

氏 名	きのした さかえ 木下 栄		
学 位 の 種 類	博士（医学）		
報 告 番 号	甲第 1918 号		
学位授与の日付	令和 4 年 3 月 17 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	Femoral nerve status during the anterolateral approach for total hip arthroplasty: motor-evoked potential analysis and an influencing factor (人工股関節全置換術中の前外側アプローチにおける大腿神経の状態：運動誘発電位の解析とその影響因子について)		
論 文 審 査 委 員	(主 査)	福岡大学	教授 藤田 孝之
	(副 査)	福岡大学	教授 井上 亨
		福岡大学	講師 貴田 浩志

## 内 容 の 要 旨

### 【目的】

Watson-Jones アプローチを改良した前外側アプローチは、人工股関節全置換術（THA）の低侵襲アプローチとして用いられており、出血量の減少や軟部組織の損傷が少ないことから、早期の機能回復や良好な臨床成績につながることを示されている。また、筋肉への侵襲を最小限にすることで、術後の痛みの軽減や早期の歩行訓練が可能となる。しかし、術中の合併症として大腿骨骨折、外転筋や腱の損傷、大腿神経麻痺（FNP）などが報告されている。FNP は、過去の報告では前外側アプローチの THA 中に 0.6%から 5%の割合で発生している。また、FNP の原因として血腫による圧迫、牽引、虚血、裂傷、レトラクターによる損傷など、いくつかの原因となる要因が報告されている。レトラクターを寛骨臼の前壁に設置した際の大腿神経の損傷は、直接的な損傷または腸腰筋を介した圧迫による間接的な損傷によると考えられている。

前外側アプローチの THA において、前方レトラクターが大腿神経の状態に及ぼす影響を調査した報告はない。本研究では、運動誘発電位（MEP）解析を用いて、前方レトラクターが大腿神経の状態に及ぼす影響を明らかにし、大腿神経の状態に影響を及ぼす危険因子を特定することを目的とした。

### 【対象と方法】

本研究は前向き研究であり、2019年6月から2020年9月までの期間で同一の外科医によって前外側アプローチによるTHAを受けた36例37股に対して、大腿神経のMEPを計測した。37股のうち5股は、大腿神経の電位が不完全だったため除外された。したがって、31例32股（男性6人、女性25人）が最終的な研究対象となった。

対象は手術時、平均年齢 $62.3 \pm 11.5$ 歳、平均身長 $157.5 \pm 9.1$ cm、平均体重 $62.9 \pm 11.7$ kg、平均体格指数（BMI） $25.3 \pm 3.8$ kg/m<sup>2</sup>であった。32股のうち30股が変形性股関節症と診断され、2股が大腿骨頭壊死と診断された。Crowe分類では、すべての患者で股関節の高位脱臼なくグレードIであった。術前の臨床成績評価として、Harris hip score（HHS）およびJapanese Orthopaedic Association（JOA）hip scoreを用いた。屈曲可動域を術前に計測した。また、症例は右側が14股、左側が18股であった。

MEPの計測は、以前に報告された方法に基づいて行われた。大腿神経と正中神経のMEPを3つの時点で計測した。それら3つの時点は、第1期は術前に計測しコントロールとした、第2期は寛骨臼前壁の3時の位置に前方レトラクターを設置した直後、そして第3期はインプラントを設置し閉創した直後である。第1期の電位を100%とし、第2、3期の計測データと比較した。手術時間を記録し、手術時間と第3期の大腿神経の電位との関連性を調べた。

大腿神経と前方レトラクターの間に位置する筋肉として腸腰筋に着目し、術前CTにて腸腰筋の筋断面積を計測した。CTスライスの計測は、寛骨臼の前角先端から15mm近位とした。クラス内相関分析を使用し、腸腰筋の筋断面積の平均値を検者内および検者間の信頼性を評価した。分析結果はクラス内相関係数0.98、クラス間相関係数0.94であった。

大腿神経障害の基準電位は以前の報告に基づいて、電位が50%未満と定義した。第2期に計測した大腿神経のMEPを50%未満と50%以上の2群に分け、腸腰筋の筋断面積を2群間で比較した。術1週後に大腿神経領域の知覚障害の有無や徒手筋力テストにて膝伸展筋を評価した。

統計解析は、大腿直筋と母指球筋の対応する電位を、第1期と第2期および第2期と第3期でWilcoxon rank-sum testを用いて比較した。第2期の大腿神経電位50%未満群と50%以上群の2群間で性別、年齢、身長、体重、BMI、腸腰筋の筋断面積をt検定、Mann-Whitney U検定、およびカイ二乗検定を用いて比較した。Spearman相関係数を用いて、腸腰筋の筋断面積と、対応する年齢、身長、体重、BMI、HHS、JOA hip score、股関節屈曲可動域を比較した。p値が<0.05の場合を有意とした。

## 【結果】

大腿神経の平均電位は、第1期の100%から第2期の $35.1 \pm 26.3$ %と有意に減少したが、第3期では $53.7 \pm 29.5$ %と有意に改善した（ $p < 0.01$ ）。第2期では、32股関節のうち29股関節（93%）で大腿神経の電位が低下した。正中神経の平均電位は第2期が $99.1 \pm 3.5$ %、第3期が $98.3 \pm 5.1$ %であり、第1期と第2期、第2期と第3期の間に有意差はなかった（ $p = 0.18$  および  $0.35$ ）。

平均手術時間は 94 分であった。手術時間と第 3 期の大腿神経の電位との間には、有意な相関関係は認めなかった ( $p=0.54$ ,  $r=-0.08$ )。

32 人の股関節における腸腰筋の筋断面積の平均値は  $6.41 \pm 1.72 \text{ cm}^2$  であった。腸腰筋の筋断面積と身長との間には、有意な相関関係を認めた ( $p < 0.01$ ,  $r = 0.59$ )。しかし、腸腰筋の筋断面積と年齢 ( $p = 0.34$ ,  $r = -0.17$ )、体重 ( $p = 0.06$ ,  $r = 0.34$ )、HHS ( $p = 0.60$ ,  $r = 0.10$ )、JOA hip score ( $p = 0.67$ ,  $r = 0.07$ )、股関節屈曲可動域 ( $p = 0.67$ ,  $r = 0.09$ ) との間には、有意な相関関係を認めなかった。第 2 期では、32 股関節のうち 26 股関節 (81%) で大腿神経の電位が 50%未満であり、50%以上であったのは 6 股関節のみであった。大腿神経の電位が 50%未満群と 50%以上群の比較にて年齢 ( $p = 0.09$ )、性別 ( $p = 1.00$ )、身長 ( $p = 0.17$ )、体重 ( $p = 0.38$ )、BMI ( $p = 0.94$ ) では有意差を認めなかった。腸腰筋の筋断面積は、第 2 期の大腿神経の電位が 50%未満群は 50%以上群に比べて有意に小さかった ( $p < 0.05$ )。術後に徒手筋力評価による膝伸展力の低下や大腿神経領域の感覚障害を認めた症例はなかった。

## 【結論】

大腿神経の平均電位は、第 1 期から第 2 期へと有意に減少した。腸腰筋の筋量が大腿神経の状態に影響すると考えられた。

## 審査の結果の要旨

人工股関節全置換術後の大腿神経麻痺の原因の一つとして、前方レトラクターによる損傷が報告されているが、その危険因子については報告がない。

それゆえに、本論文は、前方レトラクターによる大腿神経損傷の危険因子について評価した研究である。

本論文では、前方レトラクター設置時に大腿神経の運動誘発電位を測定し、CT にて計測した腸腰筋の筋断面積との関連を評価した結果、腸腰筋が小さいとレトラクターから伝わる力が大きい可能性が示唆された。

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

### 1. 斬新さ

前方レトラクターからの圧迫による大腿神経損傷の危険因子として、大腿神経の運動誘発電位と腸腰筋の筋断面積との関連を評価した報告はなく、今回が初めてである。

## 2. 重要性

前方レトラクターによる大腿神経損傷の危険因子として、腸腰筋が小さいことがリスクとなることが明らかとなり、前方レトラクターから伝わる力が大きくなる可能性が示唆された。

## 3. 研究方法の正確性

腸腰筋の筋断面積の計測は検者内・検者間一致度はいずれも高値であった。また、運動誘発電位については、対照とした正中神経の振幅は術中に有意な差を示さなかったことから、本研究で採用した方法は信頼性と妥当性があり、正確な検討であったと考える。

## 4. 表現の明確さ

明瞭な英文で簡潔に表現されており、論旨も的確である。本論文は Journal of Orthopaedic Science (impact factor 1.601) 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：運動誘発電位（MEP）の測定値において、大腿神経の電位が 50%以上を神経障害と定義した根拠について教えてください。

A：過去の報告において、運動誘発電位における神経損傷のリスクの基準値としての電位低下は、脊椎・脊髄外科手術において振幅の 50-90%以上の低下あるいは波形の消失と報告されています。しかし、これは中枢神経における報告です。末梢神経では報告がほとんどありません。末梢神経としての報告は顔面神経において 50%以上の低下が神経損傷のリスクと報告されており、今回は 50%を基準といたしました。

Q：脳外科の分野での手術では脳動脈をクリップすると MEP の電位が低下することが分かっています。大腿動脈を損傷や圧迫することが MEP の電位低下に影響を及ぼす可能性はありますか？

A：前方レトラクターを設置する際に損傷する血管として、寛骨前上方に位置している外腸骨動脈を損傷する危険性があります。動脈を損傷や圧迫した場合は電位低下に影響を及ぼす可能性があります。

Q：前方レトラクターの種類はどの程度ありますか？

A：レトラクターの種類については幅の違いや遠位部分がカーブした形状、ストレートな

形状など様々であり、前方レトラクターに使用するタイプについては遠位がカーブ形状であり幅は2 cm程度のものを使用しています。

Q：前方レトラクターを設置する時間は、大腿神経に与える影響を考慮すると、どの程度まで許容範囲といわれていますか？

A：過去の報告において神経を圧迫する時間と大腿神経の損傷は正の相関があると報告されています。しかしながら、実際に何分程度圧迫が許容されるのかといった報告はありません。

Q：今回、筋断面積を評価されていますが、高齢者であれば筋の脂肪変性が起こってくると思われます。その評価は行いましたか？また脂肪変性が神経へ与える影響を報告された論文はありますか？

A：過去の報告において若年者と高齢者を比較した場合、高齢者になると筋肉の脂肪変性が起こり、年齢が高いほど割合が大きいと報告されています。

しかし、脂肪変性割合と神経損傷の因果関係について調査した論文はありません。

Q：MEPは筋弛緩剤を使用した場合は電位が低下しますが、今回の研究では使用されましたか？

A：気管挿管時など麻酔導入時には筋弛緩剤を使用しております。しかし、MEP測定前に拮抗薬を使用し、TOFモニターで筋弛緩剤が拮抗されているのを確認し、測定を開始しました。

Q：今回の発表では術後に徒手筋力評価での筋力低下や感覚障害はない、といった結果ですが、術中の電位低下は一過性の伝導障害により起こっていたことと判断していますか？また、術後にMEPの電位が回復したのか評価はされていませんが、電位は回復していたと判断されているのでしょうか？

A：神経は圧迫による一過性の伝導障害から、軸索破壊による不可逆的な損傷があります。今回は第2期に電位が有意に低下し、第3期には有意に改善したことより、電位低下は一過性の伝導障害が起きていたと考えております。また第3期の時点で有意に電位が改善しており、術後にMEPの評価は行っておりませんが、麻痺が起きていないことから電位は回復していると考えます。

Q：手術は脊髄麻酔ではなく、静脈麻酔による全身麻酔で行なった理由を教えてください。

A：脊髄麻酔を行うと神経の伝導が遮断されてしまい、MEPの電位が記録できなくなるため、全身麻酔で行いました。また今回、プロポフォールやレミフェンタニルなどの薬剤を使用し、静脈麻酔をおこないました。理由としては麻酔の調節がしやすく、麻酔の深達度が維持しやすいからです。

Q：今回、大腿神経の電位低下に虚血の影響はありませんでしたか？圧迫による影響と考えてよろしいでしょうか？

A：急激な血圧低下など虚血を示唆する術中の所見はなく、前方レトラクターによる圧迫が影響したと考えております。

Q：術中の大腿神経のMEPの測定値が、術後の大腿神経損傷の発生の危険性を示唆することについては、どの程度確立していますか？

A：過去の報告ではMEPの測定値と大腿神経麻痺について評価した報告がほとんどありません。1例だけ報告がありますが、術中に大腿神経のMEPの電位が30%以下になった症例で術後に大腿神経麻痺が起こったと報告されています。

しかしながら、電位の低下率と麻痺の発症は相関するといった報告はなく、MEPの電位低下率は神経麻痺発症の一つの指標として使用されています。

Q：スライドにも説明がありましたが、第2期の評価として前方レトラクターを設置直後より、設置後時間が経過してからの方が神経損傷の危険性は高いと考えます。その検討はされましたか？

A：前方レトラクターの大腿神経への危険因子を考慮した場合に、今回は軟部組織である腸腰筋に着目して評価を行いました。過去の報告では神経麻痺は、圧迫時間が長くなれば長くなるほど、発症するリスクが高まると報告されていますが、軟部組織の影響の評価を第一に考え、今回はレトラクター設置直後の大腿神経の電位と腸腰筋の筋断面積の評価としました。

今後は、時間要素を含めた評価を検討致します。

Q：第2期に大腿神経の電位が低下した症例は、第3期では低下したままの状態だったのでしょうか？

A：第2期に大腿神経の電位が有意に低下しておりましたが、第3期では有意に改善しておりました。第2期に低下した症例も第3期では改善を認めておりました。

Q：前方レトラクターによる損傷以外に、損傷の原因があると報告されていますが、割合などはどの程度なのでしょうか？自験例ではどの程度ありましたか？

A：当院においてこれまでに大腿神経麻痺の発症は起きておりません。また、過去の報告では原因不明が約50%であり、レトラクターによる損傷が約20%、虚血や牽引などによる損傷が約30%と報告されています。

Q：過去の報告において脚延長による損傷も原因としてあるようですが、今回評価は行われなかったのでしょうか？

A：過去の報告において3cm以上の脚延長は麻痺のリスクと報告されています。今回、

データとして報告はしていませんが、脚延長の評価は行っており、全症例 2 c m 未満であったことから、影響はなかったと考えております。

Q : 実際の手術時に電位が 50% 以上低下した症例に対しては、どのような対応をおこないましたか？

A : 50% 以上の大腿神経の電位が低下した症例に対しては、股関節を軽度屈曲することで腸腰筋の緊張を低下させ、レトラクターの牽引を緩めるなどの対応を行いました。

Q : 術後の知覚障害の原因として外側大腿皮神経が影響すると思うのですが？その影響はありませんでしたか？

A : 今回のアプローチである ALSA では大腿筋膜張筋と中殿筋の間よりアプローチするため外側大腿皮神経の損傷は起こらないと報告されており、影響はないと考えます。

Q : 今回の研究の結果を踏まえて、今後、研究するとしたらどのような方法を考えますか？

A : 今回、第 2 期の測定を前方レトラクター設置直後に行いました。今後、新たに研究を検討するのであれば、電位の測定タイミングを検討し、時間の影響など、その他の交絡因子を考慮した研究を行えればと考えます。

以上の内容より、本論文は斬新さ、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、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。