

## 하지 정렬: Mechanical vs Kinematic alignment technique

김종민 울산의대 서울아산병원



### AT A GLANCE

인공 슬관절 전치환술에서 중립 정렬의 회복은 인공관절의 수명(longevity)을 고려했을 때 성공적인 수술의 필요조건으로 여겨져 왔다. 하지만 인공관절 치환술 후에도 결과에 만족하지 못하는 환자에게 대한 고민은 physiologic kinematics에 대한 관심을 불러왔고, 이는 기존의 mechanical alignment technique (역학적축에 수직으로 femur 및 tibia cut) 대신 kinematic alignment technique (native anatomy 및 soft tissue envelope의 보존을 중시한 femur 및 tibia cut)에 대한 시도로 이어졌다. 이번 논고에선 과연 그러한 시도가 유효한지에 대해 고민해 보고자 한다.

### | 서론 |

인공 슬관절 전치환술이 지금과 같은 안정적인 결과를 얻기까지는 여러 시행착오가 있었다. 그러던 가운데 Freeman과 Insall이 정립한 인공관절 수술의 원칙은 삽입물의 20년 생존율이 93~99%에 이를 정도로 그 유효성이 입증되었다.<sup>1</sup> 그 원칙이라 함은, 관상면에선 mechanical alignment에 수직으

로 femur와 tibia cut을 시행하고 고정된 posterior tibial slope를 만들며 component의 rotation은 trans-epicondylar axis에 평행하게 맞춘 후 적절한 ligament release를 시행함으로써, 신전 및 90도 굴곡 시 balanced gap을 얻는 것이다. 하지만 성공적인 implant survival에도 불구하고 15~20%의 환자가 수술 후의 상태에 만족하지 못하는 것으로 알려지면서,<sup>2</sup> 인공관절 수술 후 physiologic kinematics를 얻고자 하는 노력이 이어졌다.

### | 본론 |

2006년 Howell 등은 pre-arthritic state를 재건의 목표로 한 kinematic alignment technique을 제안했다.<sup>3</sup> 이는 Bellemans 등이 주장한 constitutional varus 개념을 바탕으로 한,<sup>4</sup> native anatomy 및 soft tissue envelope의 보존을 중시한 femur 및 tibia cut을 의미하는데 대부분은 수술 후에도 malalignment (주로 varus)가 일부 남게 된다. 이러한 결과는, joint line을 기준으로 하여 tibia는 3도 varus, femur는 3도 valgus cut을 시도한 Hungerford의 anatomic alignment technique이 자칫 tibia에 과도한 varus를 남길 수 있는 위험을 내포한 반면 임상 결과에 있어선 유의한 차이를 보이지 못하여 결국 받아들여지지 못했던 것을 상기

시킨다. Hungerford의 시도가 불량한 longevity를 보여 이제는 시행되지 않는 술기가 되어버린 것을 고려하면, kinematic alignment technique을 대하는 우리의 기준을 보다 엄격히 하는 것이 합리적이라고 생각한다.

Kinematic alignment technique에서 발생할 수 있는 malalignment의 위험을 줄이고자 이를 절충하려는 노력도 있었다. Vendittoli 등은 기존 kinematic alignment의 개념은 따르되 femur와 tibia cut 후 mechanical alignment deviation을 각각 5도 이내로 유지하여 전체 하지의 malalignment를 최소화시키는 restricted kinematic alignment technique을 소개하였다.<sup>3</sup> 이와 같이 safe zone을 설정하려는 시도는 역설적으로 kinematic alignment technique이 갖는 longterm implant survival에 대한 우려를 반영한다. 그러나 이러한 safe zone에 대해서 역시 정해진 바가 없는 실정이다.<sup>5,6</sup> 현재로서는 Howell 등이 발표한 noncomparative series가 유일한 long-term study이고, tibia component의 varus가 contact stress 및 bone-implant load의 증가를 야기한다는 biomechanical evidence를 감안하면<sup>7</sup> kinematic alignment technique에 있어선 아직 신중한 접근이 필요할 것으로 보인다.

Kinematic alignment technique에 기대되었던 임상적 결과에 있어서의 우월성도 엄밀히 검증된 것은 아니다. Mechanical alignment technique과 kinematic alignment technique을 직접 비교한 몇 건의 randomized controlled study들은 엇갈린 결론을 내리고 있는데 양측 눈가림(double blind)을 시행했음에도 임상적 결과의 차이를 보고한 경우는 Dossett 등이 시행한 연구뿐이었다.<sup>8</sup> 하지만 양 group간 추시 기간에 차이가 있고 대부분의 환자가 퇴역 군인임을 고려하면 결론을 일

반화시키는 데 한계가 있다. Young 등이 최근 발표한 double blind randomized controlled study에선 5년째 임상적 및 방사선학적 결과에서 유의한 차이가 관찰되지 않았으며,<sup>9</sup> Waterson 등이 시행한 연구에서도 마찬가지였다.<sup>10</sup> 게다가 kinematic alignment technique에 대한 long-term study가 없고 따라서 longevity가 불확실한데 유사했던 술기(anatomic alignment technique)의 전철을 상기하면 그 장기 결과가 매우 우려되는 것이 사실이다.

## | 결론 |

인공 슬관절 전치환술에서 kinematic alignment의 개념을 적용하기엔 아직 풀어야 할 숙제들이 남아 있다. 수술 후 malalignment가 일부 남을지라도 받아들인다고 하나 어느 수준까지 허용 가능한지에 대해선 이를 뒷받침할 수 있는 long-term study가 아직 보고된 바 없다. 한편, kinematic alignment technique으로 수술하였을 때 기대되었던 임상적 결과의 우월성 역시 논란의 여지가 있다. 따라서 implant survival에 있어서 불량한 예후 인자로 알려진 malalignment를 의도적으로 허용하는 kinematic alignment technique이 거부감 없이 임상에 적용되기 위해선 그 효용성과 장기 결과를 증명할 수 있는 추가 연구가 선행되어야 할 것으로 보인다. [JoinOS](#)

## References

1. Patil, S., McCauley, J. C., Pulido, P. & Colwell, C. W. How do knee implants perform past the second decade? Nineteen- to 25-year followup of the Press-fit Condylar design TKA. *Clin. Orthop.* 473, 135–140 (2015).
2. Collins, M., Lavigne, M., Girard, J. & Vendittoli, P.-A. Joint perception after hip or knee replacement surgery. *Orthop. Traumatol. Surg. Res. OTSR* 98, 275–280 (2012).
3. Howell, S. M., Papadopoulos, S., Kuznik, K., Ghaly, L. R. & Hull, M. L. Does varus alignment adversely affect implant survival and function six years after kinematically aligned total knee arthroplasty? *Int. Orthop.* 39, 2117–2124 (2015).
4. Vanlommel, L., Vanlommel, J., Claes, S. & Bellemans, J. Slight undercorrection following total knee arthroplasty results in superior clinical outcomes in varus knees. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. Off. J. ESSKA* 21, 2325–2330 (2013).
5. Hirschmann, M. T. et al. Functional knee phenotypes: a novel classification for phenotyping the coronal lower limb alignment based on the native alignment in young non-osteoarthritic patients. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. Off. J. ESSKA* 27, 1394–1402 (2019).
6. Almaawi, A. M., Hutt, J. R. B., Masse, V., Lavigne, M. & Vendittoli, P.-A. The Impact of Mechanical and Restricted Kinematic Alignment on Knee Anatomy in Total Knee Arthroplasty. *J. Arthroplasty* 32, 2133–2140 (2017).
7. Li, Z. et al. Polyethylene Damage Increases With Varus Implant Alignment in Posterior-stabilized and Constrained Condylar Knee Arthroplasty. *Clin. Orthop.* 475, 2981–2991 (2017).
8. Dossett, H. G., Estrada, N. A., Swartz, G. J., LeFevre, G. W. & Kwasman, B. G. A randomised controlled trial of kinematically and mechanically aligned total knee replacements: two-year clinical results. *Bone Jt. J.* 96-B, 907–913 (2014).
9. Young, S. W. et al. No Difference in 5-year Clinical or Radiographic Outcomes Between Kinematic and Mechanical Alignment in TKA: A Randomized Controlled Trial. *Clin. Orthop.* 478, 1271–1279 (2020).
10. Waterson, H. B., Clement, N. D., Eyres, K. S., Mandalia, V. I. & Toms, A. D. The early outcome of kinematic versus mechanical alignment in total knee arthroplasty: a prospective randomised control trial. *Bone Jt. J.* 98-B, 1360–1368 (2016).