



図7 症例3 術後単純 X 線像

図8 症例3 術後3年 単純 X 線像

直視下に cannulated cancellous screw 2 本で骨接合した。

Screw 周囲の loosening を認めるが骨癒合は良好である。

表1 症例の概要

| 症例 | 手術時期 | 骨片の大きさ | 転位 | 手術方法 |
|----|------|--------|------|------|
| 1 | 新鮮 | 20mm | 10mm | 直視 |
| 2 | 新鮮 | 25mm | 2mm | 鏡視 |
| 3 | 陳旧 | 32mm | 10mm | 直視 |

を認めるものの、骨癒合は良好であった(図8)。可動域制限や後方不安定性を認めず、登山・スキーも可能となった。

考 察

PCL 付着部剥離骨折の治療について、Meyers は転位の僅かな PCL 付着部剥離骨折 5 例を保存治療したところ 4 例が偽関節となり、転位の大きい 8 例を手術治療したところ 7 例に骨癒合が得られたと報告したことから、転位が少なくとも手術治療が勧められると報告した⁸⁾。また、Tricky は 10 例の手術治療と 7 例の保存治療を比較し、手術治療例では不安定性が残存しなかったが、保存治療例では不安定性が残存したと報告した¹¹⁾。以降、原則的に手術治療が勧められている。Torisu は X 線にて骨片が母床より 3 mm 以上離れ、骨片が 1.3cm 以上の大きさで 5 mm 以上上方に転位あるいは翻転している場合、あるいは butterfly type の骨折である場合を手術適応としている¹⁰⁾。Chiu は 2 mm 以上の転位がある場合を手術適応としてい

る²⁾。しかし、現在のところ手術適応に一定の見解は得られていない。

手術方法では、1990年に Burks が腓腹筋内側頭と半膜様筋の筋間から後方関節包を展開する posteromedial approach を提唱し、以降直視下骨接合の標準的な展開法となっている¹⁾。さらに近年では鏡視下に ACL 再建用 tip aimer などを用いて整復・screw 固定するなど、低侵襲手術の良好な成績が報告されている^{5), 7), 9), 12)}。井上らは、新鮮例であり骨片が径 10mm 以上、転位が 3 mm 以下の症例に鏡視下手術の適応があるとし、その他は直視下手術を勧めている³⁾。今回の症例でも同様の選択法で手術を施行し(表1)、概ね良好な成績が得られた。受傷から手術までの期間・骨片の大きさ・転位に応じて、適切に手術方法を選択すべきであると考えられる。

Inoue らは PCL 付着部剥離骨折に対し骨接合術を施行し、解剖学的整復位での骨癒合が得られているにも関わらず、後方不安定性が残存した症例を経験し、PCL 実質部損傷 (occult injury) が関与している可

能性があるとした⁴。症例2は受傷時の転位は僅かであり、術後X線上でも良好な整復位で骨癒合が得られているにもかかわらず、僅かではあるが後方不安定性が残存した。受傷時MRIにてPCL実質部の明らかなT2 high intensityは認められず、また術中の鏡視所見でも明らかなPCL実質部損傷は認められなかったことから、後方不安定性が残存した原因としてPCL実質部損傷は否定的であると考えられる。ただし、その後のMRI検査は行っていないため、経時的な変性については確認していない。熊谷らは剥離骨片が転位なく癒合し、PCL実質部損傷が確認されなかったものの、後方不安定性が残存した症例を経験し、膝関節後方の軟部支持組織の損傷が関与している可能性がある⁵と推察している⁶。本症例では、MRI画像上はPCL附着部以外の明らかな後方支持組織の損傷は認めていないが、剥離骨片の骨折線は脛骨内側顆まで広がっていたため、内側を中心とした後方関節包の損傷については否定できない。

ま と め

- ・PCL 附着部剥離骨折3例に対し、骨接合を施行し良好な成績を得た。
 - ・受傷から手術までの待機期間・骨片の大きさ・転位に応じ、適切に手術方法を選択すべきである。
 - ・良好な整復位で骨癒合が得られているにもかかわらず、僅かな後方不安定性が残存した症例がみられ、膝後方支持組織の損傷を合併していた可能性がある。
- (本論文の要旨は2010年3月20日の第201回新潟整形外科研究会で発表した。)

文 献

- 1) Burks R T, Schaffer J J. A simplified approach to the tibial attachment of the posterior cruciate ligament. Clin Orthop Relat Res 1990 ; 254 : 216-219.
- 2) Chiu F Y, Wu J J, Hsu H C, et al. Management of avulsion injury of the PCL with reattachment. Injury 1994 ; 25 : 293-295.
- 3) 井上雅之. 後十字靭帯附着部裂離骨折の手術治療. 安田和則編. OS NOW instruction No.8. 東京:メジカルビュー 2008:17-23.
- 4) Inoue M, Yasuda K, Kondo E, et al. Primary repair of posterior cruciate ligament avulsion fracture. Am J Sports Med 2004 ; 32 : 1230-1237.
- 5) Kim S J, Shin S J, Choi N H, et al. Arthroscopically assisted treatment of avulsion fractures of the posterior cruciate ligament from the tibia. J Bone Joint Surg Am 2001 ; 83A : 698-708.
- 6) 熊谷吉夫, 丸毛啓史, 田中孝昭, ほか. 後十字靭帯脛骨附着部裂離骨折の治療経験. 膝2001 ; 26 : 192-194.
- 7) Littlejohn S G, Geissler W B. Arthroscopic repair of a posterior cruciate ligament avulsion. Arthroscopy 1995 ; 11 : 235-238.
- 8) Meyers M H. Isolated avulsion of the tibial attachment of the posterior cruciate ligament of the knee. J Bone Joint Surg 1975 ; 57A : 669-672.
- 9) Shino K, Nakata K, Mae T, et al. Arthroscopic fixation of tibial bony avulsion of the posterior cruciate ligament. Arthroscopy 2003 ; 19 : E12.
- 10) Torisu T. Isolated avulsion fracture of the tibial attachment of the posterior cruciate ligament. J Bone Joint Surg 1977 ; 59A : 68-72.
- 11) Trickey E L. Rupture of the posterior cruciate ligament of the knee. J Bone Joint Surg 1968 ; 50B : 334-341.
- 12) Veselko M, Saciri V. Posterior approach for arthroscopic reduction and antegrade fixation of avulsion fracture of the posterior cruciate ligament from the tibia with cannulated screw and washer. Arthroscopy 2003 ; 19 : 916-921.

疫学調査からみた 危険因子と生活指導

Risk factor of knee osteoarthritis and
management in daily life

大森 豪

G. Omori : 新潟大学超域研究機構

Key words

- 変形性膝関節症(knee osteoarthritis)
- 危険因子(risk factor)
- 疫学調査(epidemiological study)
- 機械的因子(mechanical factor)
- 生活指導(management in daily life)

はじめに

変形性膝関節症(膝OA)は、膝関節軟骨の磨耗変性を主体とした慢性退行性疾患である。膝OAの発症を予防し進行を抑制するためには、本症の病態としての自然経過や発症、進行に関与するrisk factorを解明することが不可欠であり、これまでに疫学調査や生体工学、生化学、生理学、栄養学、遺伝子などさまざまな研究が行われ、いくつかの危険因子が明らかになってきている。

本稿では、過去の疫学調査の結果から考えられている膝OAの危険因子について概説し、さらに、日常生活において指導、対処可能な内容について言及する。

膝OAの危険因子

■年齢および性別

過去いずれの疫学調査においても膝OAの発生頻度は、基本的に年齢とともに増加し、かつ50歳以降では女性で1.5~2倍程度頻度が高くなっている(図1)。しかし、40歳以下の膝OA発症率や外傷との関連性についての研究は少なく不明な点が多い^{1)~6)}。

■人種

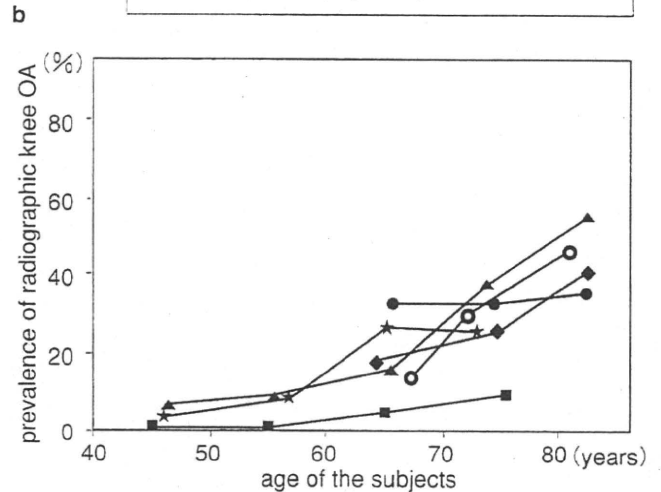
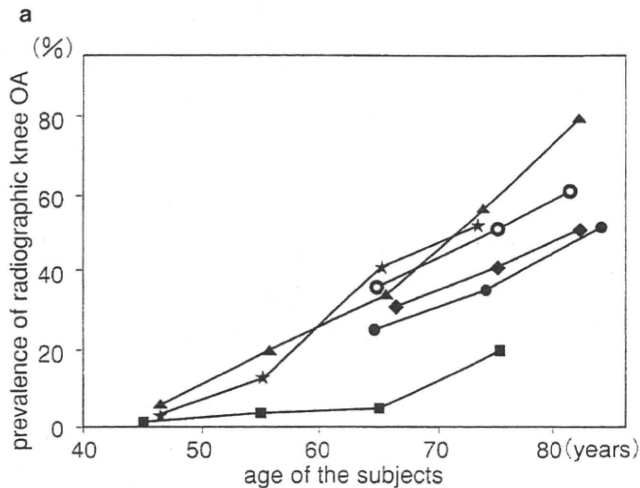
それぞれの調査法が同一ではないことが多く単純比較には注意を要するが、人種間での著しい発生率の差はこれまでのところ報告されていない(図1)。米国で行われたNHANES-I³⁾では、黒人は白人に比べて男性で1.4倍、女性で2.8倍膝OAに対する危険度が大きくなっている。Yoshidaら⁷⁾は長崎県での調査をFramingham studyと同一の方法で比較し、日本人女性は白人女性に比べて1.9倍危険度が高いと述べている。

■肥満

過去の研究において肥満と膝OAとの有意な

図1 代表的な疫学調査における膝OAの発生率

a : 女性。b : 男性。

(文献⁴³⁾より)

関連性を示す報告は多い。NHANES-I³⁾では、BMI (body mass index ; kg/m²) >30の場合は男性で4.78倍、女性で3.87倍危険度が増加しているとしている。また、Schoutenら⁴⁾はオランダで行った調査(Zoetermeer study)で、BMIが23以上で1.56倍、25以上で3.82倍に危険度が増すと報告した。わが国では、著者らが行った松代膝検診⁸⁾では、BMI>25の場合オッズ比が男性で2.63、女性で3.11となっており、Yoshimuraら⁹⁾や須藤ら¹⁰⁾もBMIと膝OAの有意な相関関係を述べている。また、肥満が膝OAに与える影響のメカニズムについては、膝関節にかかる荷重負荷による直接的作用が大きいと考えられる。

■代謝性疾患

膝OA患者の関節液では50~60%にピロリン酸カルシウム結晶(CPPD)を含めた結晶性物質が存在し、OAの進行とともに増加するといわれている¹¹⁾。しかし、全身的な高尿酸血症の影響については否定的な報告が多い。その他、高脂血症、血糖値、高血圧についてもさまざまな報告があるが一定の見解はなく、現時点では全身的な代謝性疾患の膝OAへの直接的な関与は

明らかではない。

■喫煙

NHANES-I³⁾やFramingham study¹²⁾では喫煙習慣は膝OAに予防的に作用することを示しており、Hartら¹³⁾はChingford studyの解析から喫煙は骨棘形成、関節裂隙狭小化のいずれにも影響しないと述べている。しかし、生物学的メカニズムはほとんど解明されていない。

■職業、生活様式、日常活動性と運動

炭鉱夫、港湾労働者、大工、農夫など重労働や膝屈伸を多用する仕事では、有意に膝OAの発生率が高いという報告がみられる¹⁴⁾。また、日常生活動作では、しゃがみ込み動作や階段昇降は膝OAを増加させ、逆に椅子の腰掛けは予防的に作用するという研究がみられる⁹⁾。運動と膝OAの関連については、ジョギングなど膝関節に対して軽度~中等度の負荷に留まる運動の継続は膝OAへの影響は少ないとする報告が多い¹⁵⁾。

■膝外傷

疫学調査における膝外傷と膝OAとの関連性については、Gelberら¹⁶⁾は1,321名を対象とした

36年間の調査で、膝外傷の既往がある場合、膝OA発症の相対危険度が5.2と報告している。一方、患者を対象とした研究では、Englundら¹⁷⁾は変性半月板の断裂と切除量が多いことが膝OA発症に影響するとしている。また、前十字靭帯損傷ではSegawaら¹⁸⁾やRoos¹⁹⁾が受傷後12～14年で半数近くに膝OAが発症していると述べている。

■ 下肢筋力

Slemendraら²⁰⁾は、膝OAの女性では膝伸展力が対照群に比べて15～18%低いと報告している。渡辺ら²¹⁾は松代膝検診で、膝OAの病期進行に伴う大腿四頭筋力の低下を報告している(図2)。また、日常生活動作(ADL)における大腿四頭筋の反応時間や膝屈筋とのバランス、関節位置覚が影響するとした報告もみられる²²⁾。

■ 下肢アライメント、スラスト運動

Sharmaら²³⁾は膝OA患者を調べ、膝内反(femollo-tibial angle; FTA)・外反アライメントが内側・外側型膝OAを有意に進行させると報告し、著者らも松代膝検診²⁴⁾において膝内反アライメントが膝OA発症の危険因子であることを明

らかにしている(図3)。また、立脚步行初期にみられる膝の急激な内反運動であるスラストは、膝OAの有力な危険因子と考えられており、その関連性が松代膝検診(図4)²⁴⁾やChangら²⁵⁾によって示されている。

■ 骨粗鬆症

Framingham study²⁶⁾やChingford study²⁷⁾では高骨密度と膝OAの関連性が示され、わが国でも須藤ら¹⁰⁾が同様の結果を報告している。しかし、近年の研究では高骨密度は膝OA発症に影響するが、膝OAの進展には低骨密度が関連するという報告もあり、骨粗鬆症と膝OAの関連性は明らかであるが、その作用機序については解明されていない。

■ 性ホルモン

Framingham study²⁸⁾やChingford study²⁹⁾では、エストロゲン補充療法(ERT)は膝OAに予防的に作用する結果が示されたが有意ではなかった。近年、ERTとアレンドロネートの併用が膝OAの軟骨下骨変性に予防的に作用することが示されており³⁰⁾、今後疫学研究においても大規模な前向き調査が必要と考えられる。

図2 松代膝検診における大腿四頭筋力値と膝OA-gradeとの関連性

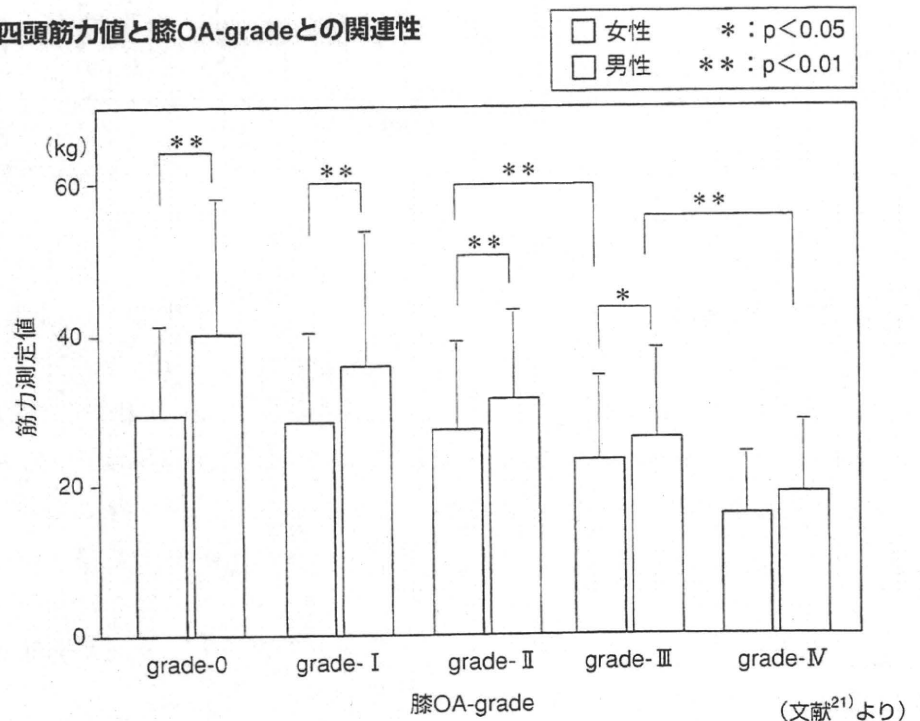


図3 松代膝検診におけるFTAと膝OA-gradeとの関連性

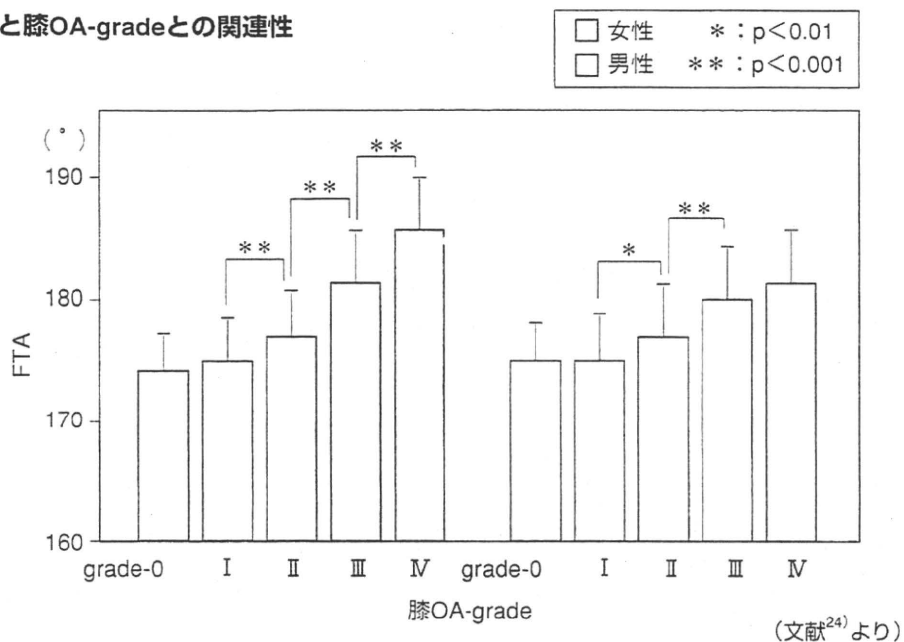
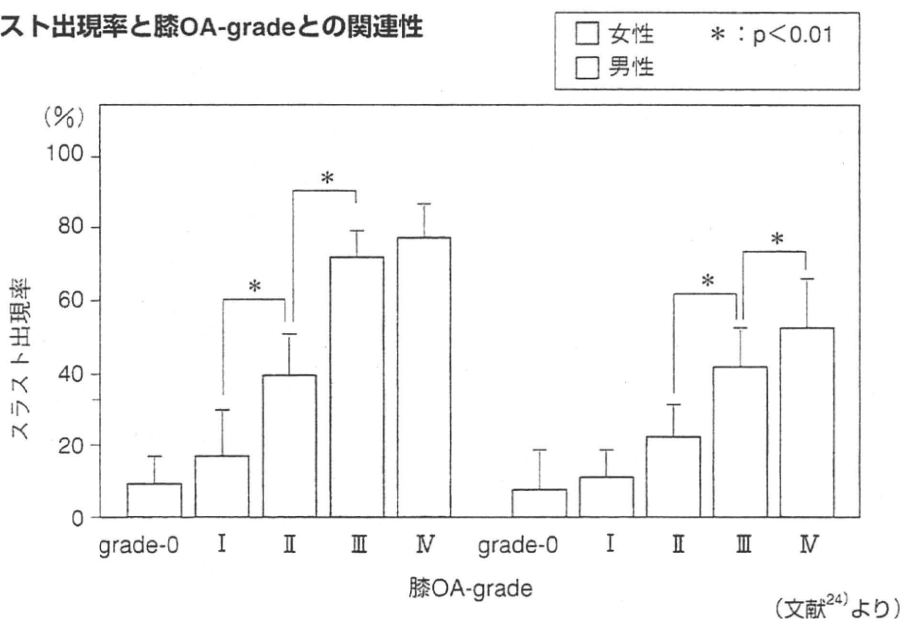


図4 松代膝検診におけるスラスト出現率と膝OA-gradeとの関連性



微量栄養素

Sowersら³¹⁾は、抗酸化物質としてのvitamin A,C,Eおよびβ-カロチンは膝OAの発症には影響しないものの、進行および疼痛の軽減に有効であると述べており、McAlindonら³²⁾は血中25-hydroxy vitamin Dの低下が膝OAの進行を助長すると報告している。

遺伝子

膝OAの遺伝性については、Kellgrenら³³⁾が全

身性関節症(GOA)の報告以後、軟骨形成不全症やStickler症候群の原因遺伝子として同定されたCOMPやCOL2A1を足がかりにして多くの遺伝子多形が発見された。さらに、これらの遺伝子多形の相関解析が行われているが、現在まで明らかな膝OAの候補遺伝子として特定されたものはない^{34),35)}。本疾患の複雑な病態を考えると、今後大規模な集団での解析が必要と考えられる。

膝OAの危険因子からみた生活指導

前項で述べた膝OAの危険因子を要約すると、現時点では膝OAの発症・進行に大きく影響するのは機械的因子であり、日常生活においてもいくつかの対応が可能であることが理解できる(図5)。さらに、膝関節の基本的な機能は可動性と支持性であり、この2つの機能を維持することも重要と考えられる。

減量

最近の研究では、肥満の膝OA患者に対して減量、もしくは減量+下肢筋力訓練により、膝痛や歩行能力などが有意に改善することが報告されている^{36)~38)}。また、わが国においても戸田³⁹⁾が減量+歩行、または筋力訓練を行った場合の有効性を示している。したがって、減量が膝OAの症状改善に有効であることは明らかと考えられるが、実際の目安についてはこれまでの危険因子に関する国内の研究結果を参考にすれば、BMIで24~25を1つの目安にするのが妥当と考えられる。しかしながら、現時点で減量の効果が期待できるのは、膝OAもしくは膝痛

を有する肥満者に対する疼痛や膝機能の改善であって、膝OA自体の発症予防や進行抑制への効果については明らかではないことを認識する必要がある。

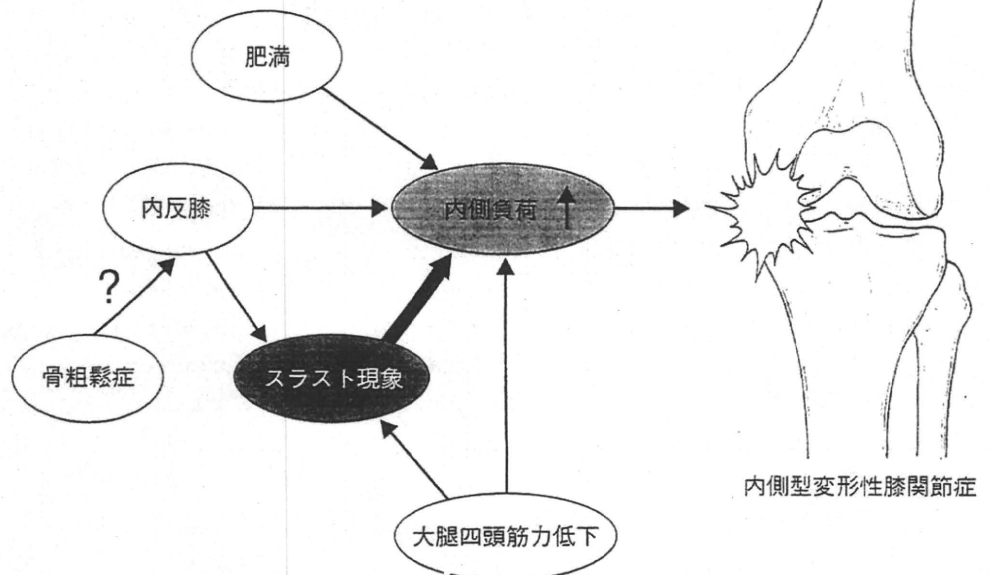
下肢筋力訓練

近年、膝OA患者に対する下肢筋力訓練の効果についての研究がみられ、膝痛軽減や関節機能の改善、NSAIDs使用群と同等の効果などが報告されている^{40)~42)}。これらの結果からは、下肢筋力訓練は膝OAの症状改善に有効であるが単一の治療法としては十分ではなく、前述した減量や別項で述べられている装具療法などほかの保存療法と併せて行うことが望ましいと考えられる。また、筋力訓練の方法についてもさまざまな報告がなされているが、膝関節への荷重負荷の少ないSLR訓練や大腿四頭筋セッティング、運動ではステーションバイクや水中運動が勧められる。

おわりに

膝OAの発症と進行には多因子が関与するが、そのなかでも機械的因子は最も影響が大きく、

図5 膝OAの発症・進行における機械的因子の影響



かつ各因子への具体的な対応策が求められている。しかし、現時点では肥満に対する減量、筋力低下に対する強化訓練といった単純な対応し

か見出せていない。今後は、膝内反やスラストとの関連性も評価し、新しい観点に基づいたより有効な対応策を考える必要がある。

文献

- 1) Lawrence JS, Bremner JM, Bier F : Osteoarthritis : Prevalence in the population and relationship between symptoms and X-ray changes. *Ann Rheum Dis*, 25 : 1-24, 1966.
- 2) Felson DT, Naimark A, Anderson JJ, et al : The prevalence of knee osteoarthritis in the elderly : The framingham osteoarthritis study. *Arthritis Rheum*, 30 : 914-918, 1987.
- 3) Anderson JJ, Felson DT : Factors associated with osteoarthritis of the knee in the first national health and nutrition examination survey. *Am J Epidemiol*, 128 : 179-189, 1988.
- 4) Schouten JSAG, van den Ouweland FA, Valkenburg HA : A 12 year follow-up study in the general population on prognostic factors of cartilage loss in osteoarthritis of the knee. *Ann Rheum Dis*, 51 : 932-937, 1992.
- 5) 大森 豪, 古賀良生, 瀬川博之ほか : 変形性膝関節症に対する21年間の疫学的縦断調査—松代膝検診2000の経験. *膝*, 26 : 243-246, 2001.
- 6) Zhang Y, Xu L, Felson DT, et al : Comparison of the prevalence of knee osteoarthritis between the elderly Chinese population in Beijing and whites in the United States : The Beijing osteoarthritis study. *Arthritis Rheum*, 44 : 2065-2071, 2001.
- 7) Yoshida S, Aoyagi K, Felson DT, et al : Comparison of the prevalence of radiographic osteoarthritis of the knee and hand between Japan and United States. *J Rheumatol*, 29 : 1454-1458, 2002.
- 8) Aoda H, Nakamura K, Omori G, et al : Independent prediction of knee osteoarthritis in the elderly Japanese population : A multivariate analysis. *Acta Med Biol*, 54 : 33-41, 2006.
- 9) Yoshimura N, Nishioka S, Kinoshita H, et al : Risk factors for knee osteoarthritis in Japanese women : Heavy weight, previous joint injuries, and occupational activities. *J Rheumatol*, 31 : 157-162, 2004.
- 10) 須藤敬弘, 宮本 憲, 田島正捨ほか : 変形性膝関節症の疫学調査. *整形外科*, 50 : 1033-1038, 1999.
- 11) Martin K, Lethbridge-Cejku M, Muller DC, et al : Metabolic correlations of obesity and radiographic features of knee osteoarthritis : data from the Baltimore longitudinal study of aging. *J Rheumatol*, 24 : 702-707, 1997.
- 12) Felson DT, Anderson JJ, Naimark A, et al : Does smoking protect against osteoarthritis? *Arthritis Rheum*, 32 : 166-172, 1989.
- 13) Hart DJ, Doyle DV, Spector TD : Incidence and risk factors for radiographic knee osteoarthritis in middle-aged women. *Arthritis Rheum*, 42 : 17-24, 1999.
- 14) Anderson JAD : Arthrosis and its relation to work. *Scand J Work Environ Health*, 10 : 429-433, 1984.
- 15) Panush R, Hanson C, Caldwell J, et al : Is running associated with osteoarthritis? An eight-year follow-up study. *J Clin Rheumatol*, 1 : 35-39, 1995.
- 16) Gelber AC, Hochberg MC, Mead LA, et al : Joint injury in adults and risk for subsequent knee and hip osteoarthritis. *Ann Intern Med*, 133 : 321-328, 2000.
- 17) Englund M, Roos M, Lohmander LH : Impact of type of meniscal tear on radiographic and symptomatic knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum*, 48 : 2178-2187, 2003.
- 18) Segawa H, Omori G, Koga Y : Long-term results of non-operative treatment of anterior cruciate ligament injury. *Knee*, 8 : 5-11, 2001.
- 19) Roos EM : Joint injury causes knee osteoarthritis in young adults. *Curr Opin Rheumatol*, 17 : 195-200, 2005.
- 20) Slemenda C, Brandt KD, Heilman DK, et al : Quadriceps weakness and osteoarthritis of the knee. *Ann Intern Med*, 127 : 97-104, 1997.
- 21) 渡辺博史, 古賀良生, 大森 豪ほか : 変形性膝関節症の自然経過と運動療法. *MB Med Reha*, 63 : 15-21, 2006.
- 22) Hortobagyi T, Westerkamp L, Beams S, et al :

- Altered hamstrings-quadriceps muscle balance in patients with knee osteoarthritis. *Clin Biomech*, 20 : 97-104, 2005.
- 23) Sharma L, Song J, Felson DT, et al : The role of knee alignment in disease progression and functional decline in knee osteoarthritis. *JAMA*, 286 : 188-195, 2001.
- 24) 大森 豪, 古賀良生, 日向野行正ほか : 変形性膝関節症に対する疫学調査 - 松代膝検診の検討. 別冊整形外科, 42 : 7-11, 2002.
- 25) Chang A, Hayes K, Dunlop D, et al : Thrust during ambulation and the progression of knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum*, 50 : 3897-3903, 2004.
- 26) Hannan MT, Anderson JJ, Zhang Y, et al : Bone mineral density and knee osteoarthritis in elderly men and women : The framingham study. *Arthritis Rheum*, 36 : 1671-1680, 1993.
- 27) Hart DJ, Mootoosamy I, Doyle DV, et al : The relationship between osteoarthritis and osteoporosis in the general population : the chingford study. *Ann Rheum Dis*, 53 : 158-162, 1994.
- 28) Zhang Y, McAlindon TE, Hannan MT, et al : Estrogen replacement therapy and worsening of radiographic knee osteoarthritis : The framingham study. *Arthritis Rheum*, 41 : 1867-1873, 1998.
- 29) Spector TD, Nandra D, Hart DJ, et al : Is hormone replacement therapy protective for hand and knee osteoarthritis in women? : The chingford study. *Ann Rheum Dis*, 56 : 432-434, 1997.
- 30) Hayami T, Pickarski M, Wesolowski GA, et al : The role of subchondral bone remodeling in osteoarthritis : reduction of cartilage degeneration and prevention of osteophyte formation by alendronate in the rat anterior cruciate ligament transection model. *Arthritis Rheum*, 50 : 1193-1206, 2004.
- 31) Sowers M, Lachance L : Vitamins and arthritis : The roles of vitamins A, C, D and E. *Rheum Dis Clin North Am*, 25 : 315-332, 1999.
- 32) McAlindon TE, Biggee BA : Nutritional factors and osteoarthritis : recent developments. *Curr Opin Rheumatol*, 17 : 647-652, 2005.
- 33) Kellgren JH, Lawrence JS, Bier F : Genetic factors in generalized osteoarthritis. *Ann Rheum Dis*, 22 : 237-255, 1963.
- 34) 池田敏之, 馬淵昭彦, 張 軍衛ほか : 変形性膝関節症の遺伝的背景 - 感受性遺伝子の同定へ向けて. 別冊整形外科, 42 : 17-20, 2002.
- 35) Peach CA, Carr AJ, Loughlin J : Recent advances in the genetic investigation of osteoarthritis. *Trends Mol Med*, 11 : 186-191, 2005.
- 36) Christensen R, Astrup A, Bliddal H : Weight loss : the treatment of choice for knee osteoarthritis? A randomized trial. *Osteoarthritis Cartilage*, 13 : 20-27, 2005.
- 37) Riecke BF, Christensen R, Christensen P, et al : Comparing two low-energy diets for the treatment of knee osteoarthritis symptoms in obese patients : a pragmatic randomized clinical trial. *Osteoarthritis, Cartilage*, 18 : 746-754, 2010.
- 38) Jenkinson CM, Doherty M, Avery A, et al : Effects of dietary intervention and quadriceps strengthening exercises on pain and function in overweight people with knee pain : randomized control trial. *BMJ*, 339 : e-pub, 2009.
- 39) 戸田佳孝 : 肥満した変形性膝関節症患者に対する各種保存的療法の治療効果比較. *リウマチ*, 42 : 795-800, 2002.
- 40) Hurley MV, Scott DJ : Improvements in quadriceps sensorimotor function and disability of patients with knee osteoarthritis following a clinically practicable exercise regime. *Br J Rheumatol*, 37 : 1181-1187, 1998.
- 41) Robby E, Zhang W, Doherty M : Aerobic walking or strengthening exercise for osteoarthritis of the knee? A systemic review. *Ann Rheum Dis*, 64 : 544-548, 2005.
- 42) Doi T, Akai M, Fujino K, et al : Effect of home exercise of quadriceps on knee osteoarthritis compared with nonsteroidal antiinflammatory drugs : a randomized controlled trial. *Am J Phys Med Rehabil*, 87 : 258-269, 2008.
- 43) 大森 豪 : 変形性膝関節症の疫学要因. 変形性膝関節症 - 病態と保存療法 -, 第1版, 古賀良生編. 南江堂, 東京, 2008, p69-85.

■ 原著

訓練機器を用いた大腿四頭筋セッティングにおける 筋活動性に対する検討

穂丸 舞¹⁾ 縄田 厚¹⁾ 岩 寄 徹 治¹⁾ 古 賀 良 生²⁾
大 森 豪⁴⁾ 遠 藤 和 男⁵⁾ 渡 辺 博 史³⁾

アルケア株式会社医工学研究所¹⁾, 新潟こばり病院整形外科²⁾, 同リハビリテーション部³⁾,
新潟大学超域研究機構⁴⁾, 新潟医療福祉大学健康科学部⁵⁾

要旨 本研究は、下肢筋力訓練方法の効果の明確化を目的とし、健常者を対象に機器を用いた大腿四頭筋セッティング（以下、Q-セッティング）の効果および他の訓練との違いを筋電図にて分析した。その結果Q-セッティングでの大腿四頭筋の筋活動は、他の訓練と同等以上であり、固定なしQ-セッティングでは内側ハムストリングの筋活動が有意に大きかった。Q-セッティングの方法を変えることで目的に合った訓練ができると示唆された。

Abstract In this study, we have investigated the effect of instrument for quadriceps setting (with or without fixation of ankle and pelvis) and comparison with instrument for quadriceps setting and other training methods (straight leg raising and knee extension) by using electromyogram.

As a result, the lower limb muscle activity by quadriceps setting method was equivalent performance compared with other training. And medial hamstring activity by quadriceps setting method without fixation was higher performance than other training. We concluded that it is useful training method to enhance the muscle activity with using instrument for quadriceps setting.

Key words : 大腿四頭筋セッティング (quadriceps setting), 筋電図 (electromyogram), 機器を用いた筋力トレーニング (muscle training using the instrument)

はじめに

大腿四頭筋に対する等尺性運動は安全性に優れた方法であり⁸⁾、変形性膝関節症の保存的治療において多く用いられている^{1,3)}。しかし、臨床の現場における実際の筋力訓練は一律に行われることが多く、個人差を考慮し

定量化された方法での訓練は一般に行われていない。

われわれは、筋力の評価および筋力強化訓練の効率を向上させるために等尺性運動であるQ-セッティングに対する簡易筋力測定・訓練機を開発し、その有用性について報告してきた^{5,7)}。大腿四頭筋訓練にはさまざまな

Electromyographic analysis of quadriceps setting using the exercise instrument

Mai AKIMARU, Atsushi NAWATA, Tetsuji IWASAKI, Yoshio KOGA, MD, Go OMORI, MD, Kazuo ENDO, MD and Hiroshi WATANABE, RPT

連絡先 : 〒131-0046 東京都墨田区京島 1-21-10 アルケア株式会社医工学研究所 穂丸 舞 電話 03-3611-1101

方法があり、より効率的な筋力向上を考えた場合、異なる訓練法がどのように下肢筋力に効果をもたらしているのかを明確にすることは必要である。本研究では、われわれが開発した筋力訓練機器を用いたQ-セッティングの効果を筋活動の点から他の筋力訓練方法と比較検討した。

対象および方法

1. 対象

対象は、あらかじめ本研究の主旨および内容を説明し、研究協力に同意の得られた健康な成人男女10名（男性7名、女性3名）とし、平均年齢は 37.0 ± 11.8 歳であった。

2. 測定内容

測定を行った訓練は、Q-セッティング（固定あり、固定なし）とRCT（randomized controlled trial）によって有効性が確認されているstraight leg raising（以下、SLR）³⁾や膝伸展運動の4種類とした。まず、いずれの訓練においても後述する方法で最大筋力発揮時の筋活動を測定した。次に、Q-セッティング（固定あり、固定なし）およびSLRについては、機器による負荷力設定時の比較のために、最大筋力に対する60%筋力発揮時の筋活動を計測した。膝伸展運動は各訓練における筋活動量を比較するための基準値として測定し、本試験における分析・評価を実施した。また、すべての測定は右下肢で行った。

3. 使用機器

筋活動測定には表面筋電図（以下、EMG：NECメディカルシステムズ社製のサイナアクトMT11）を使用し、電極はAmbu製の使い捨て型表面電極（Blue Sensor）を使用した。

Q-セッティングにおける最大筋力の測定および60%筋力測定（設定）には、われわれが開発した下肢筋力測定訓練機（QTM-

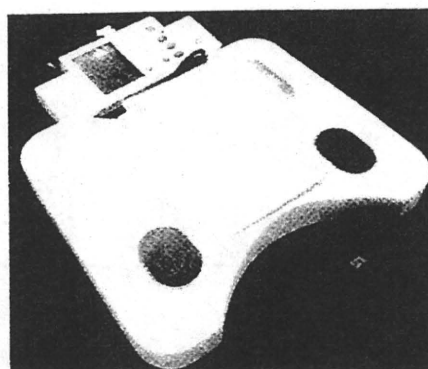


図1 下肢筋力測定訓練機
機器は、本体計測部と表示・操作部にて構成され、表示・操作部の指示にて操作できる構造となっている。

05F）（以下、測定器）⁵⁾を用いた（図1）。また、SLRにおける最大筋力の測定、および60%筋力測定には島津製作所製のオートグラフAG-I 20 kNを使用した。

4. 筋活動の測定評価方法

EMGのサンプリング周波数は1,000 Hzとし、アースは上前腸骨棘とした。それぞれの部位に対し皮膚の電気抵抗を下げるために、あらかじめ抵抗が 10Ω 以下になるように皮膚抵抗を落とした。電極は中心距離30 mmで各筋の筋線維の走行に平行に貼付した。被験筋は前脛骨筋（TA）、腓腹筋（GC）、外側広筋（VL）、大腿直筋（RF）、内側広筋（VM）、外側ハムストリング（HL）、内側ハムストリング（HM）の7筋とした。得られたEMG信号はA/D変換後CSV形式で保存し、全波整流化後、筋放電量が一定になった時点（波形が安定した時点）から3秒間の積分値を採用した。正規化するため膝伸展運動の積分値を100%とし、各データは膝伸展運動の積分値で除して%IEMGとした。

5. 筋力測定方法

各測定肢位は、以下のように定義した。

固定ありQ-セッティングの測定姿勢は、

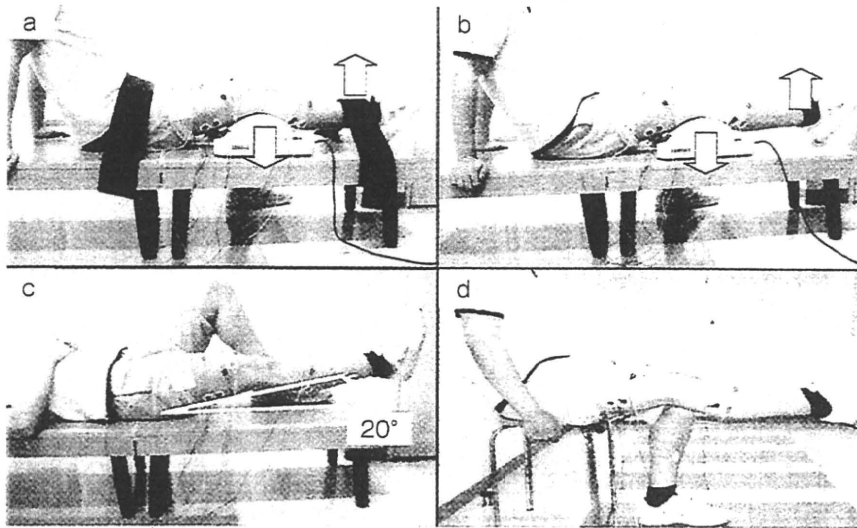


図2 訓練別筋力測定肢位

- a: 固定あり Q-セッティング. 骨盤と下腿遠位部を非伸縮バンドで固定して矢印の方向に力を加え, 膝伸展運動をさせた際の膝窩部に発生する力を測定した.
- b: 固定なし Q-セッティング. 固定あり Q-セッティングと同様の姿勢とし, 非伸縮性バンドによる固定のない肢位とし矢印の方向に力を加えた.
- c: SLR. 背臥位で非測定足の膝を屈曲させ, 膝伸展位で土面台から 20° 挙上した肢位とした.
- d: 膝伸展運動. 坐位で伸展位とした.

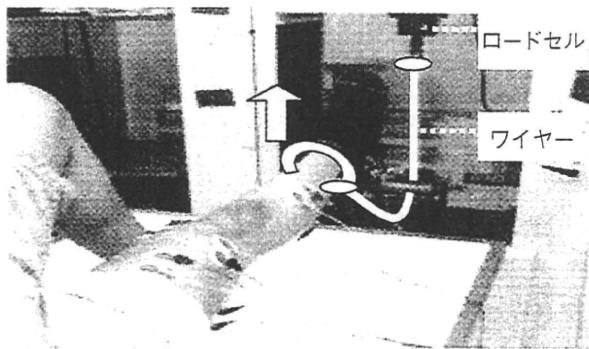


図3 オートグラフを用いた SLR の測定肢位
1 kN ロードセルに固定したワイヤーを足首に固定し挙上させて最大筋力測定および最大筋力の 60% 筋力を発揮させた.

膝関節を屈曲約 30 度とした長坐位で膝窩部に測定器を配置し, 骨盤帯と下腿遠位部に非伸縮性バンドで固定した (図 2a). 固定なし Q-セッティングは, 固定あり Q-セッティングで同様の姿勢とし, 非伸縮性バンドによる固定のない肢位とした (図 2b). SLR は, 背

臥位で非測定側の膝を屈曲させ, 膝伸展位で土面台から 20° 挙上した肢位とした (図 2c). 膝伸展運動は, 坐位で伸展位とした (図 2d).

測定中に 60% 筋力発揮を維持させる方法として以下の方法を用いた.

固定あり Q-セッティング, 固定なし Q-セッティングでは, 測定器を用いて最大筋力を計測し, その後最大筋力に対する 60% 筋力を設定し, 60% 筋力発揮時の筋活動を計測した. 本測定器は, 設定した筋力発揮に対し, 設定した負荷量に達した際に音と表示する機能をもつ⁵⁾.

SLR では, オートグラフを用い 1 kN ロードセルに固定したワイヤーを足関節部に固定し挙上させ (図 3), このときの最大引っ張り強度を SLR 時の最大筋力とした. 最大筋力に対する 60% 筋力を算出後, 同様の肢位

で60%筋力を発揮させ、そのときの筋活動を計測した。SLRの計測は、表示される筋力値と指示により筋力発揮を行った。

60%筋力は、60%程度の筋力を維持させる状態として、予備実験により±10%程度のばらつきがあることを確認し、その範囲内のデータを有効とした。

膝伸展運動は、被験者に最大収縮を意識して発揮してもらった。

すべての訓練は、それぞれ設定条件で実施し、その訓練維持時間は10秒間とした。

6. 統計処理

統計学的手法にはSPSS (ver. 11.5) を用いて、一元配置分散分析を行った。統計的有意水準は5%未満とした。

結果

1. SLRの筋活動

7筋ともに膝伸展運動と同等の筋活動量であり、統計的な差は認められなかった。膝伸展運動に対する筋活動量は100～150%程度であった(図4)。

2. 固定ありQ-セッティングの筋活動

前脛骨筋、腓腹筋およびハムストリングスでは、SLRおよび膝伸展運動の筋活動と統計的な差は認められなかった。大腿四頭筋ではすべての筋において最も筋活動量が高く、特に特に外側広筋、内側広筋では、SLR、膝伸展運動と比較して有意に高い筋活動量が確認された($p<0.05$) (図4)。

3. 固定なしQ-セッティングの筋活動

前脛骨筋、腓腹筋および大腿四頭筋では、

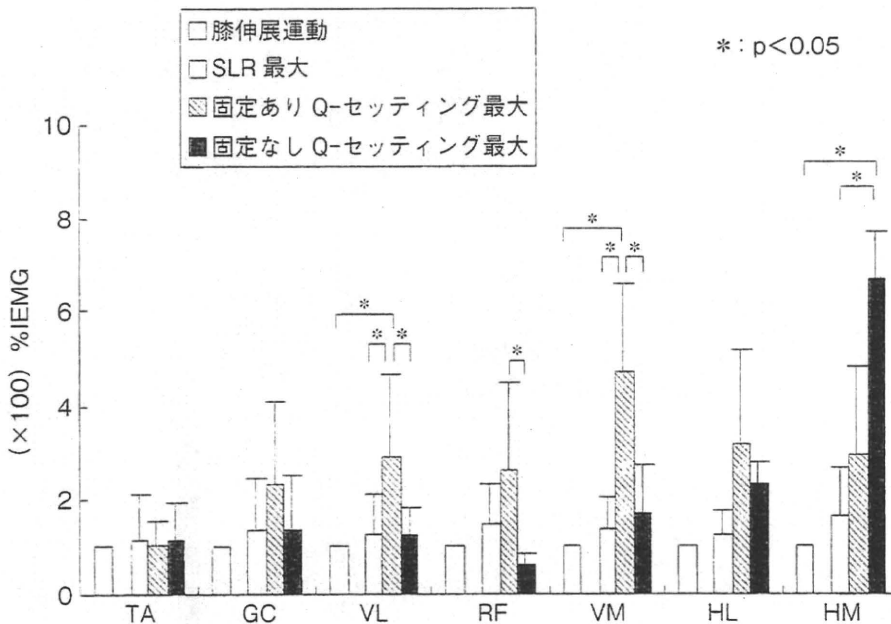


図4 部位別%IEMG

前脛骨筋(TA)、腓腹筋(GC)について、訓練の違いによる筋活動の差は認められなかった。

外側広筋(VL)、大腿直筋(RF)、内側広筋(VM)、外側ハムストリング(HL)、内側ハムストリング(HM)について、固定ありQ-セッティングはSLR、膝伸展運動と比較して外側広筋、内側広筋で有意に高い筋活動が確認され($p<0.05$)、固定なしQ-セッティングはSLR、膝伸展運動と比較して内側ハムストリングで有意に高い筋活動が見られた($p<0.05$)。

SLR および膝伸展運動の筋活動と統計的な差は認められなかった。内側ハムストリングでは SLR および膝伸展運動と比較して有意に高い筋活動量が認められた ($p < 0.05$) (図 4)。

4. 固定あり Q-セッティングと固定なし Q-セッティングの比較

固定することで内外側広筋, 大腿直筋の筋活動量が有意に高くなった ($p < 0.05$) (図 4)。固定なしの Q-セッティングは内側ハムストリングの筋活動量が高くなった ($p < 0.05$) (図 5)。

5. 同一負荷割合による比較

同一負荷割合 (60%) における筋活動の違いは, 固定あり Q-セッティングにおいては外側広筋が, 固定なし Q-セッティングにおいては内側ハムストリングが他の訓練と比較して筋活動量が有意に高くなった ($p < 0.05$) (図 5)。また固定なし Q-セッティングの場合, SLR と比較して大腿直筋の筋活動が有意に低い結果となった。

考 察

本研究の結果から, 膝伸展運動と SLR は類似の筋活動様式であったのに対し, Q-セッティングは, SLR および膝伸展運動とは異なる筋活動の様式を示した。固定あり Q-セッティングの場合, 他の訓練と比較して大腿四頭筋のすべての筋で筋活動量が高く, 特に広筋群で統計学的な有意差が認められた。これは固定することで骨盤および股関節の安定化が図られ主に膝伸展方向の力が働き, 大腿四頭筋の筋出力が発揮しやすくなったためだと考えられる。固定なし Q-セッティングの場合, 他の訓練と比較して大腿直筋の筋活動量が低い傾向にあったが大腿四頭筋全体としては差がないと考えられる。Soderberg ら⁶⁾ や Karst ら²⁾ は Q-セッティングは, SLR と比較すると内外側広筋の筋活動は高く, 大腿直筋の筋活動は低いことを示しており, 今回の結果でもほぼ同様の結果が得られた。

固定なし Q-セッティングは固定あり Q-セッティングとの比較において, 外側ハムス

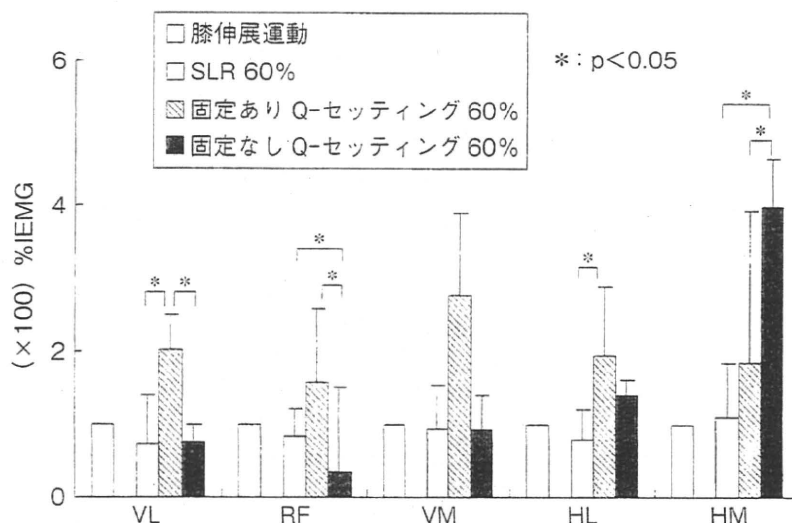


図 5 60%負荷における%IEMG

固定あり Q-セッティングは外側広筋で, 固定なし Q-セッティングは内側ハムストリングで他の訓練と比較して有意に筋活動が高い結果となった ($p < 0.05$)。

トリングでは同等，内側ハムストリングでは有意に大きい筋活動であった。河村⁴⁾は，股関節屈曲作用をもつ大腿直筋は股関節伸展が起きると働きの抑制されると述べていることから，固定なしQ-セッティングでは，この作用が働きハムストリングに影響を及ぼし，ハムストリングの拮抗二関節筋である大腿直筋の働きの抑制されたと考えられる。

以上のことから，Q-セッティングでは他の訓練と同等以上の効果があることが示され，方法を変えることで大腿四頭筋の筋活動を高め，またハムストリングの筋活動にも影響を及ぼすことが示唆された。

同負荷割合における筋活動の比較でも最大筋力発揮時とほぼ同様の結果で，固定ありQ-セッティングでは，外側広筋で筋活動が高く，固定なしQ-セッティングでは内側ハムストリングで筋活動が高くなった。この結果から，測定器を使用することで，強化したい筋を選択的に訓練することが可能であることが示唆された。

しかしながら，ハムストリングの筋活動が訓練効果のある大きさかどうかについては明確ではなく，今後ハムストリング単独の訓練などと固定なしQ-セッティングを比較し検証していく必要がある。さらに今回は，健康成人男女を対象とした研究報告であったが，下肢の筋力低下が顕著である高齢者や，変形性膝関節症を発症した患者においても同様の効果が得られるかを検証が必要と考える。

まとめ

測定器を用いたQ-セッティングは，膝伸

展運動およびSLRと同等以上の筋活動が確認され，大腿前面の筋力トレーニング効果が期待できることが明らかとなった。さらに，固定なしのQ-セッティングでは，ハムストリングの筋活動に影響を及ぼすことを確認した。Q-セッティングにおいて固定の方法を変更することにより，効率的な強化または選択的に大腿四頭筋やハムストリングの訓練が可能であることが示唆された。

文 献

- 1) Baker KR. et al: The efficacy of home based progressive strength training in older adults with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *J Rheumatol.* 28(7): 1655-1665, 2001.
- 2) Karst GM. et al: Electromyographic analysis of exercises proposed for differential activation of medial and lateral quadriceps femoris muscle components. *Phys Ther.* 73(5): 286-295, 1993.
- 3) 黒澤 尚ほか: 変形性膝関節症に対するSLR訓練の効果—多施設RCTの結果—。日整会誌 79: 9. 2005.
- 4) 河村顕治: CKCにおける大腿直筋のサイレント現象とハムストリングの膝伸展作用。運動・物理療法 20: 193. 2009.
- 5) 縄田 厚ほか: セッティング式筋力測定・訓練機による膝伸展筋力と筋力発揮パターンの解析について。運動・物理療法 19: 279-284. 2008.
- 6) Soderberg GL. et al: Electromyographic analysis of knee exercises in healthy subjects and in patients with knee pathologies. *Phys Ther.* 67(11): 1691-1696, 1987.
- 7) 渡辺博史ほか: 大腿四頭筋セッティング訓練—視覚的なフィードバックの効果—。理学療法学 28: 80. 2001.
- 8) 渡辺博史: 筋力強化の実際。古賀良生編，変形性膝関節症—病態と保存療法。南江堂，東京，pp 161-175. 2008.

小児骨折の疫学

大森 豪*

骨折は小児の代表的な外傷であり、近年発生増加が指摘されている。我々が新潟市において長期に行ってきた疫学調査では、骨折発生率は27年間で3.46倍に増加しており、中学2年生に発生のピークがみられた。また、骨折部位は手指や前腕骨など上肢に多く、受傷状況は部活動や体育などスポーツ活動時が多かった。すなわち、骨折増加の背景因子として成長スパート期の活発な運動による受傷パターンが想定され、運動過多によるover useが影響していることが示唆された。

Bone and joint diseases in children.

Epidemiology of childhood fractures.

Center for Transdisciplinary Research, Niigata University.

Go Omori

Epidemiology of childhood fractures in Niigata city was longitudinally evaluated. Incidence of fracture was increased by 3.46-fold in 27 years follow-up period with the peak incidence at 14 years of age (second grade of junior high school). Most affected site was upper extremity and main cause of fracture was sports activity. From the current study, one risk factor of the childhood fracture could be aggressive sports activity and additional effect of growth spurt and over use.

はじめに

骨折は小児期における代表的な外傷であり、近年、その発生が増加傾向にあることが国内外の研究で指摘されている^{1)~4)}。小児期の骨折はその後の成長や身体機能に重大な影響を与える場合もあるため、適切な治療とともに発生予防が重要であ

る。そのためには、小児期の骨折発生頻度、骨折部位、受傷状況を評価した上で危険因子を明らかにする目的での疫学調査が不可欠と考えられる。

我々は、新潟市において小中学校の生徒を対象とした学校管理下での骨折発生調査を長期にわたり行ってきた。その調査結果について概説する。

*新潟大学超域研究機構・教授(おおもり・ごう)

新潟市における小中学生の骨折発生調査の概要

我々は、1981年に当時新潟市の小中学生を対象にして学校管理下の骨折発生状況について、日本体育学校健康センター（現日本スポーツ振興センター）の災害報告書をもとに、骨折発生数、受傷部位、受傷時期などについて調査した。さらに、中学校3年生を対象として骨折既往および生活状況に関するアンケート調査を実施した⁵⁾。以後、9年間隔で第2回調査（1990年）、第3回調査（1999年）を実施、2008年には第4回調査を行った。そして、骨折発生状況の変化のみならずスポーツ活動との関連や平衡機能訓練の効果などについても報告してきた^{6)~8)}。

新潟市における小中学生の骨折発生調査（第4回調査：2008年）結果と過去調査との比較

第4回調査は、新潟市教育委員会の協力のもと2008年7月に実施した。新潟市は2007年に政令指定都市となり、教育単位も大きく変更となったため、過去の調査と同じ合併前の旧新潟市の小中学生41,198名（小学生：27,666名、中学生：13,532名）を対象とした。調査は過去4回と同様に、まず、各学校から提出された災害報告書から学校管理下の骨折について過去9年間（1999年～2007年）の骨折発生数、骨折部位、受傷状況について調べた。さらに、今回は対象者全員に対して骨折の既往および生活状況（食生活、運動状況など）について無記名でのアンケート調査を行った。なお、本研究は、新潟大学医学部倫理委員会の承認を受け、さらに、新潟市教育委員会の協力を得て各小中学校および父兄に十分な説明を行ったうえで実施した。

小中学生100人当たりの骨折発生数は、1999年では1.89件であったものが2007年には2.39件に増加していた。さらに、1981年の初回調査では小中学生100人当たりの骨折発生数は0.69件であり、27年間で3.46倍に増加してい

た。2007年度の学年別、男女別の骨折発生数は、男女とも小学校1年生から学年とともに増加し、男子では中学校2年生、女子では中学校1～2年生に骨折発生のピークが認められた。また、中学3年生は男女とも大きく減少しており、これは部活の引退や受験による運動量の低下によるものと思われた（図1）。また、学年別の骨折発生数を過去4回の調査と比較してみるとすべての調査で同様に中学2年生に骨折発生のピークがみられた（図2）。骨折部位は手指および前腕、上腕といった上肢が多く、この傾向は過去4回の調査でも同様であった（図3）。受傷状況を学校管理下の活動内容で評価してみると、1981年の初回調査では休み時間中での受傷が最多で、部活動および体育が10%程度のほかは、受傷状況が多岐にわたっていた。しかし、調査回数とともに部活動と体育中の受傷が増加し、2008年の第4回調査では部活動と体育と休み時間中の受傷がほぼ1/3ずつを占める結果となっていた（図4）。

考察

小児期の骨折発生に関する欧米の疫学調査では、Landinらはスウェーデンのマルモ地域における1950年から1979年までに発生した8,682骨折を解析し、骨折部位は前腕骨、手指の順に多く、発生率は30年間で2倍に増加したと報告している⁴⁾。また、Cooperらは1988年から1998年に英国で生じた84,129件の骨折を評価し、骨折発生率は年間100人当たり1.33件で部位はやはり前腕骨に多いとしている⁹⁾。近年、Rennieらは同じ英国のスコットランドで2000年に発生した2,198件の骨折を調査し、発生率は年間100人当たり2.02件としている³⁾。すなわち、同じ英国の調査においても小児骨折は増加の傾向にあると考えられる。一方、わが国においてもいくつかの調査が行われている。高沢らは昭和57年に全国6地区（北海道、東京、千葉、神奈川、

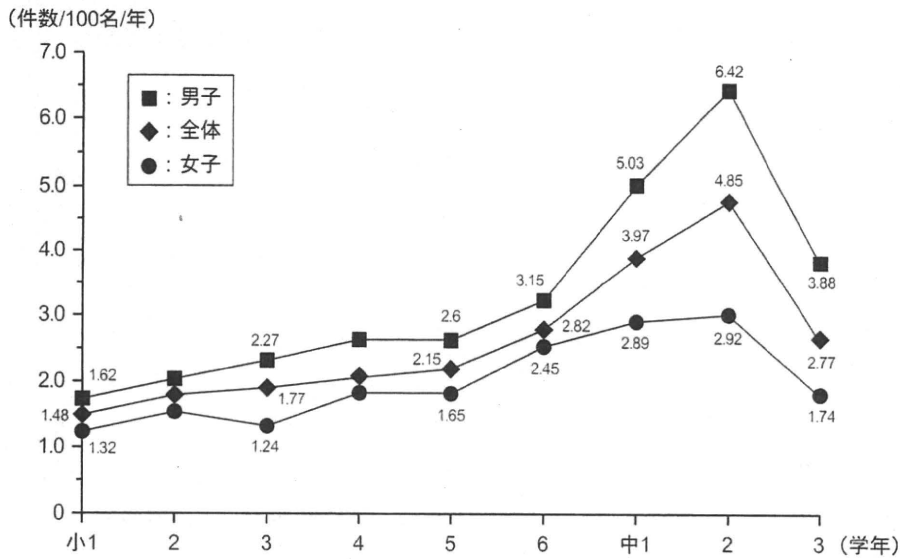


図1 第4回調査における男女別・学年別骨折発症数

男女とも小学校1年生から学年とともに増加し、男子では中学校2年生に、女子では小学校6年生～中学校1年生に骨折発生のピークが認められる。

(筆者作成)

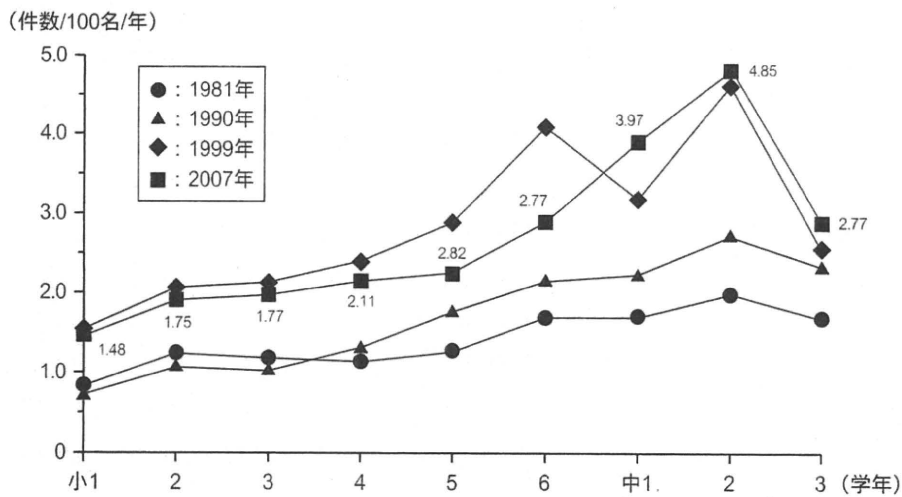


図2 過去4回の調査における学年別骨折発症数の比較

過去4回のいずれの調査においても骨折発生は小学校1年生から学年とともに増加し、中学校2年生に発生のピークがみられる。

(筆者作成)

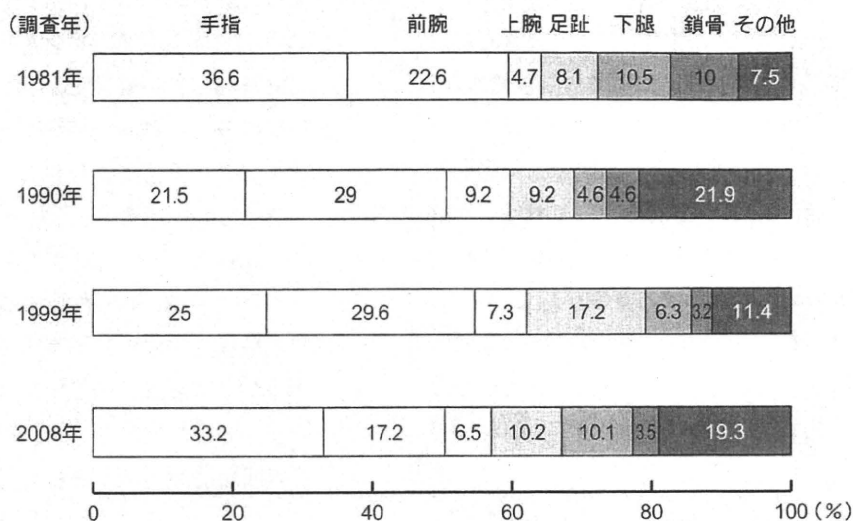


図3 過去4回の調査における骨折部位の比較

いずれの調査においても手指、前腕骨、上腕骨といった上肢骨の骨折が多く認められる。
(筆者作成)

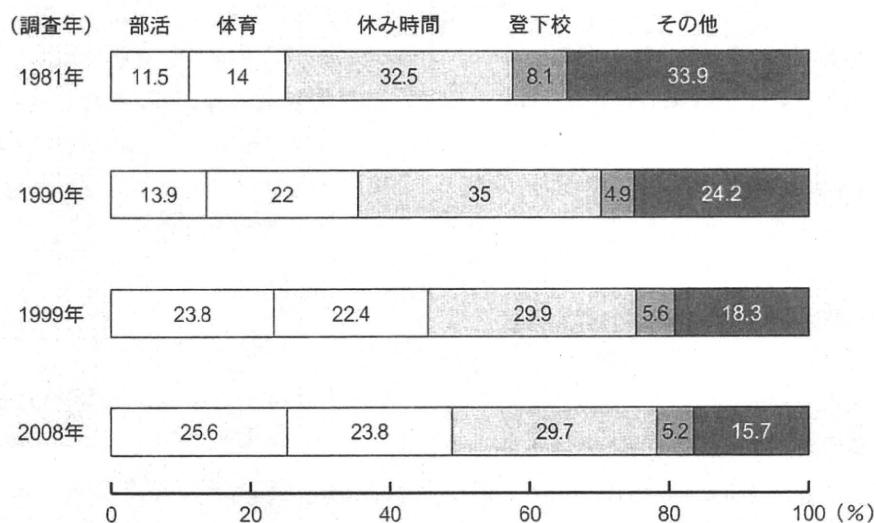


図4 過去4回の調査における骨折受傷状況の比較

第1回調査では、休み時間の受傷が最多であったが、調査回数を重ねるにつれて部活動や体育時間といったスポーツ活動中の受傷が増加している。

(筆者作成)

新潟、高知)における975例の小児骨折を評価し、男子は12歳、女子は11歳に発生のピークがあり、部位は前腕骨や手指骨に多いと報告し

た¹⁰⁾。また、杉森らは平成13年度の千葉県小中学生55,464名の災害報告書を分析し、骨折発生率は男子で1.9%、女子で0.9%であり、男子は

中学1～2年生、女子では小学校5～6年生に骨折発生のピークがあると述べている¹⁾。さらに、鳥居らは日本スポーツ振興センター(学校管理下)およびスポーツ安全協会(地域のスポーツクラブなどを含む)の2つの保険統計を横断的、縦断的に解析し、骨折発生率が学校管理下では30年間に約2倍に、地域のスポーツクラブなどでは20年間に約3倍に増加していることを示している²⁾。

我々が今回、新潟市において行った調査では、骨折発生数は100人当たり2.39件で、前述したほかの報告(1.4～2.0件)に比べてやや高い値となっていた。一方、骨折発生率の変化については、我々の調査では27年間で3.46倍の増加率であり、鳥居やLandinの報告と類似している。また、骨折部位や受傷状況については、手指や前腕骨など上肢骨が骨折部位として多く、部活動や体育などスポーツ活動時の受傷が多いという結果は、我々の調査およびほかの調査においても共通した結果であった。さらに、骨折発生のピークは、男子で中学校1～2年生、女子で小学校6年～中学校1年生に共通して認められ、いわゆる成長スパート期との関連性が示唆される。

小児の骨折発生増加に影響する因子には、運動能力や栄養状態、生活習慣などの多くの内容が関連していると思われる(表1)。我々が行ってきた新潟市の調査では、骨折の受傷状況として部活動や体育などスポーツ活動中が多く、また、中学3年生に対する骨折既往に関するアンケート調査から得られた結果は、過去に骨折を経験したことの

表1 小児骨折の増加に関与すると想定される因子

小児骨折増加の背景には栄養や成長、運動時間や医療の進歩など複数の因子が関与している。

- ・食生活の変化⇒骨脆弱性増加
- ・身体発育状況の変化⇒体型変化⇒運動機能・平衡機能低下
- ・スポーツ活動の増大⇒over use, 外傷の機会増加
- ・医療の進歩⇒骨折発見の増加

(筆者作成)

ある群が骨折をしていない群に比べて身長が有意に高く、体重も有意に多くなっていた。さらに、運動時間も骨折経験群が長い結果となっていた。すなわち、これらの結果からは骨折の背景因子のひとつとして比較的体格の大きい子が運動を活発にやっけていて受傷するパターンが想定され、さらに、成長スパート期の身体特性や長時間練習によるover useなどが影響すると考えられる。一方で、鳥居は小児骨折増加の背景因子として運動を含めた日常活動性の低下により体力、運動能力の低下、肥満の増加が生じ、結果として転倒や転落時の回避能力の低下を招いて骨折が発生すると述べている。おそらく、近年の小児骨折増加の背景には、この相対する2つの要素が両方とも存在することが考えられ、今後、さらに詳細な解析を進めるとともに有効な予防策を構築する必要がある。

おわりに

小児の骨折は確実に増加しており、その背景には複数の因子が影響しているが、いまだ不明な点も多く存在する。しかし、骨折増加に歯止めをかけることは急務であり、今後もさらなる研究の発展が期待される。

文 献

- 1) 杉森裕樹, 小田島 剛, 山口勝正: 我が国のこどもの骨折の疫学. *CLINICAL CALCIUM* **18** (6): 844-850, 2008.
- 2) 鳥居 俊: 小児骨折の疫学的検討. *日小整会誌* **14**: 125-130, 2005.
- 3) Rennie L, Court-Braun CM, Mok JY, et al: The epidemiology of fractures in children. *Injury* **38**: 913-922, 2007.
- 4) Landin LA: Epidemiology of children's fracture. *L Pediatr Orthop* **B 6**: 79-83, 1997.
- 5) 古賀良生, 高橋栄明, 浅井 忍ほか: 新潟市における学童生徒の骨折に関する分析. *整災外* **26**: 347-354, 1983.