

関節牽引が筋力増強運動に及ぼす影響

The influence of joint traction on muscle strengthening exercises

久保下 亮 宮原 洋八

RYO KUBOSHITA , HIROYA MIYABARA

関節牽引が筋力増強運動に及ぼす影響

The influence of joint traction on muscle strengthening exercises

久保下 亮¹⁾ 宮原 洋八²⁾

RYO KUBOSHITA¹⁾, HIROYA MIYABARA²⁾

要旨：本研究は，膝伸展筋の等尺性筋収縮に加え，下腿の牽引を行い，脛骨大腿関節への負担を減少させ筋力増強運動を行うことにより，通常行われている等尺性筋収縮での膝伸展筋の筋力増強運動効果と，どの程度の差が生じるのかを検証する目的で行った。対象は健常学生35名（男性15名，女性20名）で，平均年齢23.7±4.1歳である。方法は膝関節屈曲45°で，最大等尺性収縮にて膝伸展筋筋力増強運動を牽引群と非牽引群とに分けて4週間実施した。筋力値の結果から見ると牽引群は非牽引群の約10%の減少で済んだ。また，牽引群の筋力増加率は非牽引群の36%の減少で済んだ。関節保護を行っての筋力増強運動という条件設定の難しさ，それと共に，膝伸展筋筋力増強は若干の効果が減少するものの下腿牽引下でも成し得られることも分かった。

Abstract: Isometric muscle contraction of the knee extensors is usually performed as an exercise for strengthening extensor muscles. This study aimed at verifying the effectiveness in muscle strengthening of traction applied to the lower leg, in addition to said muscle-strengthening exercise, for the purpose of reducing the load on the tibiofemoral joint. The subjects were 35 healthy students (15 males, 20 females). The median age was 23.7 ± 4.1 years. The subjects were divided into a traction group and no-traction control group. In the four-week test, the subjects performed an exercise for strengthening the knee extensors by using the maximum isometric muscle contraction of the knee at 45 degrees of flexion. The test showed that isometric muscle contraction alone was more effective in strengthening the muscle than isometric muscle contraction plus traction. However, the difference between the traction group and the control group was only 10% in terms of muscle strength and 36% in terms of the increase rate of muscle strength. While this result suggests the difficulty in setting optimum conditions for muscle-strengthening exercises that ensure protection of the tibiofemoral joint, it can be concluded that traction applied to the lower leg that helps to reduce the strain on the tibiofemoral joint is useful in strengthening the knee extensor muscles when used in combination with isometric muscle contraction, although use of isometric muscle contraction alone is slightly more effective.

Key words: 膝伸展筋筋力増強運動 (knee-extension muscle-strengthening exercise), 下腿牽引 (leg traction), 関節保護 (joint protection)

I . はじめに

理学療法士が運動療法として筋力増強運動を用いることは多い。筋力増強運動は諸家により様々な方法を

用いて，その効果が報告されている。

種々の膝関節疾患は疼痛を訴えることが多く，膝伸展筋筋力が低下し，支持性が失われることによって疼

受付日：平成23年9月10日，採択日：平成23年11月1日

1) 福岡医療専門学校 理学療法科

Department of Physical Therapy, Fukuoka College of Medical Technology

2) 西九州大学 リハビリテーション学部

Faculty of Rehabilitation Sciences, Nishikyushu University

痛が増悪するという悪循環も生じる。この悪循環を断つためにも膝伸展筋の筋力増強運動は重要視されている(丸山1980)。しかし、膝伸展筋の筋力増強運動により脛骨大腿関節に与える関節間力は増加しているとの報告もあり、この関節間力は多様な筋収縮様式による評価がなされている。この関節間力は、力の大きさや圧迫される部位により痛みが出現することも問題である。よって、関節にストレスをかけずに筋力トレーニングを行うには脛骨大腿関節と膝蓋大腿関節にかかる関節間力がどのような因子により変化するかを知ることが重要である(市橋2001)。石川ら(1992)や鈴木ら(1976)は、膝伸展筋筋力増強運動の効果について、膝関節の支持性と運動性の保持のためには膝伸展筋筋力増強運動が最も重要で効果的であると述べている。一方、井上(2004)によると変形性股関節症の進行期や末期股関節症に対して、筋力増強運動を行うことは関節症をかえって進行させると述べている。このことは変形性股関節症のみならず、変形性関節症のすべてに適用できる見解ではないかと考える。さらに、元田ら(2001)は筋力の強化が股関節の安定性を増し、軟骨に対するストレスを減少する反面、訓練により過度のストレスを関節に加えることは関節症の進行を早めることになると述べている。膝伸展運動時と同じく、脛骨大腿関節の関節間力は膝伸展筋の筋活動に依存している割合が大きいと考えられるのではないだろうか。しかし、この関節に与える関節間力を考慮に入れた筋力増強運動の報告は極めて少ないのが現状である。

そこで本研究では、膝伸展筋の等尺性収縮に加え、下腿牽引を行うことにより脛骨大腿関節面への剪断力や関節間力を少なくすることで、脛骨大腿関節への負担を減少させた筋力増強運動を行うことにより、通常行われている等尺性収縮での膝伸展筋の筋力増強運動の効果と、どの程度の差が生じるのかを検証した。

II. 方法

1) 対象

対象は本研究の趣旨を十分説明した後、紙面にて同意を得られたボランティアで膝関節に既往がなく、日頃スポーツ活動を行っていない健常学生35名(男性15名、女性20名)とした。平均年齢 23.7 ± 4.1 歳、平均体重 57.4 ± 11.0 kgである。被験者は、くじ引きによりランダムに下腿を牽引する群(Traction群: T群)と下腿を牽引しない群(Normal群: N群)に振り分けた。T群は男性9名、女性9名、年齢 23.9 ± 3.9 歳、

体重 57.6 ± 11.9 kgであった。N群は男性6名、女性11名、年齢 23.4 ± 4.3 歳、体重 57.3 ± 9.9 kgであった。

2) 筋力測定

筋力測定はT群、N群ともにBIODEX-SYSTEM 3を用い、膝関節屈曲 45° での最大等尺性膝伸展筋力を測定した。収縮時間5秒、休息时间20秒を1セットとして5セットを施行した。筋力値は収縮時間5秒のうち、収縮開始後1秒から3秒後までの平均値を算出し、5セット中の最高値を最大等尺性膝伸展筋力とした。測定肢位は股関節屈曲 90° 、膝関節屈曲 45° で大腿固定ベルトにてシートに固定し、両上肢は胸の前にて組ませた。筋力測定を行った下肢は利き脚(蹴り脚)とした。筋力測定は、初期測定(筋力増強開始前)から2週毎に、中間期測定(2週後)、最終期測定(4週後)の3回行った。計測から得られた値について、筋力の初期から中間期へ(以下、N群 = a, T群 = Aとする)、中間期から最終期へ(以下、N群 = b, T群 = Bとする)、初期から最終期へ(以下、N群 = c, T群 = Cとする)の増加率を算出した。その他、初期測定、中間期測定、最終期測定の3回で得られた筋力を相対的数値へと置き換えるために、最大膝伸展筋力(kg)を体重(kg)で割る体重支持指数(Weight Bearing Index; WBIと略する)へと変換した。

3) 筋力増強運動

筋力増強運動の方法は、N群では下肢を台の上に置き、大腿遠位部と下腿遠位部を固定用ベルトにて台に固定し、両上肢は胸の前にて組ませた。膝伸展筋群の最大等尺性収縮を5秒間行い、休息时间20秒を1セットとした。1日5セットを週5日、4週間実施した。

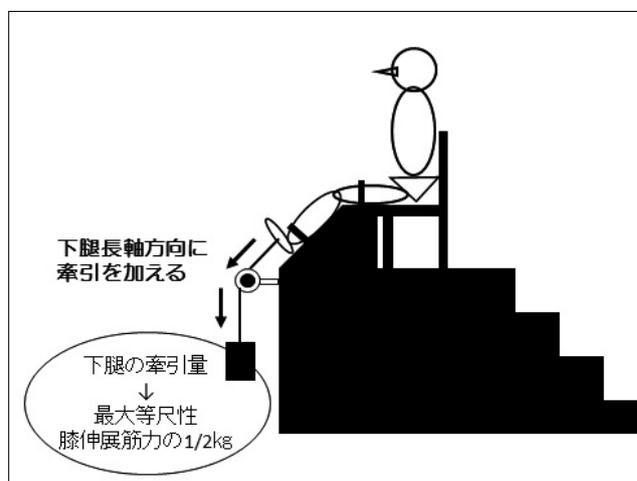


図1 T群の筋力増強運動方法

なお、筋収縮の ON / OFF は検者が指示を行う。

T 群は図 1 のように測定肢位は N 群と同様に下肢を台の上に置き、大腿遠位部と下腿遠位部を固定用ベルトにて台に固定し、両上肢は胸の前にて組ませた。下腿を長軸方向に牽引するため、下腿部にホギメディカル社製バック牽引白を装着し、滑車を介して砂袋にて牽引を加えた。この状態で N 群と同様の方法で筋力増強運動を施行した。筋力増強運動を行う際の下肢は利き脚（蹴り脚）とした。牽引量は、まず最大等尺性膝伸展筋筋力の 25%、50%、75%、100% 程度の牽引量を筋力増強運動施行肢位で下腿に加え、脛骨大腿関節の痛みおよび違和感等の有無を T 群全員より聴取した。その結果、50% 以下の牽引量にて肯定的な反応を示したことから、下腿牽引量は最大等尺性膝伸展筋力の 1 / 2 に相当する kg 重とした。

4) 統計処理

N 群と T 群の膝伸展筋力及び膝伸展筋力の増加率の初期と中間期、最終期を二元配置分散分析反復測定と多重比較検定 (Tukey 法) で比較検討した。また、N 群と T 群の WBI についても各測定期を二元配置分散分析反復測定と多重比較検定 (Tukey 法) で比較検討した。統計的処理の有意水準はいずれも 5% とした。統計解析には SPSS version 16.0 J を使用した。

Ⅲ. 結果

1) 膝伸展筋筋力

膝伸展筋筋力の測定は、初期、中間期 (2 週後) 及び最終期 (4 週後) の 3 回行った。N 群は初期 538.3 ± 215.3 N、中間期 592.8 ± 221.8 N、最終期 645.8 ± 227.0 N であった。T 群は初期 521.4 ± 178.6 N、中間期 560.3 ± 181.4 N、最終期 587.2 ± 186.0 N であった。N 群と T 群ともに各々の 3 回の測定期間に有意差は認められなかった。また、T 群の筋力は最終期において、N 群よりも 10% の低値であった (表 1)。

表 1 膝伸展筋筋力

| | 初期 | 中間期 | 最終期 |
|-----|---------------|---------------|---------------|
| N 群 | 538.3 ± 215.3 | 592.8 ± 221.8 | 645.8 ± 227.0 |
| T 群 | 521.4 ± 178.6 | 560.3 ± 181.4 | 587.2 ± 186.0 |

単位: N
mean ± SD

2) 膝伸展筋筋力の増加率

N 群の各々の平均は a 11.8 ± 9.2%, b 10.6 ± 8.3%, c 24.0 ± 18.0% であった。T 群の平均は A 9.4 ± 8.0%,

B 5.2 ± 3.5%, C 15.4 ± 10.2% であった。N 群では a c 間と b c 間において、T 群では A C 間と B C 間においてそれぞれ有意な差を認めた (p < 0.05)。N 群の a b 間と T 群の A B 間においては有意差が認められなかった。また、T 群の筋力の増加率は初期時から最終時にかけて、N 群よりも 36% の低値であった (表 2)。

表 2 膝伸展筋筋力増加率

| | 初期 | 中間期 | 最終期 | 初期 | 最終期 |
|-----|---------------|----------------|-----------------|----|-----|
| N 群 | a: 11.8 ± 9.2 | b: 10.6 ± 8.3* | c: 24.0 ± 18.0* | | |
| T 群 | A: 9.4 ± 8.0 | B: 5.2 ± 3.5* | C: 15.4 ± 10.2* | | |

単位: %
mean ± SD
*: p < 0.05

3) 体重支持指数 (WBI)

今回の計測値より算出された WBI は、N 群は初期 0.93 ± 0.26、中間期 1.03 ± 0.27、最終期 1.12 ± 0.27 であった。T 群は初期 0.91 ± 0.18、中間期 0.97 ± 0.14、最終期 1.02 ± 0.14 であった。N 群、T 群ともに初期と最終期において、それぞれ有意な差を認めた (p < 0.05)。N 群、T 群ともに初期から中間期と中間期から最終期において有意差は認められなかった (表 3)。

表 3 体重支持指数 (WBI)

| | 初期 | 中間期 | 最終期 |
|-----|-------------|-------------|--------------|
| N 群 | 0.93 ± 0.26 | 1.03 ± 0.27 | 1.12 ± 0.27* |
| T 群 | 0.91 ± 0.18 | 0.97 ± 0.14 | 1.02 ± 0.14* |

mean ± SD
*: p < 0.05

Ⅳ. 考察

今回、膝関節疾患の運動療法として、脛骨大腿関節を保護しつつ筋力増強運動が実施できないかと考え、下腿を長軸方向へ牽引し、脛骨大腿関節に加わる関節間力を軽減した状態での最大等尺性膝伸展運動の筋力増強効果を検討した。今回得られた結果より、筋力は初期から最終にかけて N 群で 24.0 ± 18.0%、T 群で 15.4 ± 10.2% の増加したことが確認され、ともに筋力増強の効果を認めた。T 群と N 群を比較してみると、T 群の筋力増加率は初期から最終期にかけて N 群の約 36% の低値であった。Laycoe ら (1971) によると、健常者を対象とした等尺性膝伸展筋力トレーニングを週 3 日間で 6 週間行った結果 17.4% (p < 0.01) の筋力増加を認めたと報告している。下腿牽引下での筋力増強運動は、先行研究や N 群と比較しても、T 群の値は遜色のない結果であると思われる。

筋力増強運動の原則の中に特異性の原則がある。身体の細胞は、特定の刺激に対して特定の反応を起こし、適応が起こって変化するということから、目的とするトレーニング効果を得るためにはその特異性を考慮したプログラムデザインを実施する必要がある（有賀，2004）。

Svendson（1982）によると大腿四頭筋の随意的な等尺性最大収縮を行わせ、外側広筋から積分筋電図導入した結果、0ポンド牽引時の筋電図の平均振幅は360 μ Vであったが10ポンド牽引では370 μ V、20ポンドでは410 μ Vとなり膝の牽引によって外側広筋の促進効果が見られたと報告している。また、黒澤ら（1996）によると脛骨大腿関節に牽引荷重を加えた際の反応時間測定を行った結果では、0 kgに比べ、5 kgでの牽引時における大腿直筋の筋活動開始までの潜時が短くなったとしている。下腿への加えた牽引量が5 kgと適度な強さであったことより、筋への反応時間は短縮できたと考えられる。また、5 kgの牽引量では、関節に牽引が加わることにより入力系である固有感覚情報の上位中枢に対する促進効果が増加し、運動の開始を促進すると推測される（黒澤，1990）。今回、牽引量を増やした理由として、関節保護や関節内圧の減少を考えると関節間力を極力減少させる目的があったため、おのずと牽引量を増加させることになった。福井ら（1988）は下腿の自重のみで膝関節屈曲45°静止保持

単純に膝伸展トルクから脛骨大腿関節にかかる関節間力を算出すると大きな力が関節間力として加わっていることになる。最大等尺性筋力増強運動や関節保護を目的とした関節間力の減少等を考えると、今回、下腿に加えた牽引量（最大等尺性膝伸展筋力の1/2 kg）は適度だったと考える。

WBIは、大腿四頭筋の随意性最大筋力を体重当たりの筋力で表し、運動機能を評価する上で極めて有用であることが、運動生理学、スポーツ医学において明らかにされている。WBIと下肢の運動機能には明確な相関関係があると報告されており、その他、年齢や性別といった個人的な因子に全く左右されないという優れた特徴を持っていると報告されている（山本，2001）。得られた数値の判断基準としては表4のようにまとめている（村山，1989）。今回は、筋力増強運動開始時に被験者全員が0.8~1.0と平均値を示した。最終期にはN群で1.12 \pm 0.27、T群で1.02 \pm 0.14へと増加したことから、下肢の機能向上を示している。よって、下腿牽引下での筋力増強運動でも十分に筋力増強に貢献することが示唆される。

今後の課題としては、関節保護を目的として脛骨大腿関節に加える牽引量の適量や運動様式の違いによる効果はどうか。また、臨床応用する際の方法論は如何にするのか。さらには、膝関節疾患の患者や高齢者への応用はどうか。また、運動効果はどの程

表4 WBIの評価

| | |
|-------------|---|
| WBI 0.4未満 | 平地歩行が出来る最低限の筋力。0.4未満では歩行に杖などの補助が必要。 |
| WBI 0.4~0.6 | 歩くことは出来るが日常生活動作が困難で痛みを伴う。 |
| WBI 0.6~0.8 | 立ったり、座ったり、軽く走ったり、階段を上り下りすることに支障はない。しかし疲れやすく、スポーツでは思い切った動作が出来ない上、筋肉痛を伴う。 |
| WBI 0.8~1.0 | 家庭生活を越えて、生活活動やレクリエーションスポーツをこなせる。翌日の活動にも支障はない。ただ、肉体的、精神的疲労が気になり、不安感に悩まされがちである。 |
| WBI 1.0~1.2 | 健康不安がほとんどなく、あらゆる活動に積極的に参加できる。 |
| WBI 1.2以上 | 競技スポーツの選手やトップクラスのスポーツ選手レベル。 |

（村山，1989）

時では脛骨大腿関節に加わる関節間力は100N（身長175cm，体重80kg）であると報告している。よって、

度あるのかなどが考えられる。

V. 結 語

今回の研究では、膝伸展筋筋力増強運動が下腿を牽引するか否かでの効果にどのような差が生じるのかを検討した。健常者を対象として、下腿を牽引し脛骨大腿関節関節腔を拡大し、関節間力を軽減させた群と牽引を行わない群とに分け、膝伸展筋の筋力増強運動に

よる筋力の変化を比較した。結果、T群の筋力増加率は初期時から最終時にかけてN群の約36%の低値であった。膝関節に問題を有する患者には関節の関節間力を軽減した状態で運動を実施することが望ましいため、臨床応用をどのような方法で行うのか考案する必要があると考えた。

引用文献

- 有賀雅史 (2004) レジスタンストレーニングのプログラミング, ストレングス&コンディショニング I, NCSA ジャパン (編). 東京, 大修館書店, 100-107.
- Cole KJ et al (1996) The sensitivity of joint afferents to knee translation, *Sportverl Sportschad* 10:27-31.
- 福井 勉, ら (1988) 脛骨大腿関節のバイオメカニクス, *理学療法学* 15(3): 231-2.
- 市橋則明, ら (2001) 変形性脛骨大腿関節症に対する筋力トレーニングの再考, *理学療法学*, 28(3): 76-81.
- 井原秀俊 (2002) 膝の危機管理機構, 考える膝. 東京, 全日本病院出版会, 1-10.
- 井上明生 (2004) 変形性股関節症の治療における常識の嘘, 骨・関節・靭帯, 17(9): 967-970.
- 石川徹也, ら (1992) 変形性脛骨大腿関節症に対する大腿四頭筋訓練の効果 - 1年以上経過例についての検討 -, *関節外科*, 11(10): 1273-1277.
- Johansson H et al, 1991, A sensory role for the cruciate ligaments, *Clin Orthop*, 268:161-178.
- 黒澤和生と丸山仁司 (1990) 関節牽引が反応時間に与える影響, *運動生理*, 5(2): 91-94.
- Laycoe RR & Marteniuk RG (1971) Learning and tension as factors in static strength gain produced by static and eccentric training, *Quart* 42:299-306.
- 丸山俊章, ら (1980) 変形性脛骨大腿関節症における大腿四頭筋訓練について, *昭和医学会雑誌*, 40(1): 93-95.
- 元田英一, ら (2001) 筋骨格システムのコンピューターモデルとその股関節疾患に対する応用, *Hip Joint*, 27: 198-203.
- 村山正博 (1989) スポーツのためのメディカルチェック. 東京, 南江堂, 72-73.
- 白星伸一 (2003) 深部感覚情報の処理過程 1 - 関節周囲受容器からの情報処理 -, *臨床理学療法研究会*: 27-30.
- 鈴木洋子, ら (1976) 変形性脛骨大腿関節症の大腿四頭筋訓練方法 - 三方法の比較 -, *臨床理学療法*, 2(3): 56-62.
- Svendsen DA et al (1983) Facilitation of the isometric maximum voluntary contraction with traction. A test of PNF predictions, *Am J Phys* 62:27-37.
- 山本利春 (2001) 体重支持力の評価, 測定と評価. 東京, ブックハウス HD: 92-95.