

歩行立脚初期における膝関節側方動揺

Knee Joint Thrust During the Early Stance Phase of Gait Cycle.

長崎 浩爾* 古賀 良生** 寺島 和浩***

Abstracts

This paper is performed to evaluate with the knee joint motion of the active flexion (without weight bearing motion) and of the early stance phase during gait cycle (with weight bearing motion) by using a three-dimensional knee motion analysis system and the biomechanical pathogenesis of osteoarthritic knee is also discussed.

Assessments were practiced about the knee motion of eighteen female patients with osteoarthritic knees; the controls were sixty-five volunteers of the adult healthy group including thirty-four males and thirty-one females. Typical motion patterns of active flexion and of early stance phase during gait cycle were evaluated to detect the difference based on osteoarthritis levels and gender.

In results of this study, changes of adduction and internal rotation were appeared in the knee motion pattern during active flexion and early stance phase during gait cycle. During the active flexion, the mean values of adduction angle during flexion were 0.38 ± 0.22 degrees in male group(MG), 0.18 ± 0.28 degrees in female group(FG) and 0.29 ± 0.21 degrees in osteoarthritic knee group(OAG). On the other hand, in the early stance phase, the mean values of adduction angle during flexion were 0.29 ± 0.21 degrees in MG, and were 0.29 ± 0.27 degrees in FG and 0.87 ± 0.48 degrees in OAG.

During weight bearing motion of OAG, adduction angles increased to 0.58 degrees in the osteoarthritic knee, remarkably, that should mean as a phenomenon of the knee thrust. The thrust of OAG might be related to the joint laxity, deterioration of power in the quadriceps femoris muscle, the problem of their body weight and of aging.

In the present study, the biomechanical pathogenesis of an osteoarthritic knee would be discussed

*NAGASAKI, Koji [情報文化学部体育非常勤講師]

**KOGA, Yoshio [新潟こばり病院整形外科]

***TERAJIMA, Kazuhiro [新潟医療福祉大学]

about factors of osteoarthritic knee and be presented a few sources of knee osteoarthritis of female quantitatively.

Keywords: Knee osteoarthritis, Knee joint motion, Thrust, 6-degree-of-freedom electric goniometer, Gender differences

緒言

高齢社会に伴って増加している退行性変性疾患の一つである変形性膝関節症（osteoarthritis of the knee: 膝OA）は、膝関節の内反変形を伴い、男性と比較して女性に多く発症する。そして症状の進行により、膝関節伸展における終末回旋（screw home motion）の破綻や歩行立脚初期における側方動揺（thrust）等の異常運動の発現が知られている²⁾。しかし、これらの異常運動と膝OAが女性に多く発症することとの関連は不明である。そこで、本研究では歩行立脚初期の膝関節運動を3次元的に解析して側方動揺と膝OAとの関連、さらに膝OAが女性に好発する要因を検討した。

方法

対象は20～50歳代の健常男性34名（平均年齢 35.9 ± 12.7 歳、男性群）、健常女性31名（平均年齢 38.6 ± 12.1 歳、女性群）、膝OA女性患者18名（平均年齢 69.9 ± 5.7 歳、OA grading system after Kellgren: Grade IV、膝OA女性群）とした。

膝関節運動は6自由度電気角度計（測定精度：並進 ± 0.5 mm、回転 ± 0.5 度）及び³⁾ computed radiography を用いた2方向X線撮影法を組み合わせた3次元膝関節運動解析システムにより測定し、大腿骨と脛骨の相対運動として3次元的に解釈した（図1）⁶⁾。

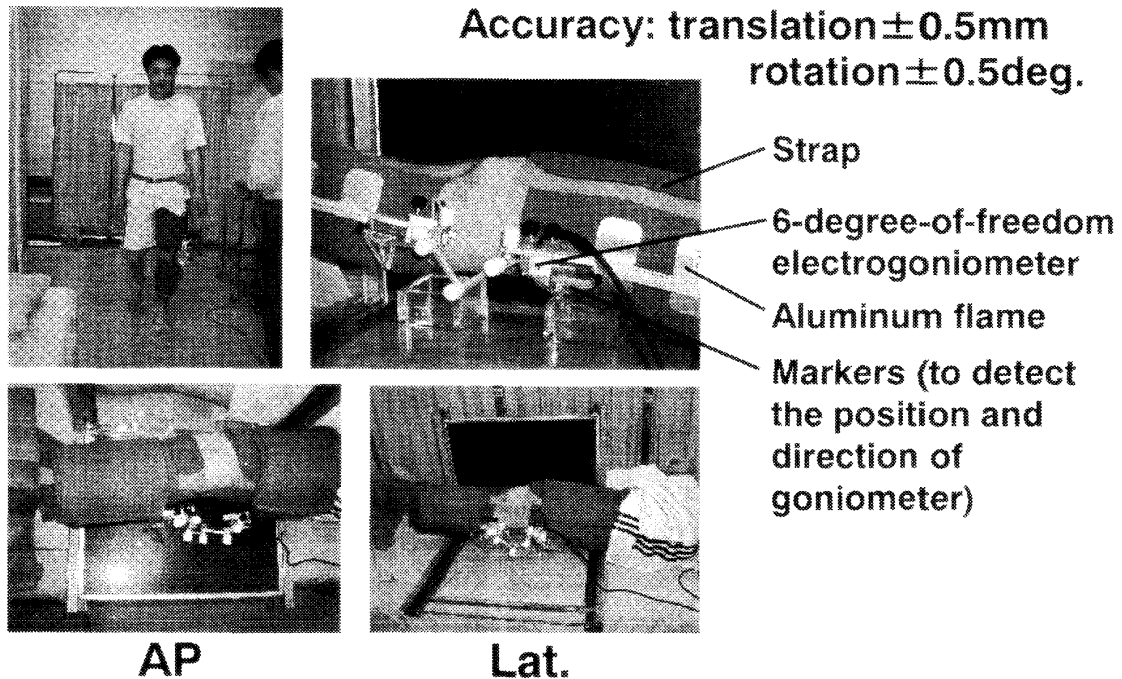
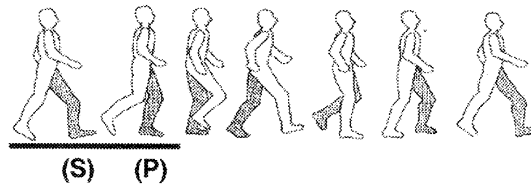


図1. Measurement system.

検討した運動は、膝関節を最大伸展させた状態から屈曲させる自動屈曲運動（非荷重運動）と歩行の踵接地(S)から歩行立脚初期の最大屈曲時(P)まで（荷重運動）であり、それぞれの運動で同様の屈曲変化を示す運動局面を比較した（図2）。着目した運動要素は、6自由度パラメータ（屈曲と屈曲運動に伴う内外反、回旋、内外側、前後、遠近位）のうち、特に膝OAの異常運動である screw home motion 破綻と側方動揺の発現要因に関連すると考えられる内外反と回旋とした。そしてそれらの変化を最小二乗法で直線近似し、その傾きから運動の方向を屈曲に内反・内旋、内反・外旋、外反・内旋、外反・外旋を伴う4パターンに分類して検討した。さらに荷重による変化をその変化量から検討した（図3）。なお、歩行立脚初期での踵接地時と初期屈曲の最大屈曲時の膝関節角度変化量についても検討した。

Early stance phase of the gait cycle (with weight bearing)



Active flexion (without weight bearing)

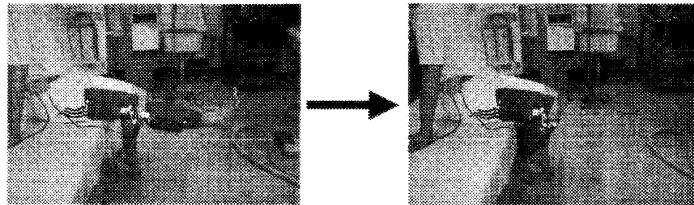
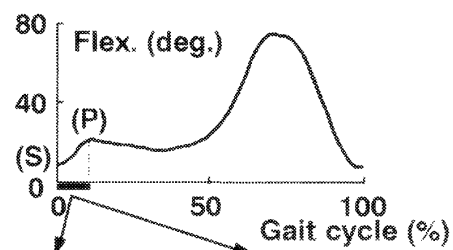
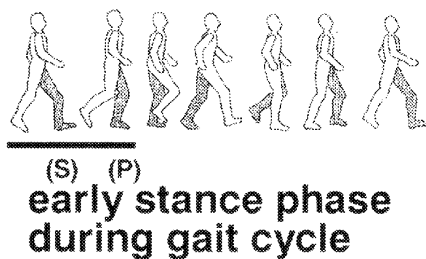


図2. Knee motions.

Thrust is well recognized as typical pathological motion in knee OA, which can be detected as an acute adduction in the early stance phase of the gait cycle.

(S): Heel contact. (P): Peak flexion in the stance phase.

Gait



(S): Heel contact
(P): Peak flexion in
the stance phase

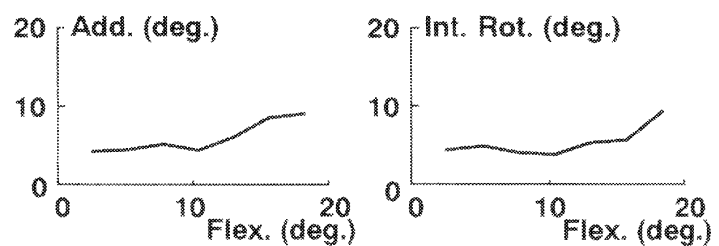


図3. Analysis methods (gait).

結果

1. 歩行立脚初期における膝関節の角度変化

歩行の踵接地時の膝関節角度は、男性群が 5.40 ± 5.19 度、女性群が 6.58 ± 5.06 度、膝OA女性群が 14.78 ± 6.24 度であり、女性群と膝OA女性群間で有意差 (Unpaired t-test: $p < 0.001$) が認められた。そして膝関節初期屈曲の最大時の膝関節角度は、男性群が 19.60 ± 6.43 度、女性群が 18.11 ± 6.52 度、膝OA女性群が 18.59 ± 7.27 度であった。そしてその膝関節角度の変化量は、男性群が 14.20 ± 5.46 度、女性群が 11.53 ± 5.17 度で性差が認められ (Unpaired t-test: $p < 0.05$)、膝OA女性群が 3.82 ± 1.41 度で女性群と膝OA女性群間で有意差 (Unpaired t-test: $p < 0.001$) が認められた (図4)。

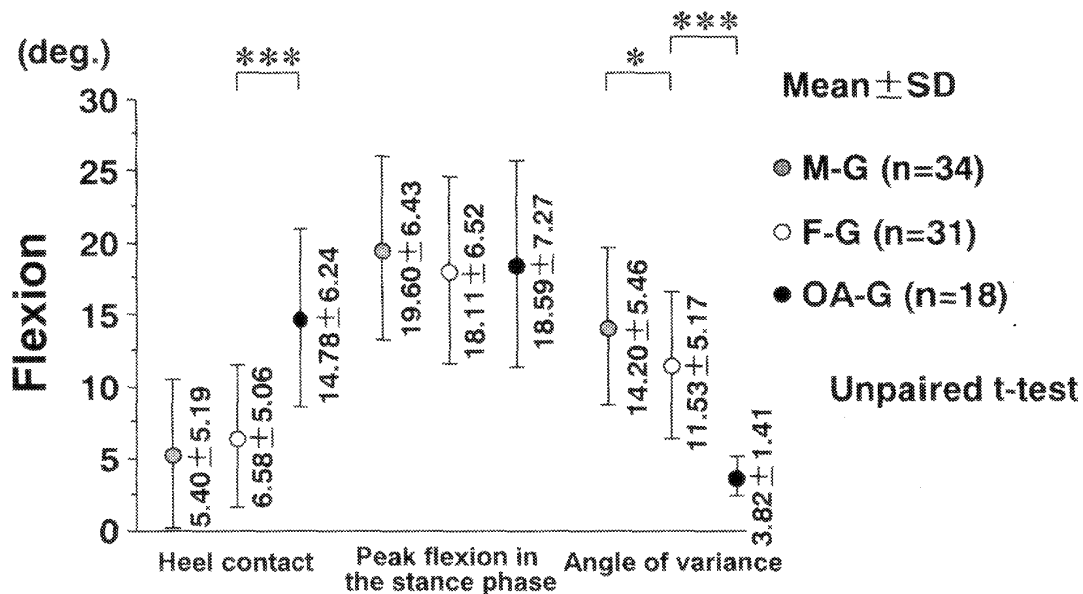


図4. Comparison of flexion angle of the early stance phase during gait cycle.

2. 歩行初期立脚（荷重運動）と自動屈曲運動（非荷重運動）の運動パターン

非荷重運動である自動運動屈曲において、内反・内旋は男性群82.4%、女性群64.5%、膝OA女性群83.3%、内反・外旋は男性群14.7%、女性群12.9%、膝OA女性群11.1%、外反・内旋は男性群2.9%、女性群19.4%、膝OA女性群5.6%、外反・外旋は男性群0%、女性群3.2%、膝OA女性群0%であった (図5)。

荷重運動である歩行初期立脚の屈曲において、内反・内旋は男性群97.1%、女性群80.6%、膝OA女性群83.3%、内反・外旋は男性群0%、女性群9.7%、膝OA女性群16.7%、外反・内旋

は男性群2.9%、女性群9.7%、膝OA女性群0%、外反・外旋は男性群0%、女性群0%、膝OA女性群0%であった(図5)。

荷重によって内反量が増加したものは男性群23.5%、女性群54.8%、膝OA女性群88.9%であった。また内旋量が増加したものは男性群79.4%、女性群54.8%、膝OA女性群72.2%であった。

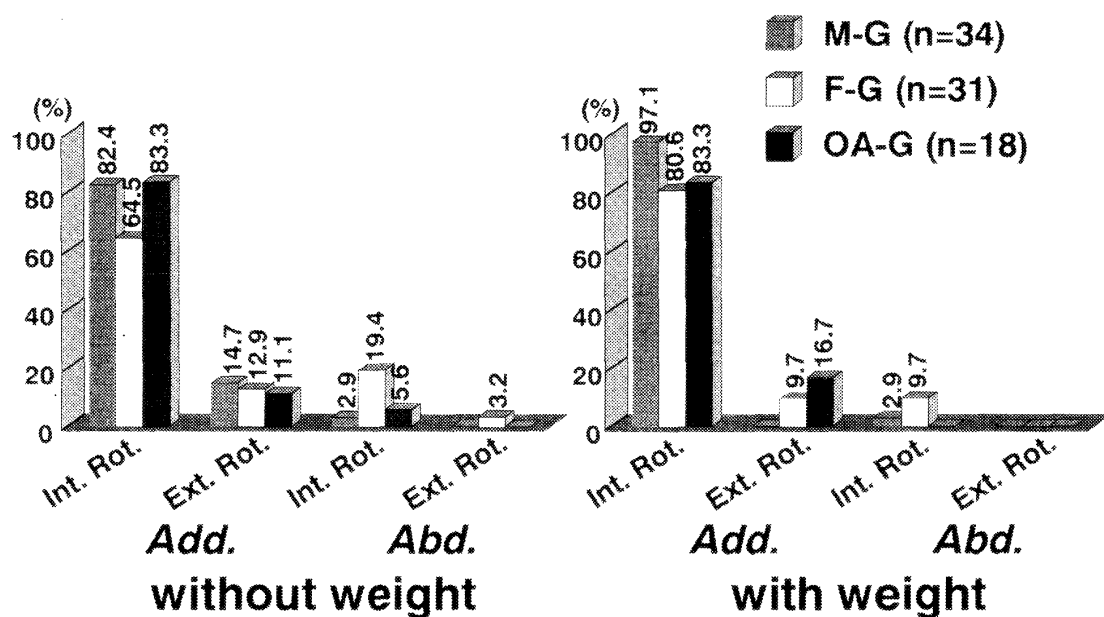


図5. Histogram of the motion pattern of early stance phase and active flexion (same flexion range) with/without weight bearing.

3. 屈曲に伴う内反量

非荷重運動では男性群が 0.38 ± 0.22 度、女性群が 0.18 ± 0.28 度で性差が認められ (Unpaired t-test: $p < 0.01$)、膝OA女性群は 0.29 ± 0.21 度で、女性群と膝OA患者群間で有意差は認められなかった。荷重運動では、男性群が 0.29 ± 0.21 度、女性群が 0.29 ± 0.27 度、膝OA女性群が 0.87 ± 0.48 度であり、女性群と膝OA女性群間で有意差が認められた (Unpaired t-test: $p < 0.001$)。すなわち、男性群は荷重によって内反量が減少するのに対して女性群は増加し、さらに膝OA女性群の内反増加量は非常に大きいことが認められた(図6)。

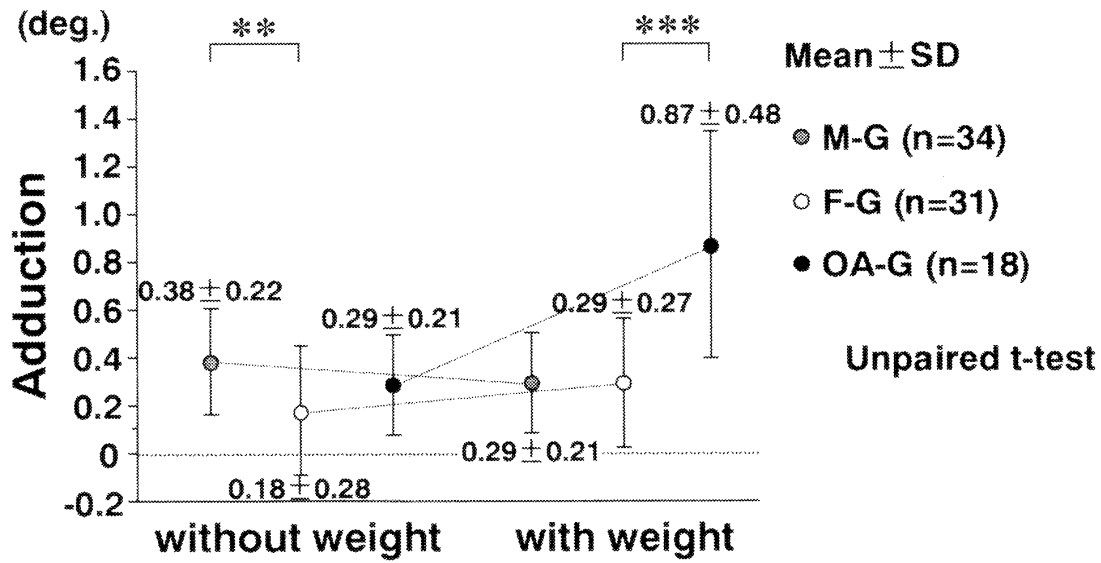


図6. Comparison of variance of adduction.

4. 屈曲に伴う内旋量

非荷重運動では男性群が 0.21 ± 0.20 度、女性群が 0.19 ± 0.22 度、膝OA女性群が 0.20 ± 0.16 であった。一方、荷重運動では男性群が 0.56 ± 0.33 度、女性群が 0.30 ± 0.34 度で有意差すなわち性差が認められ (Unpaired t-test: $p < 0.01$)、膝OA女性群は 0.61 ± 0.72 度で女性群と膝OA患者群間で有意差が認められた (Unpaired t-test: $p < 0.05$) (図7)。

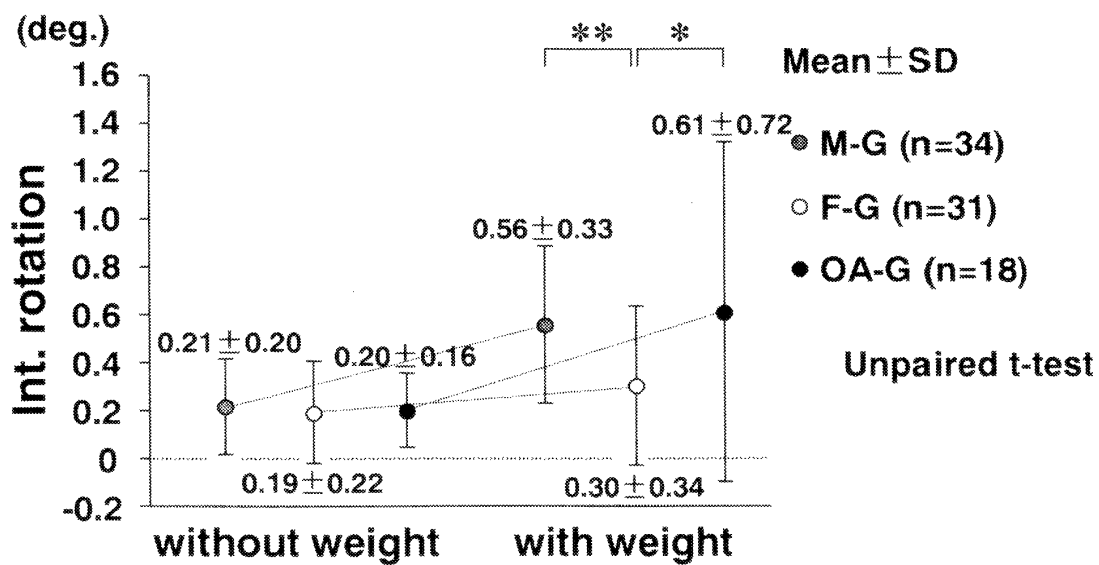


図7. Comparison of variance of internal rotation.

考察

膝OA発症要因に関する研究は数多く行われているが、膝関節運動を運動学的な観点から3次元的に検討した報告は少ない。我々は3次元膝関節運動解析システムを用い、膝OAの進行に伴い screw home motion が破綻し、歩行時に側方動揺が発現することを報告してきた^{2), 4), 5)}。しかし、このような異常運動と膝OAが女性に多く発症することとの関連は不明であるため、歩行立脚初期の膝関節運動を3次元的に解析して側方動揺と膝OAとの関連、さらに膝OAが女性に好発する要因を男性の膝関節運動との比較から検討した。

Harringtonら¹⁾は健常者、膝OA患者の関節に作用する力について検討し、荷重は静的な立位状態よりも歩行時の方が大きく、一般的な傾向として、力は膝関節の内側を通るように伝達されると指摘している。これは動的な荷重の通過位置と荷重の膝関節への影響を示唆したものである。本研究で検討した荷重運動と非荷重運動の一般的なパターンはともに屈曲に内反・内旋を伴い、特に女性群は荷重によって内反量が増加することが明らかとなり、前述の報告とも合致することから妥当な結果と思われる。

荷重による膝関節運動変化の検討で女性群と膝OA女性群を比較すると、膝OA女性群の歩行立脚初期における膝関節の屈曲角度変化が非常に小さいにも関わらず、内反量の増加が大きかったことから、歩行立脚初期の側方動揺は、荷重負荷による急激な内反を主とした異常運動であると思われる。健常者においては、女性群で荷重によって内反量が増加する性差が認められ、歩行立脚初期における膝関節の屈曲角度変化は男性群と比較して女性群で小さいにも関わらず、そのときの内反増加量は女性群が大きかった。これには筋力や関節柔軟性等の性差が影響していると考えられ、このような要因が膝関節に不安定性を発生させて、さらに内反量が増加し、結果的に膝OAに結びつくと推察される。

また、回旋について大森ら³⁾は進行期膝OA患者の脛骨関節面形状と膝関節運動から回旋運動は脛骨関節面の欠損部拡大に伴って立脚歩行初期では主として内旋、約20%に外旋が見られ、最終的には内旋が消失していくことを報告している。今回の結果では、多くの場合は内旋を伴ったが女性群と膝OA女性群において外旋も認められたことから、その回旋の方向と変化量については、膝OAの進行に伴う脛骨関節面の軟骨欠損による影響があると考えられるが、膝OAに結びつく運動学的要因となる可能性もあり、着目すべき点と考えている。

今回の結果は膝運動解析のみのものであったが、今後は下肢アライメント等と合わせて検討していく必要があると思われる。

結論

膝関節運動を6自由度電気角度計と2方向X線撮影法を組み合わせた方法で解析した結果、歩行立脚初期の側方動揺は、荷重負荷による急激な内反を主とした異常運動であることが明らかとなった。さらに健常者の膝関節運動の性差から、女性の膝関節の柔軟性と下肢の低筋力による内反量の増加が膝OAの発症に関与することが示唆された。

参考文献

- 1) Harrington, I.J. :Static and dynamic loading patterns in knee joints with deformities. *J.Bone and Joint Surg.*, 65-A: 247-259, 1983.
- 2) 石井義則, 古賀良生, 高橋栄明, 寺島和浩, 原 利昭:変形性膝関節症の歩行解析. 整形外科バイオメカニクス, Vol. 13, 1991.
- 3) 大森 豪, 古賀良生, 寺島和浩, 寺島正二郎, 高橋栄明, 鈴木禎宏:進行期変形性膝関節症における脛骨関節面形状と膝関節運動の関連. 日整会誌, 69, 1995.
- 4) 寺島正二郎, 清水雅晴, 寺島和浩, 原 利昭, 古賀良生, 佐々木孝善:健常者における膝3次元運動解析. 日本臨床バイオメカニクス学会誌, Vol. 15, 379-382, 1994.
- 5) 寺島和浩, 清水雅晴, 寺島正二郎, 原 利昭, 古賀良生:歩行時の三次元荷重線の推定. 日本臨床バイオメカニクス学会誌, Vol. 15, 369-374, 1994.
- 6) 寺島和浩, 土屋裕治, 原 利昭, 石井義則, 古賀良生:CRを用いた膝運動三次元解析システムの信頼性についての検討. 整形外科バイオメカニクス学会誌, Vol. 13, 219-223, 1991.