骨関節疾患とリハビリテーション**

高澤 俊治*
SHUNJI TAKAZAWA

当教室で行った臨床研究のうち、変形性膝関節症に対する運動療法と膝前十字靭帯再建術後の血流制限下（加圧）筋力訓練について紹介する。

昨今のいちじるしい高齢化に伴い、加齢により生じる種々の骨・関節の退行性疾患も増加している。その代表として変形性関節症（OA）があり、膝に起こる変形性膝関節症（膝OA）は特に多く見られる。一般的には環境因子と先天性素因が関与するといわれており、環境因子としては、加齢（50歳以上）・女性・体型（肥満）などの関与が示唆される。症状としては、疼痛・可動域制限・O脚変形などが認められる。膝OAの治療法としては1）薬物療法、2）理学（物理）療法、3）運動療法、4）サポーター・杖などによる装具療法、5）手術療法、6）健康補助食品（サプリメント）による治療法がある。

なかでも運動療法は伝統的に行われている方法で、誰でも自宅において簡単に行えるだけでなく、痛み止めの内服や注射に匹敵もしくはそれ以上の効果が認められる。

当教室では変形性膝関節症で来院した患者さんに対して、各種運動療法を行ってもらいその効果判定をしたが、いずれの群においても痛みなどの自覚症状・関節水腫・活動レベルなどにおいて効果を認め、運動療法継続中の関節内注射は一切使用せず、痛み止めの内服も最小限であった。血流制限下低強度筋力訓練（一般には加圧トレーニングとして広く行われている）は適切な方法で四肢の血流を制限することにより、低強度の筋力訓練でも高強度の訓練と同等の筋肥大を導く方法として知られている。この方法を膝前十字靭帯再建術後早期のリハビリに導入し良好な成績を取めた。

この方法はメカニズムや循環系への影響などまだ解明されていない部分も多いが、今後さまざまな分野での筋力強化方法として期待される方法である。

キーワード：変形性膝関節症、ホームエクササイズ、運動療法、膝前十字靭帯再建術、加圧トレーニング

はじめに

骨関節疾患に対するリハビリテーションと言うと、怪我や疾病、手術などにより低下した機能からの回復・社会復帰のためのリハビリテーション

と考えがちになる。もちろん、それらも重要であるが、最近では予防のためのリハビリテーション（運動療法）が注目され、特に高齢者に対するパワーリハビリなるものも出現してきた。

今回のテーマは、われわれが順天堂大学整形外科で行っている臨床研究のうち、

1. 変形性膝関節症に対するホームエクササイズとしての運動療法の有用性。
2. 膝前十字靭帯再建術後の血流制限下（加圧）

* 順天堂大学医学部整形外科リハビリテーション室

** 第15回都民公開講座〔Feb. 19, 2005 開催〕

〔Mar. 7, 2005 原稿受領〕

筋力訓練の有用性。
の、2点について紹介する。

1. 変形性膝関節症に対する運動療法

65歳以上の高齢者が7%を超えた社会を高齡化社会、14%を超えると高齡社会、25%を超えると超高齡社会と呼ぶが、日本においても1970年代後半より高齢者の割合が7%を超え、昨年（2003年）には19%に達した（高齡社会）。これは5人に1人が高齢者であることを意味しており、今後2020年には26.9%（超高齡社会）、2030年には28.0%と増加することが予測される。（図-1）

この社会のいちじるしい高齡化に伴い、加齢により生じる種々の骨・関節の退行性疾患も増加してくる。その代表として変形性関節症（OA）があり、その中でも膝に起こる変形性膝関節症（膝OA）は特に多く見られる。膝OAは中高年の生活活動・労働・スポーツを障害する因子の一つである。日本での患者数の推計は50万人以上といわれ、欧米でも60歳以上の63～85%が何らかの症状を有していると言われている。

成因と分類

OAは原因不明の一次性（本態性）OAと原因疾患を有する二次性OAとに分けられるが、そのほとんどが一次性（本態性）OAであり、原因についてはまだ十分に解明されておらず不明な部分

図-1 主要国の65歳以上の人口割合

総務省統計局『国勢調査報告』および国立社会保・人口問題研究所『日本の将来推計人口』より

が多い。一般的には環境因子と先天性素因が関与するといわれており、環境因子としては、全身的因子として加齢（50歳以上）・性ホルモンの影響（女性）・体型（肥満）・筋力が、局所的因子として職業・小外傷などにより関節に加わる機械的刺激の関与が示唆されている。膝関節には歩行時には体重の約4倍の荷重がかかり、しゃがむ動作では約10倍、ランニングでは約16倍の荷重がかかるが、膝OAのリスクファクターになる職業は単なる過使用や重量負荷でなく、体育教師では一般人に比べ膝OAの発生率に差がなく¹⁾一方、鉱山夫²⁾のように、繰り返しのしゃがみこみや膝まづき、階段昇降の多い職業に多かったと言われている³⁾。二次性OAの原因としては、1) 外傷（骨折、靱帯・半月板損傷）、2) 関節炎（慢性関節リウマチ、感染など）、3) 代謝性疾患（痛風、アルカプトン尿症など）、4) 慢性関節疾患（血友病）、5) 先天性骨関節疾患（多発性骨端異形成症、骨Paget病、モルキオ病など）、6) 膝関節以外の原因による下肢アライメント異常などがあげられる。

症 状

症状としては、1) 疼痛（こわばり）、2) 可動域制限、3) ADL（日常生活動作）の障害、4) O脚変形などが認められる。疼痛には自発痛、夜間痛、階段昇降時痛などあるが、疼痛の発現機序としては軟骨には血管、神経終末の分布がないことから、軟骨変性（磨耗）による痛みの発生は考えにくく、滑膜や関節包への刺激（骨棘による圧迫や変性した軟骨による摩擦）、靱帯・腱の異常緊張、筋の反応性緊張などがその原因であると考えられている。そのため、変形性膝関節症では荷重や動作開始時に痛みが発現する特徴がある。

画像所見

レントゲン所見としては、1) 骨棘形成膝、2) 軟骨下骨骨硬化、3) 関節裂隙狭小化（軟骨層）、

4) 骨磨耗・破壊, 5) 亜脱臼などである。

運動療法⁵⁾

治 療 法

OAの原因は未知であるため、原因に対する治療はなく、また、関節軟骨には再生能力がない(もしくはほとんどない)ため、それを再生する治療法もない。現在行われている治療法の多くは、症状に対する対症療法である。大別すると、1) 薬物療法, 2) 理学(物理)療法, 3) 運動療法, 4) 装具療法, 5) 手術療法, 6) 健康補助所食品, 7) その他による治療法がある。

1) 薬物療法

NSAIDs(消炎・鎮痛剤)の内服・座薬・湿布・軟膏などと、ヒアルロン酸・局所麻酔薬・ステロイドなどによる関節内注射がある。

2) 理学(物理)療法

温熱療法・冷却療法・電気治療(超音波・低周波・レーザーなど)などがあり、これらは疼痛閾値を上げ、末梢血管を拡張し症状を緩和させる。

3) 運動療法

筋力訓練・荷重(歩行)訓練・ストレッチ

4) 装具療法

足底板・各種ブレース・サポーター・杖

5) 外科的治療法(手術療法)

滑膜切除・矯正骨切り術・人工膝関節置換術・関節鏡視下手術

6) 健康補助食品(サプリメント)

グルコサミン・コンドロイチン硫酸・コラーゲン・ヒアルロン酸・猫の爪・鯨の軟骨

7) その他

減量・鍼灸・マッサージ・カイロプラクティック

なかでも運動療法は伝統的に行われている方法で、誰でも自宅において簡単に行えるだけでなく、痛み止めの内服や注射に匹敵もしくはそれ以上の効果が認められる。

1) 等尺性運動-関節を動かさないため痛みが出にくい。

a) 下肢挙上訓練(SLR)(図-2)

仰臥位で踵を床から約10cm上げ保持する。慣れたら足関節に重り(1~2kg)をつける。5~10秒/1回, 10~20回/1セット 1~2セット/1日

b) 股関節外転訓練(図-3)

側臥位で足を床から約10cm上げ保持する。慣れたら足関節に重り(1~2kg)をつける。5~10秒/1回, 10~20回/1セット 1~2セット/1日

c) 股関節内転訓練(図-4)

座位でモモ(膝)の間にボール(まくら)をはさみ押し付ける。

5~10秒/1回, 10~20回/1セット 1~2セット/1日

d) 大腿四頭筋セッティング

図-2 下肢挙上訓練(SLR)⁵⁾

反対の膝を90度以上曲げる。
床から10cmのところまでゆっくり上げ, 5~10秒停止し, ゆっくりおろす。床に脚をついたら2~3秒休む。
5~10秒/1回 10~20回×1~2セット/1日

図-3 股関節外転訓練⁵⁾

下の膝を90度以上曲げる。
上の膝を伸ばしたまま床から10cmのところまでゆっくり上げ, 5~10秒停止。5秒かけゆっくり戻す。2~3秒休む。
20回×2セット/1日

図-4 股関節内転訓練⁵⁾

膝を軽く曲げ、ボールの重心をモモで約5秒押す。
20回×2セット/1日

図-5 等張性膝伸展筋訓練群⁵⁾

枕や座布団で膝を約45度曲げ、そこからゆっくり伸ばす。5～10秒止める。
20回×2セット 2回/1日

膝下にタオルを丸め、それを押し付けるように大腿四頭筋を収縮（膝を伸ばす）させる方法。
5～10秒/1回、10～20回/1セット 1～2セット/1日

2) 等張性運動 (図-5)

座位で膝下に枕（座布団）を入れ約45度屈曲させ、そこから膝を伸ばす。

（椅子に座って膝90度屈曲位から伸ばすのでも良い）

10～20回/1セット 1～2セット/1日

3) 歩行（荷重）訓練 (図-6)

1日20分以上、週5日以上歩行（ウォーキング）

膝の痛みがある場合は、つかまり足踏み
100～200歩/1セット 1～2セット/1日

つかまり足踏み

ウォーキング

図-6 荷重・歩行訓練群⁵⁾

つかまり足踏み；100→200歩×2/1日 ×毎日
ウォーキング；20分以上/1日 ×5日/1週

図-7 入浴ストレッチ⁵⁾

1) 湯船につかり、十分に温まる。2) 浴槽の縁に手をかけゆっくり立ち上がる。3) 浴槽の縁につかりゆっくりしゃがむ。4) 痛みがない範囲まで膝を曲げ10秒維持。5) 縁につかりゆっくり立つ。6) 膝をゆっくり10回伸ばす。
3)～6)を2～3回繰り返す。

4) ストレッチ (図-7)

入浴時に十分温まってから、膝の屈曲（正座）
10秒・伸展 10回 1～2セット/1日

当科における臨床研究結果

順天堂大学整形外科教室ではこれまで変形性膝関節症に対する運動療法の効果とその有用性について報告してきたので、その一部をここで紹介する^{6)～9)}。

1) SLR訓練とストレッチ訓練の有用性（2000年）

119名の変形性膝関節症患者を無作為に3群に分け1ヵ月後・3ヵ月後のJOAスコア（日本膝関

図-8 SLRとストレッチの効果 (2000)

	JOA SCORE			VAS		
	術前	術後1カ月	術後3カ月	術前	術後1カ月	術後3カ月
SLR	72.6	81.7*	89.1**	50.9	62.1*	77.1**
ストレッチ	76.5	78.4	87.6*	59.8	62.1	72.4
NSAID	65.0	74.4	78.6	52.1	67.5	65.0

注 (JOA SCORE 日本整形外科学会変形性膝関節症スコア
VAS (Visual analogue scale))

* : $p < 0.05$
** : $p < 0.01$

図-9 初診時のX線進行度とJOA得点の推移

図-10 継続症例における併用NSAID (loxoprofen-Na) の使用頻度

X線 Grade	2 (n=116)	3 (n=71)	4~5 (n=27)	全体 (n=214)
錠数/W				
≤ 0	71	45	37	58
$0 < \leq 1$	9	13	19	12
$1 < \leq 3$	8	21	26	14
$3 < \leq 6$	2	8	4	4
7	4	13	7	7
$8 \leq$	6	0	7	4

(%)

節学会)を調査した。

- a) SLR訓練群 (n=56, Drop Out: 19)
5秒/1回, 20回/1セット, 2セット/1日
- b) ストレッチ群 (n=34, DO: 11)
510秒/1回, 5回/1セット, 2セット/1日
- c) NSAIDs群 (n=29, DO: 10)
ケトプロフェン150mg/1日 内服
- (結果1)(図-8)

SLR群では訓練施行後1カ月, 3カ月で, ストレッチ群では3カ月でJOAスコアの有意な改善を見たが, NSAIDs群(痛み止め)ではJOAスコアの改善はあるものの有意差はなかった。

2) 等尺性筋力訓練とストレッチの有用性 (1997. 9~2002. 6)

変形性膝関節症で外来を初診した患者さん353名に運動療法を指導し, 1年以後の結果をretrospec-

tiveに調査した。また, 必要に応じてNSAIDs内服(頓用)を処方した。

a) 下肢等尺性筋力訓練:

SLR, 股関節外転, 股関節屈曲
20回/1セット, 2セット/1日

b) 温熱下ストレッチ訓練

10秒/1回, 5回/1セット, 1~2セット/1日

(結果2)(図-9, 図-10)

登録症例のフォローアップ率は84.6%であり, 1年以上の運動療法継続症例は218例(77.9%)で62例(22.1%)は手術へ移行した。JOAスコアは初診時70.2点が最終調査時83.2点と著明に改善していた。レントゲンによる重傷度(進行度)で分けると, 軽症例の方が運動療法継続率が高く(97%), 進行例では運動療法継続率が40%で残りの60%は手術へ移行

図-11 等張性膝伸展筋力訓練群と荷重歩行訓練群

していた。JOAスコアの改善は進行度に関係なく良好であったが、レントゲンによる関節裂隙の狭小化（進行）は初診時より進行していた。NSAIDsの服用は全体の約6割は全く服用せず、週に8錠以上服用した例はわずか4%であり、関節内注射を行った例は全くなかった。

3) 歩行（荷重）訓練と等張性訓練の有用性（2002. 5～2003. 9）

67名の変形性膝関節症患者を無作為に2群に分け3ヵ月後のJOAスコアにつき調査した。

a) 歩行（荷重）訓練群（n=26, DO:4）

1日20分以上、週5日以上歩行（ウォーキング）

膝の痛みがある場合は、つかまり足踏み 100～200歩/1セット 1～2セット/1日

b) 等張性筋力訓練群（n=33, DO:4）

座位で膝下に枕（座布団）を入れ約45度屈曲させ、そこから膝を伸ばす。

20回/1セット 2セット/1日

（結果3）（図-11）

荷重歩行訓練と等張性伸展筋訓練はともに変形性膝関節症による疼痛・ADL障害・歩行障害に有用であった。等張性訓練のほうがADL障害と愁訴の改善の点においてやや優る印象があった。

運動療法のメカニズム

これまで述べてきたように、各種運動療法による効果としては疼痛改善・筋力回復・関節可動域の回復・関節内新陳代謝の亢進（老廃物除去・水腫軽減）・体重減少・有酸素能力向上・平衡機能向上などが考えられ、それぞれ良好な結果を示している。特に疼痛や活動性（歩行能力）などでその効果は顕著である。しかし、レントゲンによる変形の進行（軟骨の損傷）は止められない。（進行の抑制は起こっているかもしれない）

この運動療法のメカニズムについては、病因や疼痛の発現機序と同様不明な点も多いが、一般的には、筋力増加に伴う関節の安定化、軟骨への圧迫力の緩衝作用、荷重応力の分散、ストレッチによる筋・腱・靭帯の弛緩、歩行（荷重）による骨への作用などと考えられている。しかし、実際には筋力回復前に疼痛は改善しており、筋力増強による改善は主なメカニズムではなく、滑膜代謝・軟骨代謝・骨代謝・骨髄内血行動態・関節包の弛緩・疼痛発現物質の抑制などの要因が関与していると思われる。

ま と め

昨今、膨大する医療費の削減がささやかれているが、今回紹介した変形性膝関節症に対する各種運動療法は、特別な場所や道具を必要とせず、自宅で一人で行えるホームエクササイズである。そのうえ、内服や注射と言った従来の治療法と同等もしくはそれ以上の効果が期待される。メカニズムの点などでまだ不明な点が多いものの、変形性膝関節症の有用な治療法の一つとして紹介した。

2. 膝前十字靭帯再建術後の血流制限下（加圧）筋力訓練

膝前十字靭帯損傷はスポーツ外傷の一つとしてよく見られる疾患であり、その不安定性によりスポーツ活動の継続は困難なことが多く、保存的治療も確立されていないため、多くの場合は自家

腱（自分の腱）を用いた再建術を行う。当教室でも年間100例近い前十字靭帯再建術を行っているが、一般に受傷後の安静や固定により術後早期から起こる膝関節周囲筋の廃様性萎縮をいかに最小限にとどめるかが、その後の筋力回復についてはスポーツ復帰に重要となる。しかし、再損傷や二次的損傷、再建靭帯への負担等を考えると、筋力の改善に有効と言われている高強度筋力訓練を術後早期から取り入れることは不可能である。

一般に65～70% 1RM以上の高強度筋力訓練では筋断面積の増加を伴った筋力増加がおき、40% 1RM以下の低強度筋力訓練では酸化能力をはじめとした筋持久力の増大が起こるとされている。しかし、局所的な血流制限下筋力訓練（加圧トレーニング）では極めて低強度（20～40% 1RM）の筋力訓練でも、高強度筋力訓練と同等の筋力増加や筋肥大が見られ、その際血中乳酸濃度・ノルエピネフリン・成長ホルモン（約290倍）の増加が見られたとの報告^{10)～13)}があり、近年注目されている方法である。

われわれは、この血流制限下筋力訓練を前十字靭帯再建術後早期より4ヵ月までのリハビリテーションに導入し良好な成績を得たので報告する。

前十字靭帯再建術施行の43名をランダムに2群に分けた。

- a) 非阻血群 20例 阻血をせず通常のリハビリを施行。
- b) 阻血群 23例 阻血下に非阻血群と同一の

リハビリを施行。

阻血の方法は、手術用空気止血帯を用いて

前十字靭帯再建術後の患者さんに対し、同じリハビリを一方は通常の方法で、もう一方は血流制限（阻血）下で施行し、術後4ヵ月、6ヵ月の時点でのBIODEX IIIを用いた膝伸展筋力と、MRIを用いた筋肉の断面積について比較検討した。

結 果

術後4ヵ月の時点で血流制限（阻血）下筋力訓練施行群では、膝伸展筋力・筋断面積ともに有意な改善を認めた（図-12）。

術後6ヵ月の時点では等尺性筋力に有意差は認めなかったものの、求心性収縮力は、4ヵ月目と同様に有意差が残っていた（図-13）。

術後4ヵ月目以降はジョギングなど両群とも同じ筋力訓練を行ったにもかかわらず、術後早期より行った低強度血流制限下訓練の効果が中止後2ヵ月の時点まで残っていたことより、本法の有用性が再認識された。また、復帰前の6ヵ月の時点での筋力差は、復帰の上でも大きな利点となりうる^{14)～16)}。

ま と め

以上のように、術後の高強度筋力訓練を行えない術後早期に、血流制限下（加圧）で低強度の筋力訓練を行うことにより、十分な筋肥大（MRI

図-12 術後4ヵ月の筋力と筋断面積

図-13 術後6ヵ月の筋力

による)と筋力増強(BIODEX Ⅲによる)を認めた。これは今後、脳梗塞や大腿骨頸部骨折など高齢者の筋萎縮予防や筋力訓練の分野での応用が期待される。ただし、メカニズムや至適圧、阻血による疼痛・浮腫・血栓などの循環系へ及ぼす影響など解明されていない部分も多く、この分野での研究結果が待たれるところである。

文 献

- 1) Wright V: Biomechanical factors in the development of osteoarthritis: Epidemiological studies. In *Epidemiology of Osteoarthritis*, Peyron, J. G. (ed.), Gergy, Paris, 1981; 140~146.
- 2) Lawrencw J S: Rheumatism in coal miners. Ⅲ. Occupational factor. *Br. J. Ind. Med.*, 1953; **12**: 249~251.
- 3) 黒沢 尚: 変形性膝関節症に対する運動療法—われわれの方法と文献的考察—. *臨床スポーツ医学*, 1997; **14**: 861~866.
- 4) 池田 浩, 黒沢 尚, 桜庭 景植, 他: 変形性膝関節症に対する大腿四頭筋訓練による治療に関する臨床的研究, *健康医科学*, 2000; **15**: 1~8.
- 5) 黒沢 尚: 膝の痛みはこれで治る. 講談社 健康ライブラリー, 1997.
- 6) 池田 浩, 黒沢 尚: 膝関節痛を訴える骨・関節疾患-変形性膝関節症(膝OA)を中心に. 痛みと臨床, 2001; **1**: 43~51.
- 7) 池田 浩, 黒沢 尚: 膝関節に起因する痛み—変形性膝関節症を中心に. *ペインクリニック*, 2004; **25**: 1304~1310.
- 8) 池田 浩: 変形性膝関節症—異常歩行とその治療—. *老年医学*, 2005; **43-1**: 47-54.
- 9) 池田 浩, 黒沢 尚: 変形性膝関節症に対する筋力強化訓練. *整形外科Mook*. 2005; **17**. (印刷中)
- 10) 石井 直方: 加圧トレーニングのメカニズム. *臨床スポーツ医学*, 2004; **21-3**: 215~223.
- 11) Takaead Y, Takazawa H, Sato Y, *et al*: Effect of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *J Appl Physiol*, 2000; **88**: 2097~2106.
- 12) Takaead Y, Sato Y, Ishii N: Effect of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscular function in athletes. *Eur J Appl Physiol*, 2002; **86**: 308~314.
- 13) Takaead Y, Takazawa H, Ishii N: Application of vascular occlusion diminish disuse atrophy of knee extensor muscles. *Med Sci Sports Exerc*, 2002; **32**: 2035-39.
- 14) 太田 晴康, 黒沢 尚, 桜庭 景植, 他: 血流制限下での低負荷筋力訓練の有効性. *整・災外*, 2001; **44**: 953~958.
- 15) Ohta H, Kurosawa H, Ikeda H, *et al*: Low-load resistance muscular training with moderate resistance of blood flow after anterior cruciate ligament reconstruction. *Acta Orthop Scand*, 2003; **74**: 62~68.
- 16) 高澤 俊治, 黒沢 尚, 池田 浩, 他: スポーツ選手に対する血流制限下低強度大腿筋力訓練. *整・災外*, 2003; **46**: 1273~1279.