

氏名	やまさき ゆうたろう 山崎 裕太郎		
学位の種類	博士（医学）		
報告番号	甲第 1977 号		
学位授与の日付	令和 5 年 3 月 16 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当（課程博士）		
学位論文題目	Evaluation of the hindfoot alignment before and after total knee arthroplasty （変形性膝関節症における人工膝関節全置換術前後での距骨下関節代償能の検討）		
論文審査委員	（主査） 福岡大学	教授	柴田 陽三
	（副査） 福岡大学	教授	近藤 誠二
	福岡大学	講師	土井 佳子

内容の要旨

【目的】

距骨下関節代償能により、内反型変形性膝関節症では距骨関節面は内反し、踵骨は外反となっている。そして、内側楔状開大式高位脛骨骨切り術 open wedge high tibial osteotomy や人工膝関節全置換術は、術後に距骨関節面 ankle joint line obliquity (AJLO) と距骨下関節を床面に対して水平にさせる。我々は hindfoot alignment angle (HAA) を用いた先行研究で、open wedge high tibial osteotomy 後に矯正不足となる要因の一つとして、距骨下関節代償能に異常があることを報告した。しかし、open wedge high tibial osteotomy は術後に下肢のアライメントを外反させる手術であり、大腿-脛骨関節の内反および外反の可動性や術後における下肢の外反アライメントが後足部に与える影響を除外することができない。一方、人工膝関節全置換術は大腿-脛骨関節の拘束性が高く、術後の目標アライメントは neutral であるため、同部の可動性の影響を除外出来るため、人工膝関節全置換術前後での距骨下関節代償能を検討することで、より正確に距骨下関節代償能を評価出来ると考えられた。

本研究の目的は、人工膝関節全置換術前後で距骨下関節代償能を検討することである。

【対象と方法】

当科で人工膝関節全置換術を施行された変形性膝関節症の症例 46 例 48 膝を対象とし

た。全ての症例で術前と術後3か月時に、単純X線を立位下肢全長とhindfoot alignment viewで測定した。

X線学的評価項目として、mechanical axis (MA), hip-knee-ankle angle (HKA), lateral bowing angle of the femoral shaft, mechanical lateral distal femoral angle, knee joint line obliquity relative to the ground (KJLO), joint line convergence angle (JLCA), mechanical lateral distal tibial angle, mechanical medial proximal tibial angle (mMPTA), AJLO, talar tilt, hindfoot angleを調査した。後足部アライメントの指標として、ALJOの絶対値とhindfoot angleの絶対値の和をHAAと定義した。

統計学的手法として、paired-*t* testを用いて術前後のパラメータを比較した。症例をA群(術後AJLO \pm 1度以内)とB群(術後AJLO \pm 1度より大きい)に分け、Man-Whitney *U* testを用いて、2群間の術前および術後単純X線パラメータを比較した。年齢、性別、body mass index、術前X線撮影パラメータを説明変数、術後AJLO \pm 1度以内を基準変数として、二項ロジスティック回帰分析および多重ロジスティック回帰分析が行われた。ロジスティック回帰分析にて統計学的に有意であったパラメータのカットオフ値を、受信者動作特性 receiver operating characteristic 曲線 (ROC 曲線) を用いて決定した。

【結果】

A群は23膝、B群は25膝であった。人工膝関節全置換術前と比較し、術後MA ($p < 0.01$), HKA ($p < 0.01$) は有意な改善、mMPTA ($p < 0.01$) で有意な増加、KJLO ($p = 0.01$), JLCA ($p < 0.01$), AJLO ($p = 0.01$), hindfoot angle ($p < 0.01$), HAA ($p < 0.01$) では有意な減少が観察された。A群の術前HAA ($p = 0.03$) および術後HAA ($p < 0.01$) は、B群よりも有意に低値であった。術後AJLOと術後hindfoot angleの組み合わせは9つのパターンを認めた。そのうち、術後AJLOがneutralで、術後hindfoot angleが内反であったものが48膝中11膝で最も多かった。二項ロジスティック回帰分析の結果、術後AJLO \pm 1度以内を予測する唯一の予測因子は、術前HAA (オッズ比 odds ratio [OR] = 0.90, 95%信頼区間 confidence interval [CI] = 0.82~0.99, $p = 0.04$) であった。多重ロジスティック回帰分析においても、術前HAA (OR = 0.69, 95% CI = 0.54-0.89, $p = 0.01$) と術後AJLO \pm 1度以内との間に有意な関連があった。術後AJLO \pm 1度以内となる術前HAAのカットオフ値は9.06度(感度72.2%, 特異度52.2%)であった。

【結論】

変形性膝関節症でHAAが9.06度以上の症例では距骨下関節代償能に異常があり、人工膝関節全置換術後に後足部の malalignment や足関節の痛みが生じると予測された。したがって、術前にHAAを評価する必要がある。

審査の結果の要旨

本論文は、変形性膝関節症における人工膝関節全置換術(TKA)前後での距骨下関節代償能を検討した研究である。

先行研究にて、下肢アライメントの変化に対する後足部アライメントの変化である距骨下関節代償能を hindfoot alignment angle (HAA) を用いて評価した。その結果、楔状開大式脛骨骨切り術 (Open wedge high tibial osteotomy: OWHTO) の術前 HAA が 15.9 度以上の症例では、術後の下肢アライメントが矯正不足となり、距骨下関節代償能に異常がある可能性を明らかにした。しかし、OWHTO は下肢アライメントを外反させる手術のため、下肢アライメントの外反が後足部に与える影響を除外出来ない。一方、TKA は下肢アライメントを neutral にする手術なので、下肢アライメントが後足部に与える影響を除外することが出来て、術前後で後足部を評価するのに理想的である。そこで、先行研究より、より正確な距骨下関節代償能を評価し、距骨下関節代償能の異常を表す指標となる HAA のカットオフ値を明らかにするため、TKA 前後で距骨下関節可動性を評価した。

本論文で、TKA の術前 HAA が 9.06 度以上の症例では、術後の距骨関節面が水平にならず、距骨下関節代償能に異常がある可能性が明らかとなった。

本論文の斬新さ、重要性、研究方法の正確性、表現の明確さ、審査委員との質疑応答は以下の通りである。

1. 斬新さ

距骨と踵骨の両方のアライメントから後足部アライメントを評価し、TKA 前後で距骨下関節可動性を評価した報告は、本研究が初めてである。かつ、先行研究より正確に距骨下関節代償能を評価出来たことが、本研究の斬新さである。

2. 重要性

本研究で、HAA が 9.06 度以上では、距骨下関節代償能に異常がある可能性を明らかにした。その結果から、術前 HAA が 9.06 度以上の場合、関節温存術から人工関節置換術への術式変更を検討する必要がある。すなわち、HAA の評価は、術式選択における重要な情報となり得る。

3. 研究方法の正確性

画像学的評価項目は、過去に報告された客観性・再現性の高い方法で行われ、統計学的処理も適切に行われていた。また、検者内・検者間信頼性はいずれも高値であった。

4. 表現の明確さ

明瞭な英文で簡潔に表記されており、論旨も的確である。本論文は、Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma に受理されている。専門的用語も適切に使用されている。

5. 主な質疑応答

Q: 当初、HAA は角度で示すことが出来るものかと考えていたが、HAA は距骨関節面 Ankle joint line obliquity (AJLO) と hindfoot angle の絶対値の総和ということでした。HAA は図面で表すことが出来るものではなく、概念的なものということでしょうか。

A: はい。後足部は、その形状から、単純X線で直接評価することがとても困難です。そのため、過去の報告では、距骨の傾きもしくは踵骨の傾きを後足部アライメントとして報告しておりました。しかし、距骨下関節というのは、距骨と踵骨の両方の影響を受けます。なので、我々は両方を評価する必要があると考え、HAA を算出しました。

Q: ROC 曲線で Area under the curve (AUC) が 0.689 というのは、accuracy がそんなに高くありません。その辺はいかかですか。

A: 約 0.7 であり、統計学的に有用であると考えました。

Q: A 群と B 群を AJLO ± 1 度で分けていますが、1 度で分けた理由は何ですか。

A: 厳密には、水平というのは 0 度になります。しかし、計測上、AJLO が 0 度を水平とするのは、現実的に困難です。また、AJLO が術後何度以上であれば、TKA の術後成績に影響するという報告を調べたのですが、具体的な数値の報告がなかったため、今回は 0. 何度、つまり、1 度以内を水平、としました。

Q: Figure 4 で、AJLO が水平な 3 つのパターンのうち、3 番 (hindfoot angle が内反) が最も多いですが、Table 1 の患者背景と何か関連がありましたか。

A: 今回は、AJLO と hindfoot angle の組み合わせと患者背景の間に相関をみつけることは出来ませんでした。Figure 4 の考察としては、今回の症例の大半は内反膝で、内反膝では踵骨が外反しています。そして、手術をしたことによって、踵骨が内反の方向に動いたので、2 番 (hindfoot angle が基準値内) と 3 番 (hindfoot angle が内反) が多くなったと考えられました。

Q: 単純 X 線検査を用いた研究では、撮影の手技が結果に影響します。下肢全長は A→P 像で撮り、hindfoot alignment view は P→A 像で撮ります。そうすると、患者さんが一旦、決めた位置から肢位が変わることでデータ誤差が生まれます。

そこで、撮影する時、患者さんの立ち位置をどう気をつけられましたか。

A: 管球の位置は決まっており、hindfoot angle ではカセットの上に乗るので、先生のおっしゃる通り、姿勢を変えることで値が変わる可能性は否定出来ません。しかし、過去の hindfoot angle を用いた報告では、いずれも limitation で言及されていなかったことから、その点は許容範囲内であるかと考えます。

Q: AJLO が何度あれば術後成績に影響するかが分からないのに、あえて、「AJLO が 1 度未満を水平」に設定したのは、何か理由がありますか。2 度や 3 度ではだめですか。

A: 確かに 1 度未満というのは厳格と言え、2 度や 3 度も考慮しました。しかし、AJLO が大きくなりすぎると、今度は足関節に変形を来してしまうと考え、1 度と設定しました。

Q: 結論としては、術前 HAA が 9.06 度以上の症例では距骨下関節代償能に異常があり、TKA に術式変更した方が良いということですか。

A: はい。HAA の観点からは TKA に術式変更した方が良いといえます。しかし、骨切り術を行うか TKA を行うかは、画像所見での重症度以外の要因もあります。よりデータを集め、HAA が治療法の選択において有用であると言えるようにしていきます。

本論文は、以上の内容の斬新さ、重要性、研究方法の正確性、表現の明確さ、及び質疑応答の結果を踏まえ、審査員で討議の結果、本論文は 学位論文に値し、学位申請者についても学位授与に値すると評価された。