁽²⁾ 大内 淳平⁽³⁾

1. 緒言

急速に高齢化社会が進むわが国において、高齢化の進行とともに、整形外科領域で扱われる骨折の高齢者が占める割合も増加している。なかでも大腿骨頸部骨折（大腿骨転子部骨折を含む、以下、頸部骨折とする）はほとんどが転倒などの低エネルギーの外傷によって発生する。一般的には頸部骨折は、転倒の際に骨強度より転倒外力が上回ることにより発生するとされており、高齢になると進行する骨粗鬆症による骨の脆弱化の影響を受けやすいため、誰にも発生するリスクは避けられない傷害である。頸部骨折は脆弱性骨折のなかでは特に機能的及び生命的予後が悪く、医療経済や社会的に大きな問題となっている。また、ほとんどの症例が手術的治療を受けており、その成績が予後に大きな影響を与えるため、整形外科医及び理学療法士の役割が重要である。その発生数の全国的調査がなされており、1987年に初めて施行された全国調査では、本疾患の全国の年間発生数は約53,000人であったが、5年後の1992年には約1.5倍の77,000人、1997年は92,400人と増

加傾向にある^{6,7)}。また、ガイドラインでは大腿骨頸部/転子部骨折の将来発生数の予測が示されている。それによれば、2010年には約170,000人、2020年には約220,000人、2030年には約260,000人、2043年には約270,000人と、今後患者数が急増すると推測されている^{5,8)}。（図1）

また、男女比は1：3～5で女性に多発している。日本整形外科学会で行われた全国調査による年齢階層別患者数では、80～84歳が最も多く、80歳代前半が半数を占めている⁹⁾。

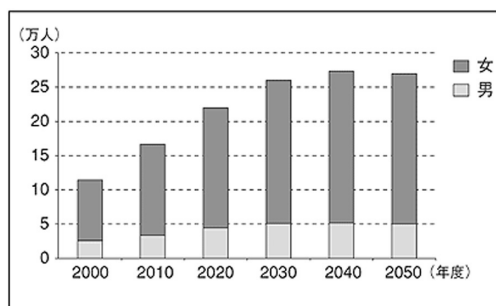


図1 大腿骨頸部骨折推計発生数^{5,8)}

高齢者の骨折の中でも頸部骨折は早期手術・早期離床が原則で、適切な治療がなされないと長期臥床により全身衰弱、老人性痴呆、肺炎などの合併症を起こしやすく、

(1) スポーツ開発・支援センター研修員

(2) びわこ成蹊スポーツ大学

(3) 株式会社イマック

予後不良となりやすい。そのため、早期離床、日常生活復帰のため、ほとんどの症例で手術が適応されている。重篤な全身合併症などで手術不可能な場合や、たとえ手術を行っても立位・歩行の可能性が低い場合以外は、可能な限り早期に手術を行うべきであるとされている^{4,9)}。

術後は早期の荷重によるリハビリテーションが推奨されている。一般的には疼痛がなくなり、患者に意欲があれば術後3～4日で荷重開始も可能であり、治療法によっては術翌日でも荷重開始可能な場合もある⁴⁾。

頸部骨折のリハビリテーションは、一般的に治療の進行や症状によって段階的に筋力、可動域、活動性、荷重率を高めていき、その機能的ゴールは患側脚に全体重を加え、歩行パターンを正常化させ、適切な座位をとるために股関節屈曲90度を獲得することである。

リハビリテーションの段階で患側に適切な荷重を加えることは、早期の日常生活復帰のために必要である。しかしながら、現実では患者はリハビリテーションの段階で患側に荷重を加えることに対し、痛みや不安から恐怖心を抱くことが多い。これにより治療・回復に時間がかかるだけでなく、患部の機能的低下や復帰後のQOLの低下をもたらし、生命的な予後に影響を及ぼす場合も少なくない。

2. 目的

2-1. 現在行われているリハビリテーション

現在、頸部骨折患者への荷重を加えるリハビリテーションではアナログ式体重計を用いた方法が一般的である。患者は医師に処方された荷重を、理学療法士と共にアナログ式体重計を用いて視覚の情報から主観的に覚え、その覚えた荷重範囲で患側に体重をかけ、松葉杖の3点支持でその範囲で歩き、徐々にその荷重率を高めていくといった段階的なりハビリテーションを行っている。しかし、この方法は以下のような2点の欠点がある。1つ目は患者が実際に『歩行』といった動的な動作の中で荷重を覚えるわけではなく、アナログ式体重計の上に乗るといった静的な動作の中で荷重を覚えるため、実際の『歩行』とは大きく異なり、この方法では正しい荷重範囲を覚えることが難しい。2つ目は荷重範囲を覚えた後の荷重歩行のリハビリテーションにおいて、患者自身だけでなく理学療法士も適正な荷重範囲で歩行しているのか分からないという点である。患者自身は痛みへの恐怖心から患側に体重をかけること対して不安を持ち、また一方で、医師は患者が適正な荷重をかけられないことにより、段階的なりハビリテーションを進められず、日常生活への復帰が遅れることに対して不安を持っている。

2-2. 靴型荷重測定装置の紹介

本研究では体重計式リハビリ法の2点の欠点を取り除き、適正な荷重範囲で歩き、段階的で効率的なりハビリテーションを進めていくことができるよう開発された器具、

床反力計測機能付靴型免荷歩行器具（株式会社 イマック社製 以下、靴型床反力計測機とする）（写真1・2）を用いる。靴型床反力計測機には以下のような3つの特徴がある。1つ目は鉛直方向に掛かる荷重負荷を測定でき、その荷重具合により音が変わる。医師が処方するリハビリテーションを効率的に進めていくことができる荷重（以下、適正荷重とする）で歩いていると断続的な電子音が鳴る。また患側に体重を掛け過ぎている（以下、過荷重とする）と連続的な電子音が鳴る。逆に体重を掛けなさすぎる場合（以下、不足荷重とする）は全く音が鳴らない。そのため患者はただ起立状態で体重計を用いて覚える静的な方法ではなく、実際に歩行という動的な動作の中で適正荷重を聴覚的情報により確認することが可能であり、効率的にリハビリテーションを進めていくことができる。2つ目はそれらの免荷荷重を任意の10段階に設定できるといった特徴がある。医師は患者のリハビリテーションの進行状況に合わせた荷重範囲を設定することができ、段階的にリハビリテーションを進めることができる。3つ目は下肢に掛かる全荷重を数値として計測できるといった特徴があり、リアルタイムで荷重値が測定でき安心してリハビリテーションを進めていくことができる。

れまで行われてきた従来のアナログ式体重計を用いたリハビリテーション法と靴型床反力計測機を用いたリハビリテーションの方法ではどちらの方が指定した正しい荷重の範囲（適正荷重）で歩くことができるようになるかを検証し、靴型床反力計測機の可能性について検討することを目的とする。



写真1 靴型床反力計測機足部装着部



写真2 靴型床反力計測機発音器

2-3. 本研究の目的

本研究では主に以下の2つのことを目的とする。1つ目は靴型床反力計測機の計測値の正確性の検証を行うこと。2つ目はこ

3. 研究方法

3-1. 靴型床反力計測機の正確性の検証

1) 被験者

体重の異なる身体的に健康で怪我のない20歳代成人男女3名（A：体重50kg B：75kg C：100kg）とした。

2) 方法

靴型床反力計測機を履きながら、3軸フォースプレート上を弱・中・強の3段階の力で1歩ずつ歩くように指定し被験者に任意の力で3歩歩行し、靴型床反力計測機とフォースプレートの同時測定にて、靴型床反力計測機で測定される値とフォースプレートで測定される鉛直方向の値の相関から靴型床反力計測機の正確性を検証する。

3-2. 2種類のリハビリテーション方法の比較

1) 被験者

身体的に健康で怪我のないB大学学生の男女計12名（21.4歳±1.98）とI株式会社40歳代以上の男性計11名（53.9歳±10.15）合計23名（37歳±17.97）とした。

各被験者のデータは以下の通りである。（表1）

	No.	年齢	性別	身長(cm)	体重(kg)	利き足
若年層群	1	25	男	165	52	右
	2	21	男	171	61	右
	3	21	男	173	62	右
	4	22	男	176	80	右
	5	22	男	176	72	右
	6	25	男	175	67	右
	7	22	男	169	70	右
	8	21	女	156	46	右
	9	21	男	165	65	右
	10	18	男	177	75	右
	11	19	男	171	60	右
	12	21	女	152	47	右
中高年層群	13	65	男	172	58	右
	14	55	男	158	65	左
	15	52	男	173	84	左
	16	62	男	172	58	右
	17	40	男	172	70	右
	18	66	男	158	55	右
	19	42	男	172	82	右
	20	52	男	178	89	右
	21	43	男	173	83	右
	22	48	男	172	60	右
	23	68	男	165	56	右

表1 各被験者データ

2) 方法

今回の実験では全被験者に対し、右足を患側とし実験を行った。実験の前に松葉杖を用いた免荷歩行の練習を任意に行わせ、念のため靴型床反力計測機が何kgから断続音（適正荷重）が鳴り始めて、何kgから連続音（過荷重）が鳴り始めるか確認を行う。また今回は体重70kg以下の者は靴型床反力計測機設定を0レベル（適正体重約18～30kg±2）にて、体重70kg以上の者は1レベル（適正体重約35～50kg±3）にて測定を行った。

①先ほど確認した靴型床反力計測機が反応する荷重範囲をアナログ式体重計（HA851 TANITA社製）（写真3）を用いて5分間で主観的に覚えてもらい、そ

の後その主観的に覚えた感覚で100歩松葉杖を用いた免荷歩行テストを行う。

②靴型床反力計測機の音が出る機能を用いて、実際に音を出しその音を頼りに5分間適正荷重の感覚を覚えてもらい、その後その覚えた感覚で靴型床反力計測機の音を消し、100歩松葉杖を用いた免荷歩行を行う。



写真3 HA851 TANITA社

尚、これらの測定には靴型床反力計測機に測定記録装置（HIOKI8430 MEMORY HiLOGGER オリックス・レンテック社製）を取り付け、歩行中の記録を取る。それらの測定記録は以下のような図として表した。（図2）

①と②の100歩の歩行テストから患側脚（右）の立脚期の内、どちらの方が指定した範囲（適正荷重）に近い値を出しているかをExcelソフトにて表示し数値化させ分析する。

各荷重項目値は以下のようにして数値化を行うものとする。

- ・過荷重率 = 超過荷重総数 / 患側立脚期総数
- ・適正荷重率 = (超過適正荷重総数 - 超過荷重総数) / 患側立脚期総数
- ・不足荷重率 = 1 - (過荷重率 + 適正荷重率)

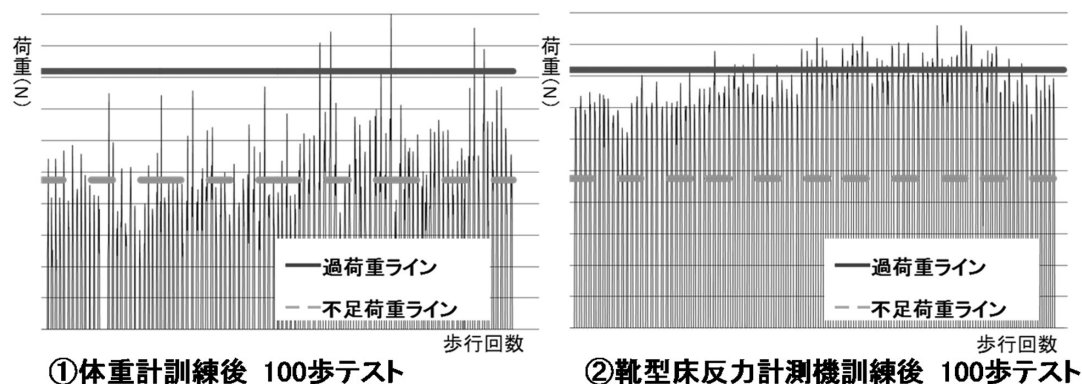


図2 100歩テストの測定結果（個人例）

4. 結果

4-1. 靴型床反力計測機の正確性の検証

フォースプレートと靴型床反力計測機との互換性は以下ようになった。(図3)

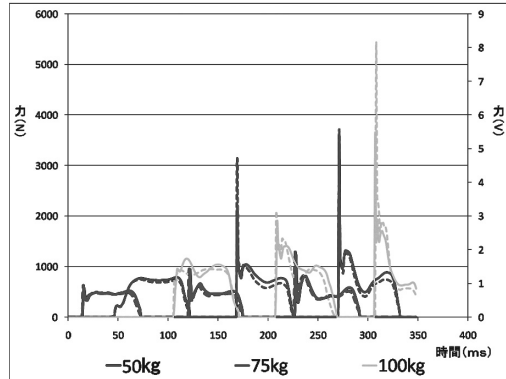


図3 フォースプレートと靴型床反力計測機の互換性

また、フォースプレートと靴型床反力計測機との相関関係は以下ようになった。

(表2)

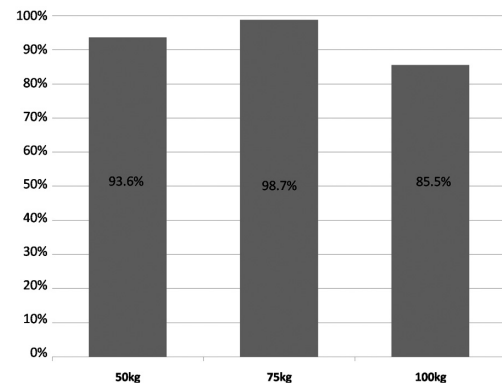


表2 フォースプレートと靴型床反力計測機との相関関係

4-2. 2種類のリハビリテーション方法の比較

全体の平均の結果は以下ようになった。(図4)

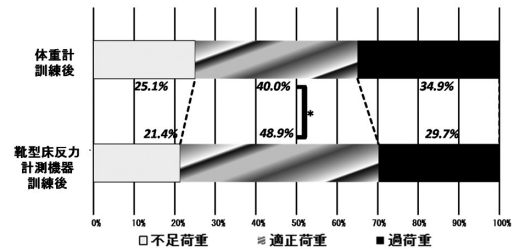


図4 100歩テスト全体平均荷重率の推移 ($p < 0.05^*$)

全体の平均を見ると、体重計による訓練に比べ靴型床反力計測機での訓練では、その後の適正荷重率に5%水準で有意な正の変化が認められた。また、不足荷重率と過荷重率についても有意な差はでなかったが、明らかな低下が認められた。

次に20歳代 (21.4歳 ± 1.98) の被験者と40歳代以上 (53.9歳 ± 10.15) の被験者の結果の違いを以下に記す。(図5・6)

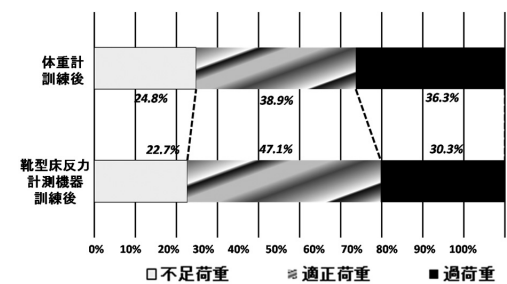


図5 20歳代の被験者の結果の平均

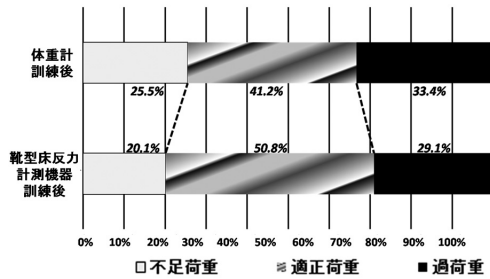


図6 40代以上の被験者の結果の平均

20歳代の被験者と40歳代以上の被験者の適正荷重率の変化を見ても有意な差は認められなかった。

5. 考察

様々な体重の被験者で靴型床反力計測機とフォースプレートとの同時測定の結果、靴型床反力計測機とフォースプレートとの相関性は非常に高かった。この結果から靴型床反力計測機は荷重計測を評価する上で信頼性が高いことが示唆される。この機材は計測の正確性だけでなく、フォースプレートに比べて手軽に持ち運ぶことが可能であり、今後は携帯型荷重測定器としてスポーツの現場においてアスリートの日々のコンディション調整の機材として応用・活用できるのではないかと考えることができる。

また、リハビリテーション法においても、靴型床反力計測機を用いたリハビリテーション法の方が、従来のアナログ式体重計を用いた方法に比べ、明らかな有効性と効率性を示すことができた。やはり、靴型床反力計測機を用いて信号音を聞きながら適性荷重を覚える方が、従来の体重計を用いて視覚的に覚える方法に比べ、実際の歩行動

作中に覚えることができるので適正荷重率が顕著に向上したと考えられる。

また、リハビリテーション法による年齢差がみられなかったことから、実際に頸部骨折を起こす年齢が多い70歳代以上の患者にも靴型床反力計測機は有効に働くのではないかと考えることができる。

今回行った100歩テストの適正荷重値の測定結果の全体平均は、体重計訓練後の結果が40.0%、靴型床反力計測機訓練後は48.9%であった。つまり靴型床反力計測機を用いたリハビリテーション法の方が約1.2倍の効率性があると考えられる。もし、本当に1.2倍の効率性があり、全ての頸部骨折の患者に靴型床反力計測機を用いたリハビリテーションを行うとするならば、リハビリテーションに2ヵ月間（60日）を要するはずだった患者は50日に短縮でき、これまで頸部骨折で入院していた患者の数は5/6にすることができる。そのことから約17.7%の医療費削減に繋がると考察でき、日本の医療問題を救う一手となる可能性が示唆された。

6. 今後の課題

今回の実験では、確かに靴型床反力計測機を用いたリハビリテーション法で、従来の体重計を用いたリハビリテーション法に比べ有効性が高いことが示された。しかし、今回の被験者23名は大腿骨頸部骨折後のリハビリテーション実施中を想定の下で実験を行ったが実際は怪我のない健康体であり、また、実際の医療現場よりも若い年齢層で

実験を行っている。今後、靴型床反力計測機を医療現場で実用するためには、大腿骨頸部骨折の発生件数が多い80歳代前後の年齢層を被験者とすること、また実際に大腿骨頸部骨折をしている患者に対して靴型床反力計測機を用いてリハビリテーションを実施し、その有用性を示す必要がある。

7. まとめ

靴型床反力計測機は非常に正確な機材であり、これを用いた新たなリハビリテーションは適正荷重率が高まり、過荷重率が低下するため安全性が高く、現場で効率的なリハビリテーションができる可能性が示唆された。

参考文献

- 1) 健康日本21：<http://www.kenkounippon21.gr.jp/>
- 2) 骨粗しょう症ホームページ／骨粗しょう症コラム
http://www.iihone.jp/column/column20080305/column_6.html
- 3) 厚生労働省：国民生活基礎調査：<http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/20-19.html>
- 4) 高齢者の整形外科<NEW BOOK 整形外科No.16> ISBN4-307-62689-
- 5) Minds 医療情報サービス：<http://minds.jcqh.or.jp/index.aspx>
- 6) 折茂肇，細田裕，白木正孝，ほか：大腿骨頸部骨折全国頻度調査報告．日本医事新報，3420；43_45，1989.
- 7) 折茂肇，橋本勉，白木正孝，ほか：大腿骨頸部骨折全国頻度調査—1992年における新発生患者数の推定と5年間の推移．日本医事新報，3707；27-30，1995
- 8) Richbone：<http://www.richbone.com/index.htm>
- 9) 最新整形外科学大系 高齢者の運動器疾患 ISBN978-4-521-72421-8