

RA 人工関節手術の進歩

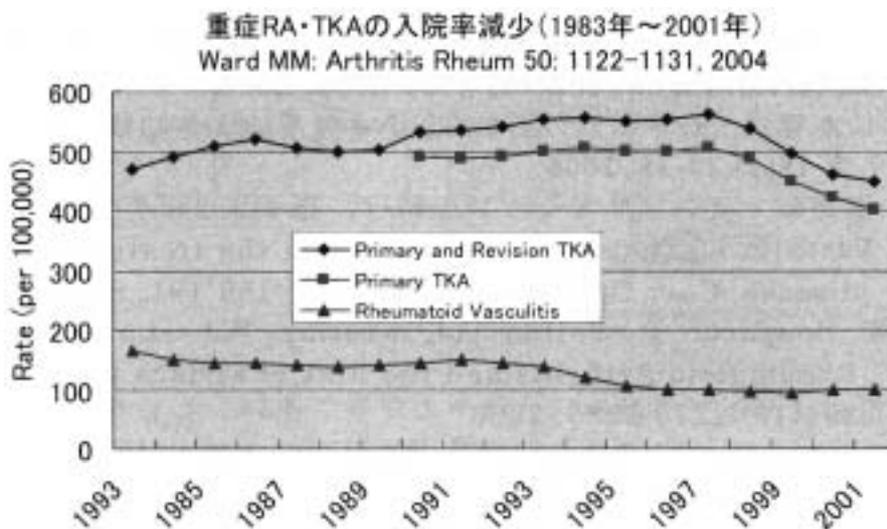
宮原 寿明 九州医療センター整形外科・リウマチ科

(2007年、第8回博多リウマチセミナー)

【生物学的製剤とこれからの RA 人工関節手術】

近年の生物学的製剤による関節破壊の進行遅延・抑制はリウマチ関節外科手術の大半を占める人工関節手術にも大きな影響を与えると考えられる。手術症例数に関して、米国カリフォルニア州では RA 患者が人工膝関節置換術 (TKA) を受けるために入院する比率は 1998 年以降次第に減少してきている。これは時期的にみて生物学的製剤以前の MTX を中心とした RA 薬物療法の進歩の結果と考えられる。今後、生物学的製剤の骨関節破壊抑制効果が加わり、さらに手術の必要性が減少していくかもしれない。現在のところ関節破壊抑制効果に関する報告は手足の中小関節に限られており、下肢の荷重大関節に対する効果は明らかではない。しかし、大関節・荷重大関節でも、これまで手術時に苦慮していた高度な骨脆弱性、骨破壊、骨欠損、変形、多関節罹患、全身筋力低下・ADL 低下が減少することが期待される。生物学的製剤によってこれら重症の RA が減少あるいは軽症化するのであれば、現在 OA に対しておこなわれている最新の整形外科手術手技が RA 患者にも適用可能となり、臨床成績の向上とより良い ADL・QOL の獲得にもつながると考えられる。人工股関節置換術 (THA) が全例セメントレスでおこなえたり、人工膝関節置換術 (TKA) でも最小侵襲手術 (MIS) が可能であったり、初期固定性の改善でリウマチ患者でも術後早期荷重歩行、早期退院、社会復帰が可能となることを期待したい。

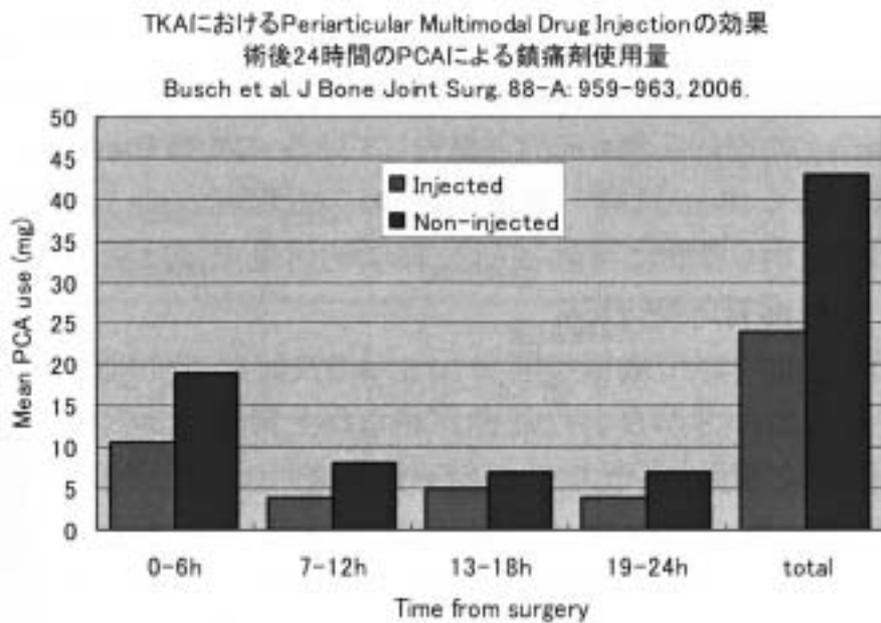
以下、RA 人工関節手術でも特に多い人工膝・股関節手術の進歩について述べる。



【人工膝関節 (TKA)】

1. 術後疼痛コントロール

TKA は人工股関節置換術 (THA) に比べて術後疼痛が強いため、疼痛管理に対する関心が高い。関節内や周囲への局麻剤注入、硬膜外ブロック、大腿神経ブロック等により術後早期の疼痛コントロールを図る報告が多い。持続硬膜外ブロックは、術後 DVT 予防のための抗凝固療法が広くおこなわれるようになった現在、硬膜外チューブの持続留置が硬膜外血腫を起こす危険性が高いため使用しにくい。Hartrick は長時間作用性 morphine を硬膜外に単回注入する方法の有効性を示した。Vendittori、Constant は術中、関節包後面、内外側副靭帯、大腿四頭筋、伸筋支帯、皮下・皮膚など関節周囲に長時間作用性局麻剤 (アナペイン) や NSAIDs、morphine、epinephrine など多作用性薬剤を注入し、術後の有意な鎮痛効果を発表している。TKA 後の疼痛管理は可動域改善、筋力回復に向けた積極的なリハビリを進める上で必須であり、MIS (minimal invasive surgery: 最小侵襲手術) による疼痛軽減効果と併せて、今後も検討が必要である。



2. TKA の臨床成績

Revision を end point とした術後 15 年以上の survival rate は OA、RA を問わず、いずれの報告でも 90%を越し、長期成績は良好である。

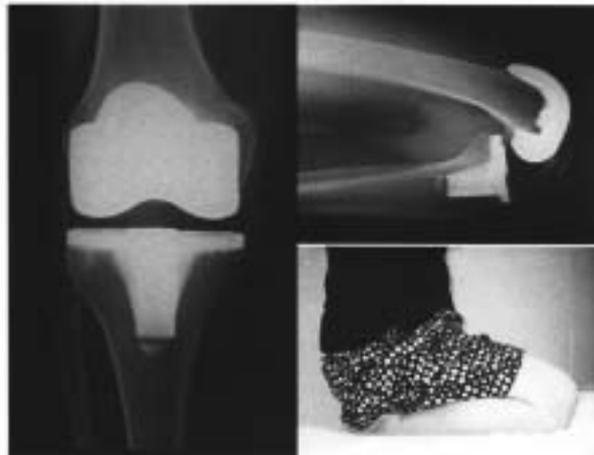
| 報告者 | 報告年 | fixation technique | design | 機種 | | 症例数 | survival rate (years) | end point |
|---------|------|--------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------|---------------|-----------------------|---|
| Ma | 2005 | cemented | | Total Condylar | Howmedica | 64 膝 | 91.9% (21 年) | revision or mechanical failure |
| Vessely | 2005 | cemented | | Total Condylar | Howmedica | 331 膝 | 98.8% (15 年) | revision for aseptic loosening |
| Dixon | 2005 | | CR | Press-Fit Condylar | Johnson & Johnson | 109 膝 | 92.6% (15 年) | revision or any reoperation |
| Tarkin | 2005 | cementless | mobile bearing | Low Contact Stress | DePuy | 70 膝 | 97% (16 年) | revision for aseptic loosening |
| Meding | 2004 | | CR | | | RA212 膝 | 96.5% (15 年) | loosening or revision except for infection or failure of a metal-backed patella |
| Sharma | 2005 | cementless | mobile bearing | Low Contact Stress | DePuy | RA63 膝 | 94% (16 年) | revision or removal for any reason |
| Crowder | 2005 | cemented | | Cruciate Condylar or Total Condylar | Howmedica | 55 歳以下 RA47 膝 | 93.7% (20 年) | revision or mechanical failure |

3. Mobile-bearing TKA

Mobile-bearing TKA は contact stress が少ないことから polyethylene wear や loosening の減少が期待されている。Callaghan は 119 例の 15 年以上の成績で aseptic loosening や revision、bearing の脱臼が無かったと報告している。しかし fixed-bearing に比べて有意な差があるか明らかではない。Bhan は同一患者の両膝における mobile bearing と fixed bearing を比較しているが、中期成績で両者間に可動域や X 線学的所見で差は無かったとしている。

4. 深屈曲対応型 TKA

深屈曲対応型機種が開発され、より良好な可動域の獲得が期待されている。従来型よりも深屈曲対応型の方が良好な屈曲が得られた報告として、深屈曲対応型 / 従来型で Yang ら：131 度 / 121 度（術後 2 年）、Huang ら：138 度 / 126 度（術後 28 ヶ月）がある。これに対して、Kim らは深屈曲対応型と従来型で術後屈曲角度に有意な差は無かったとしている。術後 2.1 年で平均屈曲角度は high flexion design: 138.6 度、standard fixed-bearing prosthesis: 135.8 度であった。high flexion design は単に患者が望むなら、より深い屈曲角度を安全に提供するものであり、機種そのもので深屈曲が得られるわけではないとしている。術後深屈曲を得る条件として、術前の可動域が良好なこと、術中に良好な可動域を獲得すること、得られた可動域を術後のリハビリで維持することが重要である。日本人の生活様式では深屈曲が必要な例も多く、自験例でも OA では正座可能例がかなり存在する。RA でも足関節に障害がなければ正座も可能な例も存在する。



5. Minimally Invasive Surgery (MIS、最小侵襲手術) による TKA

近年、小切開かつ膝蓋骨翻転をおこなわず、膝伸展機構に加わる侵襲を最小限にする MIS-TKA が広まっている。MIS のアプローチとして mini-midvastus、mini-subvastus、quadriceps sparing などが用いられ、術後早期に屈曲や straight-leg raising が可能となり、術後疼痛も少ないことが報告されている。Berger らは 50 例中 48 例が手術当日に退院可能であったとし、Teeny は平均在院日数が 1.3 日減少し、早期に退院可能であったと報告している。現在のところ、RA の脆弱かつ易損性の骨に対して小切開、狭視野で手術に臨むことは非常に危険であるが、RA 薬物療法の進歩で OA 膝と同様な骨質が得られれば、MIS-TKA も可能であろう。一方、手術手技の習熟には learning curve が存在するのも事実であり、初期では骨切り精度の低下やコンポーネントの設置不良が起こりやすい。Schorer らは mini-subvastus approach の術後アラインメントを CT で検討し、大腿骨側アラインメントが不正確であったと報告している。手術手技の習熟とともに、MIS に適した cutting device や alignment device の開発、navigation system の併用が望まれる。

6. Computer-Assisted TKA

MIS-TKA では視野が不良なため、コンポーネントの正しいアラインメントでの設置に特に注意が必要である。Navigation system の併用で、より良好なアラインメントが期待できるが、landmark を正確に同定することが前提である。Navigation system は正面からみた mechanical axis の決定は良好であるが、矢状面や回旋アラインメントの決定についてはまだ manual TKA と差はなく不正確であり、今後の課題である。Stulberg らは computer-assisted TKA をおこなっていると manual TKA でも良好なアラインメントが得られるようになるとし、トレーニング効果としても有用であるとしている。

| 報告者 | mechanical axis | | 矢状面アラインメント | | 回旋アラインメント | |
|----------|-------------------|-----------|-------------------|--------|-------------------|--------|
| | computer-assisted | manual | computer-assisted | manual | computer-assisted | manual |
| Siston | より正確 | より不正確 | | | 差は無い | |
| Yau | エラー:1.32 度 | | エラー:4.17 度 | | エラー:8.2 度 | |
| Kim | 2 度以内:78% | 2 度以内:58% | | | | |
| Anderson | 2 度以内:95% | 2 度以内:85% | | | | |
| Decking | より正確 | より不正確 | | | | |
| Stulberg | 差は無い | | 差は無い | | | |

7. TKA の手技に関する最近の報告

Sugama et al : soft tissue balancing の際、flexion gap を作成すると extension gap も約 3mm 増加する。Over-release を避けるために順を追った内側解離が必要。

Shen et al : 術後 4 時間ドレナージをクランプすることで出血量が有意に減少 (514ml vs 843ml)。

Husted and Tofgaard Jensen: ターニケット解除で patellar trucking が良好になり、lateral release の必要性が 31% 減少。

* 膝蓋骨を置換するかどうか

Pakos et al : 1223 膝の meta-analysis。膝蓋骨の置換によって再手術のリスクが 4.6% 減少、術後膝前方部痛のリスクが 13.8% 減少。膝蓋骨は置換すべき。

Nizard et al : meta-analysis。膝蓋骨を置換しないと再手術、膝前方部痛、階段を昇る時の痛みが有意に増加。

【人工股関節 (THA)】

1. cross-linked polyethylene (cross-linked PE) の臨床成績

THA liner のポリエチレン磨耗粉による osteolysis は loosening の最大の要因であり、THA の revision を余儀なくさせる。近年臨床応用されている cross-linked PE は実験的に conventional PE の 10 倍の耐磨耗性を有しているが、実際の患者に使用した臨床データについても報告された。Manning らの報告では術後 2 年での磨耗は cross-linked PE : 0.007mm/y、conventional PE : 0.174mm/y であった。同様に Krushell らの術後 47.7 ヶ月の報告でも cross-linked PE : 0.05mm/y、conventional PE : 0.12mm/y と、短期ではあるが、cross-linked PE の良好な耐磨耗性を示した。

2. セメントレスカップ

THA 臼蓋側のカップはセメント固定の成績が不良であったことから、現在ではセメントレスカップが用いられる。Callaghan らは第 1 世代セメントレスカップ 118 股の 10 ~ 18 年の follow-up で loosening の revision 3 股、osteolysis の revision 4 股、ライナー交換 15 股、15% に pelvic osteolysis を認めたが、カップの固定性は同一術者が使用したセメントカップの 5 倍優れていたと報告している。Katsimihis は HGP1cup を用いた 65 関節について、平均 9 年の follow-up で感染とポリエチレン磨耗で 6 例の revision をおこなったが、loosening や migration は 1 例も認めていない。Jana の報告では cup の 10 年生存率は porous-coated cup で 93.8%、cemented cup で 84.3% であり、セメントレスの成績が良かった。

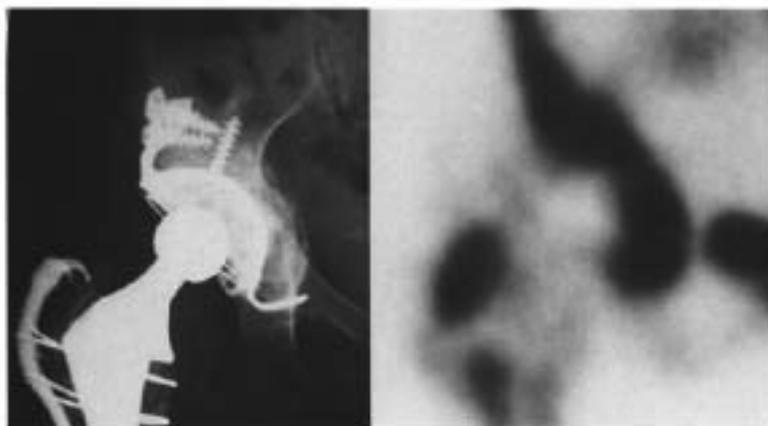
3. 臼蓋底突出症に対するセメントレスカップの使用

臼蓋底突出症の骨欠損は central cavity deficits であり、臼蓋縁は比較的保たれている。臼蓋の開口部を reaming で拡大し、新しい臼蓋縁を作成することにより、カップを支える臼蓋母床の面積が増加し、cavitary deficiency の大きさも減少する。Segmental deficiency では無いので塊状骨移植は必要なく、少量の細片骨移植が可能となる。臼蓋底が破綻している場合はスライス状骨片をシート状に敷き詰める。impaction bone grafting に準じた臼蓋リーマーの逆回転による細片移植骨の圧迫充填をおこなう。これにより移植骨自体による支持性獲得と早期血流再開、bone remodeling が期待できる。通常よりも大径のカップを用い、母床骨に作成された新しい臼蓋縁での支持を図る。臼蓋底は硬化していることが多いので drilling で母床骨から移植骨への血行を獲得する。



4. カップサポーター

高度骨欠損、骨脆弱例にはカップサポーターの使用が必要になることがある。高度骨粗鬆症や骨欠損がある場合には臼蓋骨折の危険があり、大径の press-fit セメントレスカップを用いるより antiprotrusio cage を用いた方が安全である。上方および内下方に支持が得られる場合や骨萎縮が著明な場合に Muller ring、Ganz ring などの Roof Reinforcement Ring を使用する。高度骨欠損では上方の腸骨や下方の坐骨で支持を得る必要がある。Burch-Schnider Support Cage、Restoration Gap Acetabular Shell などの Roof Reconstruction Ring が用いられる。骨欠損部への大量骨移植が必要であり、血行促進・早期 bone remodeling のために細片骨の圧迫充填が有利である。



5. 臼蓋外上方骨欠損に対するカップ設置

臼蓋の外上方骨欠損の場合、原臼位にカップを設置して荷重部に骨移植をおこなうこともあるが、軽度の high hip center ならば骨移植は不要である。high hip center では脚長補正のために neck の延長が必要となる。

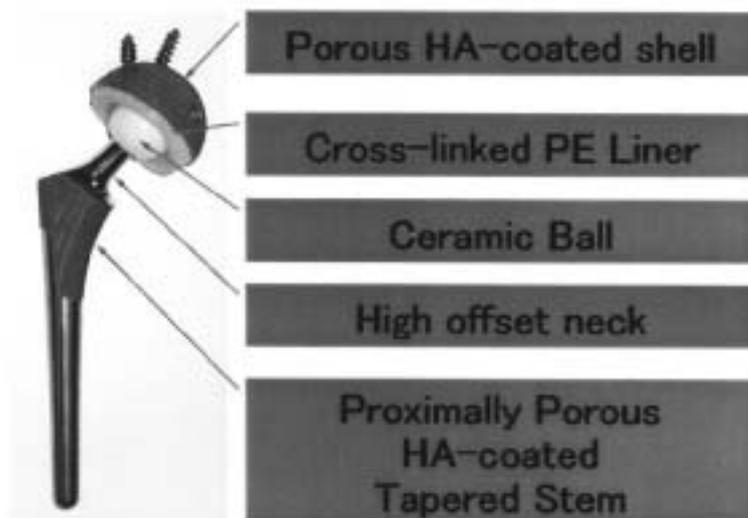
6. セメントステム

セメントレスステムの進歩と revision 時のセメント除去の困難さから、セメントステムの使用は年々減少している。しかし、最近のセメントステムの成績が良好なのも事実である。これはステムの剛性の向上とともに、cementing technique の向上により、骨・セメント間の結合が強固になったこと、centralizer の使用で均一な cement mantle が可能となったこと、vacuum mixing による気泡の減少でセメント強度が増強し亀裂の伝播が防止されるようになったことなどが寄与している。セメントステムのデザインには composite beam stem と taper slip stem がある。Composite beam stem は荒い表面と cement precoating によりステムとセメントの結合を強固にしている。Taper slip は polished surface であり、cement mantle 内に taper 状に固定され、均一な圧分散が得られる。Collis らは polished surface のステムを 10 年以上にわたって 1031 股に使用し、2～12 年で 6 本のステムを revision。彼らは Roughened surface のセメントステムも使っているが、revision rate は polished stem より 5 倍高かったという。RA では骨萎縮と髄腔拡大のためにセメントレスステムでは bone ingrowth に必要な初期固定性を得ることが困難な場合、セメントステムが用いられることもある。

7. セメントレスステム

最近では porous coating による biological fixation が得られるセメントレスステムが主流である。セメントレスステムは biological fixation を促すために早期の press-fit stability が必要である。初期モデルでは遠位の骨幹部に固定性を求めたため、大腿骨近位部の stress-shielding による骨量減少をきたすとともに、ステム遠位での thigh pain の原因にもなった。セメントステムはステム→セメント→骨と、段階的に stress が分散されるために thigh pain が生じにくい。セメントレスステムには extensively coated stem と proximally coated stem があるが、最近の主流は proximally coated tapered stem であり、近位 1/3 だけ全周性にポーラスコーティングし、近位部で加重を受け、遠位部での荷重を少なくしている。

RA にセメントレスステムを用いた報告はまだ少なく、いずれも中期成績にとどまっている。Jana らは AML porous-coated stem を用いた 71 関節について、10 年生存率は 98.1% であり、bony ingrowth を 94% に認めている。Keisu らは 50 関節、平均 8 年の follow-up で、porous-coated titanium plasma-sprayed stem では revision も loosening も無く、全例 spot welds を認めている。RA 股のセメントレスステムが良好な長期成績が得られるかどうかは今後の検討課題である。今後、生物学的製剤をはじめとする薬物療法の進歩で骨質が改善されるならば、セメントレスステムでも OA と同様、良好な長期成績が期待できると考えられる。



セメントレスステム設置手技：Retractor を使用する際、圧迫による骨折に注意が必要であるなど、骨脆弱性に十分注意を払う必要がある。セメントレスステムは髓腔占拠率を上げ、初期固定性を獲得することが、早期全荷重を許可する上で重要である。ただし、将来的な stress shielding を避けるために distal canal fill よりも proximal fit を優先する方がよい。術中、十分な長軸方向と回旋方向の安定性が得られることを確認する。Femoral offset の再建では standard か high-offset stem を選択するが、RA では OA と違い、頸体角が正常であることが多く、また外転筋力を確保し、脱臼を防ぐ意味からも high-offset stem を用いた方がよいと考えられる。Dorr type C bone に対する Straight Tapered Stem の挿入：Dorr の大腿骨形態分類として、A：funnel shaped、B：intermediate、C：cylindrical or “stove-pipe” がある。RA ではしばしば骨質不良な type C の形態をとるため、ステムのセメント固定がしばしば選択されてきた。しかし Proximal Fit/Canal Filling により、セメントレスステムの使用も十分可能である。また AP view で canal filling がやや不良でも側面で 3 点固定できれば、初期固定性を得ることができる。早期荷重による sinking や骨折が危惧される場合はカラードステムも選択されてよい。



8. MIS-THA

*良好な早期臨床成績の報告

Murphy and Tannast : mini-incision approach の方が術後 6 週での機能回復が良好。12 週では差は無かった。

Hildebrand et al : two-incision approach 、 one-incision anterolateral approach 、 one-incision posterior approach のうち、two-incision approach が 3 週と 12 週に最も早く歩行能力が回復し、3 週で自立歩行可能な例が多く、歩行速度も優れていた。

* standard approach と差は無く、合併症が多いという報告

Sharkey : standard approach と比べて、術中出血量、輸血、手術時間、在院日数に差は無かった。むしろ積極的なリハビリと疼痛管理によってより早い機能回復、在院日数短縮、高い患者満足度、少ない鎮痛処置が可能であり、皮切長とは無関係だった。

Vaughn et al : 100 例の 2-incision approach と standard 1-incision approach で出血量に差は無く、むしろ MIS の方が多く同種血輸血を受けていた。手術時間も平均 30 分長かった。また MIS group のうち 10 例で術中骨折、2 例で脱臼、1 例で stem loosening が発生したが、standard group では合併症の発生は 1 例のみであった。

Bal et al : 同一術者の手術で合併症の発生を 2-incision group の 42%、mini-lateral incision group の 6% に認めた。2-incision group の患者の 10% が骨折、loosening、脱臼、皮膚合併症のために再手術が必要となった。2-incision approach 開始前半の症例よりも後半の症例の方が合併症の発生は少なくなったが、外側大腿皮神経の損傷頻度は変わらなかった。2-incision approach は手技的に難しく、learning curve の早期では特に注意が必要である。

Ogonda L et al : 300 例以上の MIS-THA を手がけ、年平均 415 例の THA をおこなう熟練した術者が MIS-THA と standard THA の 219 例で prospective RCT をおこなったところ、出血量、疼痛、早期歩行能力、在院日数などに有意差は無かった。

【文献】

- 1) Ward MW : Decreases in rates of hospitalizations for manifestations of severe rheumatic arthritis, 1983-2001. *Arthritis Rheum.* 50 : 1122-1131, 2004.
- 2) Hartrick CT. Evaluation of a single-dose, extended-release epidural morphine formulation for pain after knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg.* 88-A : 273-281, 2006.
- 3) Vendittori PA et al. A multimodal analgesia protocol for total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg.* 88-A : 282-289, 2006.
- 4) Busch CA et al. Efficacy of periarticular multimodal drug injection in total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg.* 88-A : 959-963, 2006.
- 5) Meding JB et al. Long-term followup of posterior-cruciate-retaining TKR in patients with rheumatoid arthritis. *Clin Orthop* 428 : 146-152, 2004.
- 6) Sharma S et al. Long-term results of the uncemented Low Contact Stress total knee replacement in patients with rheumatoid arthritis. *J Bone Joint Surg* 87-B : 1077-1080, 2005.
- 7) Palmere DH et al: Total knee arthroplasty in juvenile rheumatoid arthritis. *J Bone Joint Surg* 87-A : 1510-1514, 2005.
- 8) Callaghan JJ et al. Cemented rotating-platform total knee replacement. A concise follow-up, at a minimum of fifteen years, of a previous report. *J Bone Joint Surg* 87-A : 1995-1998, 2005.
- 9) Bhan S et al. A comparison of fixed-bearing and mobile-bearing total knee arthroplasty at a minimum follow-up of 4.5 years. *J Bone Joint Surg* 87-A : 2290-2296, 2005.
- 10) Kim YH et al : Range of motion of standard and high-flexion posterior stabilized total knee prostheses. A prospective, randomized study. *J Bone Joint Surg* 87-A : 1470-1475, 2005.
- 11) Stulberg SD, Yaffe MA, Koo SS.: Computer-Assisted Surgery versus Manual Total Knee Arthroplasty : A Case-Controlled Study. *J Bone Joint Surg.* 88-A, Suppl 4:47-54, 2006.
- 12) Manning DW et al: In vivo comparative wear study of traditional and highly cross-linked polyethylene in total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 20 : 880-886, 2005.
- 13) Krushell RJ et al: Early femoral head penetration of a highly cross-linked polyethylene liner vs a conventional polyethylene liner. *J Arthroplasty* 20 suppl. 3 : 73-76, 2005.
- 14) Katsimihis M et al.: Cementless acetabular replacement in patients with rheumatoid arthritis: a 6- to 14-year prospective study. *J Arthroplasty*, 18 : 16-22, 2003.
- 15) Jana AK et al.: Total hiparthroplasty using porous-coated femoral components in patients with rheumatoid arthritis. *J. Bone Joint Surg.* 83-B: 686-90, 2001.
- 16) Keisu et al.: Cementless femoral fixation in the rheumatoid patient undergoing total hip arthroplasty. *J. Arthroplasty* 16 : 415-21, 2001.
- 17) Reitman RD et al.: Thirteen year results of total hip arthroplasty using a tapered titanium femoral component inserted without cement in patients with type C bone. *J. Arthroplasty*, 18 : 116-21, 2003.
- 18) Ogonda L et al. A minimal-incision technique in total hip arthroplasty does not improve early postoperative outcomes. A prospective, randomized, controlled trial. *J Bone Joint Surg* 87-A : 701-710, 2005.