

氏 名 (本籍)	みやぎしま 宮 城 島	じゅん 純
学 位 の 種 類	医 学	博 士
学 位 記 番 号	医 第 1799	号
学 位 授 与 年 月 日	昭 和 6 1 年 2 月 2 6 日	
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当	
最 終 学 歴	昭 和 5 2 年 3 月 東 北 大 学 医 学 部 医 学 科 卒 業	
学 位 論 文 題 目	臼 蓋 形 成 術 の 力 学 的 解 析 に 関 す る 研 究	

(主 査)

論 文 審 査 委 員 教 授 若 松 英 吉 教 授 石 井 敏 弘

教 授 中 村 隆 一

論文内容要旨

研究目的

我が国の変形性股関節症は、先天性股関節脱臼後や臼蓋形成不全による二次性例が多い。股関節症の進展には、力学的要因が大きいと考えられており、股関節に作用する力の分析は病態の把握や手術的治療の上でも大切と思われる。

股関節の力学解析については過去に多くの報告があるが、そのほとんどが安定した回転中心を持つ正常股関節を対象としており、不安定な病的股関節形態に応じた解析は少ない。

一方、若年成人女子に多く見られる、臼蓋形成不全を伴ういわゆる前股関節症、及び初期段階までの股関節症に対する手術のひとつとして、臼蓋棚形成術が行なわれてきた。これは、不全臼蓋縁に骨移植を行なうことで股関節形態の改善をはかる手術であり、船山により優れた臨床成績が報告されている。この手術によって、臼蓋形成不全股に力学的改善をもたらされると思われるが、従来からの方法で分析してもその改善点を明確にすることができなかった。そこで著者は、さらに詳細な力学解析法の必要性を痛感し、離散化極限解析法の一つである剛体ばねモデルの考え方を応用して、骨頭合力と関節面における接触圧分布を求める方法を考案した。

剛体ばねモデルは、1976年川井により開発された有限要素法の一つで、従来の有限要素法に比べて、固体の接触状態や破壊の解析など非線形問題に適している。関節接触面、あるいは筋や靱帯は力学的に非線形の性質を有しており、従来の有限要素法では解析が難しかったが、剛体ばねモデルを用いることで、小型電算機上でも解析が可能となった。そこでこの剛体ばねモデルを応用した新しい股関節力学解析法を用いて、従来からの分析では不十分であった、臼蓋形成不全股の力学的状態、及び臼蓋形成術のもたらす力学的改善の意義をより明確にしたいと思い本研究を行なった。

研究対象

過去に臼蓋形成術が行なわれた60例68関節のうち、適応を限定した術後10年未満の28例30関節で、男1例、女27例である。手術時年齢は12歳から44歳まで平均25歳であった。なお対照として17歳から34歳までの正常成人女子5例10関節も解析した。

研究方法

対象となった患者の、術前、術後に股関節前後単純X線写真を撮影し、得られた画像情報から剛体ばねモデルを応用した力学解析システムを用いて電算機上に仮想の股関節を構築し、片脚立

位の状態を想定して骨頭合力、外転筋力、関節面における接触圧分布を求め比較検討した。

結 果

正常股関節では片脚立位での骨頭合力は、全体重から立脚部の重量を除いた部分体重の 2.7 倍 (2.7BW) で垂直方向から 8 度内側を向くと算出され、従来の報告とはほぼ同じ値を得た。接触圧分布は平坦で臼蓋荷重部の骨硬化像に一致し、最大接触圧の平均値は 56 N であった。

臼蓋形成不全股の分析では、骨頭合力は平均 4.1 BW で正常股の合力の 1.4 倍であり、従来の報告よりもさらに大きい値を得た。しかもその方向は垂直方向から 26 度と強く内側に向かっていた。接触圧分布は臼蓋縁に偏った三角形の像を示し、最大接触圧の平均値は正常股の 2.4 倍の 134 N で、臼蓋縁に強い荷重がかかっていた。

臼蓋形成術後は、骨頭合力は 3.1 BW に減少し、接触圧分布の最大値も 61 N に改善した。

考 察

従来の股関節力学解析の基本となっている単純な棍子の平衡理論は股関節の回転中心が安定しているとの仮定にたっており、外転筋力は体重によってもたらされる回転モーメントの釣り合いだけを考慮して計算され、関節面の形態は全く考慮されていなかった。従って関節面の形態のみを改善する臼蓋形成術は外転筋力や骨頭合力には影響を与えないと考えられてきた。しかし、関節面の形態を考慮に入れてみると、臼蓋形成不全股のように不安定な形態の股関節に荷重がかかった場合、大腿骨頭を外上方に押し出すような剪力が発生すると考えられる。この剪力に対抗して安定した立位の状態を保つためには大腿骨頭を臼蓋に引き寄せる強い内向きの筋力が想定され、その結果、外転筋力は単にモーメントの釣り合いのみならず、内側に引き寄せる分だけ強い力が計算される。臼蓋形成術後は股関節は安定となり、荷重による剪力が少なくなるため、大腿骨頭を内側へ引き寄せる力が不用となり、外転筋力は減少し、骨頭合力も減少すると解釈される。接触圧分布についてみると、臼蓋形成不全股では強い接触圧が臼蓋縁に偏っていたのに対し、臼蓋形成術後は、全体に弱い接触圧が、平坦で偏りの少ない分布像を示す。このような臼蓋形成術による接触圧分布の改善は、接触面の拡大のみならず、股関節形態の安定化と骨頭合力の減少によると考えられた。

審査結果の要旨

本邦の変形性股関節症は臼蓋形成不全状態を基盤にして、あるいは先天性股関節脱臼の治療を行い理想的な治癒をえず臼蓋形成不全を残した状態に続発して発生するものが大部分である。逆にいうと臼蓋形成不全はその股関節を不安定とし、疼痛を発生させ、やがて長い年月がたつと変形性股関節症に移行して行く。

この有痛性臼蓋形成不全に対する手術の一つとして臼蓋棚形成術が行われてきた。この手術は臼蓋の形成不全を補うように骨移植を行うものである。この手術は不安定な股関節を力学的に安定した状態とし、患者を疼痛から解放し、また大腿骨頭にかかる力の分布を健常人に近くし、変形性股関節症への進展を予防するはずである。臨床的に船山はこの手術成績の優秀さを報告していることから、臼蓋形成により力学的改善をもたらされることが予想される。しかし従来の方法で力学的解析を行っても、改善点を明らかにすることはできなかった。著者は従来の力学的解析法が不適切であることに気付き、もっと合目的な詳細な方法を探索した結果、離散化極限解析法の一つである剛体ばねモデルの考え方を応用して、骨頭合力と関節面における接触分圧を求める方法を考案している。なお剛体ばねモデルは1976年に川井により開発された有限要素法の一種で、固体の接触状態や破壊の解析などの非線形問題に適している。関節の接触面、筋ないし靭帯は非線形の性質を示し、剛体ばねモデルを用いることで小型電算機で解析が可能となった。著者はこの剛体ばねモデルを応用した新しい股関節の力学的解析法により臼蓋形成不全の力学的状態、並びに臼蓋形成術による力学的改善の様相を明らかにしようとして本研究を行っている。

研究対象として、過去に臼蓋形成術が行われた症例のうち、適応と術式が一定している28例、30関節を選んだ。なお対照として正常成人女子5例10関節を解析している。

正常股関節では片脚起立時の骨頭合力は全体重から立脚部の体重を除いた部分体重の2.7倍で垂直方向から 8° 内側を向き、接触圧分布は臼蓋荷重部の骨硬化像帯と一致し、最大接触圧は平均56Nと算出している。これに対し臼蓋不全股では骨頭合力は正常股の1.4倍で、方向は垂直方向から 26° と強く内側に向い、接触圧は臼蓋縁に偏った三角形の像を示し、最大接触圧は正常股の2.4倍であり、臼蓋縁に強い荷重のかかることを認めた。臼蓋形成術後は骨頭合力が減少し、接触圧分布の最大値も半減することを証明した。

このように著者は新しい股関節の力学的解析法を開発し、従来証明できなかった形成不全股の臼蓋形成術後に力学的改善をもたらすことを証明した。これらのことは臨床的に有意義であり学位に該当するものと審査した。