論　文　概　要

○ 論 文 題 目　人工膝関節全置換術後患者に対する床反力計と表面筋電図を同期させた三次元動作解析
-正常膝関節を模倣した近代型人工関節と従来型人工関節との比較-

○ 指 導 教 員

人間総合科学研究科　　疾患制御医学専攻　　山崎正志　教授

（所　　属）　　筑波大学大学院人間総合科学研究科疾患制御医学専攻

（氏　　名）　　兵頭康次郎

目　　的：人工膝関節全置換術(TKA)は末期の変形性膝関節症に対する治療法として、良好な臨床成績が多数報告されている。一方、人工股関節全置換術と比較して疼痛改善効果は同等であるものの, 関節機能や生活の質の改善効果は劣ることが示唆されており、術後の異常動態がその要因の一つとして考えられている。術後の動態評価としては、透視下での 2D-3D レジストレーション法が主に行われているが、撮影範囲の制限、X 線被曝の影響や力学的評価が困難という欠点がある。一方、モーションキャプチャシステムは、赤外線反射マーカーを体表に貼付し、光学式カメラで撮影し、その軌跡を解析することで行う動態解析手法であり、床反力計と同期させることで被曝や撮影範囲の制限無く kinetics を評価できる。また表面筋電図は皮膚上に電極を貼り付け、筋電位を計測し筋疲労を推定できる。そこで本研究の目的はモーションキャプチャシステムに、床反力計と表面筋電図を同期させることで、kinematics に加えて、kinetics と筋活動を含めた動態解析を行い、正常膝を模倣した近代型 TKA と従来型 TKA を比較検討することである。

対象と方法：対象は 60 歳以上の変形性膝関節症患者に対して行った片側 TKA 術後患者で、正常膝を模倣した近代型 TKA(Smith and Nephew 社製 Journey 2)を用いた 12 例(以下 M 群)と従来型 TKA(Smith and Nephew 社製 Legion)を用いた 12 例(以下 C 群)である。M 群は男性 2 例、女性 10 例、平均 69.4 歳(62-76)、術後経過観察期間 13.1 ヶ月(6-25)、C 群は男性 4 例、女性 8 例、平均 70.0 歳(61-84)、術後経過観察期間 16.8 ヶ月(10-26)である。Plug-in Gait モデルを用いた三次元動作解析装置(VICON MX)に床反力計(AccuGait)と無線表面筋電図(Trigno)を同期させ、歩行解析と立ち上がり解析を行った。歩行動作は 10m の歩行路を至適速度で 3 回歩行させ、立ち上がり動作は両手を腰に添えて 90 度に膝を屈曲させた肢位から、至適速度で 3 回立ち上がり動作を行った。歩行解析では歩行中の下肢関節角度、立脚期膝関節モーメントを評価し、6 カ所(内側広筋、大腿直筋、外側広筋、半腱様筋、大腿二頭筋、中殿筋)の筋活動を立脚期、遊脚期の積分筋電図と最大随意収縮の割合で算出した。立ち上がり解析は動作中の下肢関節角度、膝関節角速度、膝、股関節モーメントを計測し、歩行解析と同様に筋活動を評価した。各項目を M 群と C 群で対応のない t 検定で比較した。P 値は 0.05 未満を有意とし、SPSS Statistics 21.0 を解析に使用した。

結　　果:
[歩行解析] 歩行速度が M 群で 1.1±0.2m/s、C 群で 0.9±0.2m/s と M 群で速く(p=0.03)、歩幅が M 群で 0.54±0.07m、C 群で 0.45±0.11m と、M 群で長かった(p=0.03)。M 群、C 群ともに double knee action を示したが、立脚初期の膝関節屈曲角度が M 群で 10.9±3.0 度、C 群で 8.0±2.6 度と M 群で有意に大きかった(p=0.04)。また立脚期膝関節伸展モーメントが M 群は 0.55±0.24Nm/kg、C 群で 0.34±0.19Nm/kg と M 群で

有意に大きかった(p=0.04)。筋活動において有意差はなかったが、立脚期、遊脚期ともにM群で四頭筋の筋活動が低かった。
[立ち上がり解析]
立ち上がり動作はM群、C群ともに11例での比較となった。立ち上がりにおける膝伸展角速度はM群で131.3±33.8°/s、C群で113.3±30.1°/sとM群で速かった(p=0.22)。最大膝関節伸展モーメントはM群で0.37±0.1Nm/kg、C群で0.32±0.14Nm/kg(p=0.35)、最大股関節伸展モーメントはM群で0.52±0.23Nm/kg、C群で0.69±0.16Nm/kgであった(p=0.08)。平均垂直床反力はM群で4.08±0.5N/kg、C群で4.68±0.4N/kgとM群で小さかった(p=0.01)。筋活動においては、内側広筋、大腿直筋、外側広筋においてM群がC群より少ない傾向を示した。

考　　察:M群である近代型TKAの特徴は内外側が左右非対称の解剖学的な関節面形状を再現している。冠状面の関節面傾斜に加えて、矢状面で大腿骨がより前方に位置していて、生体に近い大腿骨、脛骨の前後位置関係を獲得しており、medial pivotやposterior rollbackなどの生理的な膝関節運動を示すguided motion型インプラントである。またBCS型インサートではACLとPCLの機能を代用する特徴的なポストカム構造も持ち合わせている。一方、従来型TKAであるC群は内外側が左右対称の形状であり関節面傾斜も平坦である。良好な臨床成績が報告される一方、動態解析で異常な関節運動を示すことがわかっている。今回歩行動作ではM群で正常に近いdouble knee actionを示した。またC群と比較し立脚期膝関節伸展モーメントが大きかった。ACL不全膝では、歩行立脚期の膝関節伸展モーメントが低下することが知られていることから、C群と比較しM群ではACLの機能の一部をインプラント形状で再現できた可能性が考えられる。立ち上がり動作に関してもM群ではC群と比較し、M群ではより速く立ち上がることができ、M群ではC群と比べて股関節伸展モーメントが少なく、かつ大腿四頭筋の筋活動が少ない傾向であった。平均垂直床反力が少ないことをあわせると、M群はより大腿四頭筋を有効に活用して立ち上がり動作を行えていることが示唆され、特徴的なデザインが影響していると考察できる。

結　　論: TKA術後患者に対して、床反力計と表面筋電図を同期させたモーションキャプチャシステムで三次元動作解析を行った。正常膝を模倣した近代型TKAと従来型TKAの比較において、歩行動作と立ち上がり動作で近代型TKAは、特徴的なインプラント形状により前十字靭帯の機能の一部である前方安定性を獲得でき、さらに大腿四頭筋を有効に活用して動作を行えた可能性が示唆された。Kinematicsとkineticsと筋活動を同時に評価できる本研究の動作解析手法はTKA術後患者の動態評価として有用と考えられる。