

学位論文題名

Gliding resistance of the extensor pollicis brevis tendon and abductor pollicis longus tendon within the first dorsal compartment in fixed wrist positions

(手関節固定位での第1背側区画における短母指伸筋腱と長母指外転筋腱の滑走抵抗)

学位論文内容の要旨

de Quervain's disease の病因は不明だが、手関節不良肢位での反復動作や第1背側区画での隔壁(短母指伸筋腱と長母指外転筋腱とを隔てる)の存在が発症要因であると考えられている。我々は、これらの条件が腱と伸筋腱腱鞘との間に高い滑走抵抗を発生させ、ひいては腱や腱鞘に微小な損傷を引き起こすという仮説を立てた。この論文の目的は、人体標本を用いて第1背側区画における短母指伸筋腱と長母指外転筋腱の滑走抵抗を測定し、手関節の角度と隔壁の有無による滑走抵抗への影響を明らかにすることである。

測定装置は1つの電動モーターと2つの張力トランスデューサー、手関節角度に対応して3次元的に位置を変化させることができる滑車とから成る。滑走抵抗は、腱の近位端と遠位端に結びつけた2つのトランスデューサーから検出された張力の差として算出される。手関節標本は自家製の台に前腕を水平に、手掌を下に向け、橈骨と尺骨の近位端を把持して固定される。手関節角度は専用に作成した創外固定を用いて保持した。創外固定のロッドは橈骨と第2中手骨にそれぞれ2本ずつ刺入した。

最初に、後述する7つの手関節角度それぞれにおける短母指伸筋腱と長母指外転筋腱の滑走範囲を測定した。まず、短母指伸筋起始部を骨から剥離してダクロン糸を縫合した。その糸の近位に滑車を介して重錘をつなげ、4.9 N weight で緊張を与えた。目印として6-0 ナイロン糸を腱に縫合した。その位置は滑走抵抗が生じないように伸筋腱腱鞘から充分近位とした。まず、その印から伸筋腱腱鞘までの距離を、前述した重錘により母指 IP、MP、TM 関節が伸展されている状態で記録した。つぎに用手的に母指を最大屈曲した状態で再度その距離を記録した。これをそれぞれの手関節角度にて行った。長母指外転筋腱の滑走範囲も同様に測定した。

滑走範囲を測定した後、短母指伸筋腱を MP 関節で切離した。切離した腱の遠位段端と既に剥離してある筋肉それぞれに、張力トランスデューサーをつなげた(遠位を F1、近位を F2)。遠位の張力トランスデューサー(F1)に滑車を介して4.9 N weight の重錘をつなげた。滑車の位置は腱が生理的な方向を向くよう、手関節角度に応じて変化させた。近位の張力トランスデューサー(F2)に電動モーターをつなげた。その位置は生理的な筋肉の角度を再現するように固定した。

電動モーターにより、滑走抵抗と4.9 N weight に抗して腱を近位方向へ2.0mm/sで牽引した。この動きは母指の伸展に相当する。次に、重錘により腱が遠位方向へ滑走するよう、電動モーターを同じ速度で逆回転させた。

この動きは母指の屈曲に相当する。腱を動かす範囲は、既に測定しておいた手関節角度に応じた腱の滑走範囲に一致させた。F1 と F2 をサンプリングレート 10 Hz で記録した。短母指伸筋腱の滑走抵抗を測定した後、長母指外転筋腱のそれも同様に測定した。滑走抵抗は近位と遠位の張力トランスデューサーの差となって現れる。伸展位から屈曲位までの全滑走距離における平均滑走抵抗は $((F_{2\text{ extension}} - F_{1\text{ extension}}) + (F_{1\text{ flexion}} - F_{2\text{ flexion}})) / 2$ である。F_{1 extension} は F_{1 flexion} と同じ 4.9 N のはずなので、滑走抵抗は $(F_{2\text{ extension}} - F_{2\text{ flexion}}) / 2$ として導き出される。

新鮮凍結標本から採取した 15 手関節を用いた。このうち第 1 背側区画における隔壁ありが 8 手関節、なしが 7 手関節であった。短母指伸筋腱と長母指外転筋腱の滑走抵抗を以下の 7 つの手関節固定位にて測定した。橈、尺屈中間位での 60 度伸展位、30 度伸展位、中間位、30 度屈曲位、60 度屈曲位、さらに伸展、屈曲中間位での 30 度尺屈位、15 度橈屈位である。

結果は短母指伸筋腱と長母指外転筋腱とをそれぞれ別個に分析した。それぞれの腱に対し two-factor ANOVA with repeated measures on one factor (手関節角度) を用いて、7 つの手関節角度間における滑走抵抗の差異、ならびに隔壁の有無におけるそれを比較した。危険率 5 % 以下を有意とみなした。

短母指伸筋腱における結果を述べる。隔壁の有無による滑走抵抗の差はなかった (隔壁有りが 0.21N、無しが 0.15N) ($p = 0.18$)。しかし手関節の角度は滑走抵抗に有意の影響を与え ($p < 0.05$)、さらに手関節の角度と隔壁の有無は相互作用を認めた ($p < 0.05$)。隔壁がある場合は手関節 60 度屈曲位 (0.51N) にて他の全ての角度 (0.26N 以下) よりも有意に高い滑走抵抗を示した ($p < 0.05$)。隔壁がない場合は手関節 60 度屈曲位 (0.20N) と 60 度伸展位 (0.22N) にて他の 5 つの手関節角度 (0.15N 以下) よりも有意に高かった ($p < 0.05$)。有意の差は得られなかったが、手関節 60 度と 30 度屈曲位にて、隔壁がある場合の短母指伸筋腱の滑走抵抗はない場合より高い傾向が認められた。しかし他の手関節角度では非常に近似していた。

次に長母指外転筋腱における結果を述べる。隔壁の有無による滑走抵抗の差はなかった (隔壁有りが 0.21N、無しが 0.19N) ($p = 0.67$)。しかし手関節の角度は滑走抵抗に有意の影響を与えた ($p < 0.05$)。手関節 60 度屈曲位 (0.33N) にて他の角度 (0.26N 以下) よりも有意に高い滑走抵抗を示した ($p < 0.05$)。さらに手関節 60 度伸展位と 30 度屈曲位にて、中間位、30 度伸展位、30 度尺屈位、15 度橈屈位よりも有意に高い滑走抵抗を示した ($p < 0.05$)。手関節の角度と隔壁の有無には相互作用を認めなかった ($p = 0.44$)。

第 1 背側区画において短母指伸筋腱は背側に、長母指外転筋腱は掌側に存在する。隔壁が存在しない場合、短母指伸筋腱の掌側は長母指外転筋腱に接している。この部分での摩擦抵抗は隔壁とのそれとは異なることが考えられる。さらに生理的条件下では、両方の腱は同調して (同じ方向に) 動くため、隔壁がない場合の短母指伸筋腱の掌側面での相対的な移動距離は隔壁がある場合に比較して小さくなるはずである。よって腱に対する磨耗効果は隔壁がない場合には減少すると考えられる。

de Quervain's disease の発症には第 1 背側区画における解剖学的な変異が関与しているとの報告がなされてきた。我々の結果はこれらの報告を支持すると考えられる。手関節中間位での滑走抵抗は約 0.2N であり、これは我々が以前報告した他の腱の滑走抵抗と近似している。しかし最も不良な手関節角度での滑走抵抗は、損傷後の治療課程における腱の滑走抵抗に近づく。高い滑走抵抗を有している腱、例えば隔壁を有しているときの短母指伸筋腱のような腱が、de Quervain's disease を発症しやすいと考えるのは合理的であろう。

今回の新鮮凍結標本においては、隔壁の有無と手関節の角度との組み合わせが有意に短母指伸筋腱の滑走抵抗に影響を与えていた。これらの要素が de Quervain's disease の発症に関与している可能性が示唆された。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 三 浪 明 男
副 査 教 授 安 田 和 則
副 査 教 授 山 本 有 平

学 位 論 文 題 名

Gliding resistance of the extensor pollicis brevis tendon and abductor pollicis longus tendon within the first dorsal compartment in fixed wrist positions

(手関節固定位での第1背側区画における短母指伸筋腱と長母指外転筋腱の滑走抵抗)

手関節不良肢位での反復動作や、第1背側区画での短母指伸筋腱 (EPB) と長母指外転筋腱 (APL) とを隔てる隔壁の存在が de Quervain's disease の発症要因であると考えられている。申請者は、これらの条件が腱と腱鞘との間に高い滑走抵抗を発生させ、腱や腱鞘に微小な損傷を引き起こすという仮説を立てた。本論文の目的は、第1背側区画における EPB と APL の滑走抵抗を測定し、手関節の角度と隔壁の有無による影響を明らかにすることである。

最初に、後述する7つの手関節角度に応じた滑走範囲を測定した。EPB 起始部を骨から剥離して 4.9 N weight で近位方向に緊張を与えた。腱鞘から充分近位に目印として 6-0 ナイロン糸を腱に縫合し、その印から腱鞘近位端までの距離を、重錘により母指が伸展されている状態と、用手的に母指を最大屈曲した状態とで測定した。APL も同様に測定した。

その後、EPB を MP 関節で切離し、その遠位端と既に剥離してある筋肉それぞれに、張力計をつなげた。遠位の張力計 (F1) に滑車を介して 4.9 N weight の重錘をつなげた。滑車の位置は手関節角度に応じて変化させた。近位の張力計 (F2) に電動モーターをつなげた。これにより、滑走抵抗と 4.9 N weight に抗して腱を近位方向へ 2.0mm/s で牽引した。次に、重錘により腱が遠位方向へ滑走するよう、モーターを同速で逆回転させた。動かす範囲は、既に測定した腱の滑走範囲に一致させた。F1 と F2 を 10 Hz で記録した。EPB の後、APL も同様に測定した。滑走抵抗は F1 と F2 の差である。全滑走距離における平均滑走抵抗は $((F_{2 \text{ extension}} - F_{1 \text{ extension}}) + (F_{1 \text{ flexion}} - F_{2 \text{ flexion}})) / 2$ である。F_{1 extension} は F_{1 flexion} と同じ 4.9 N なので、滑走抵抗は $(F_{2 \text{ extension}} - F_{2 \text{ flexion}}) / 2$ として導き出される。

新鮮凍結標本から採取した15手関節を用いた (隔壁あり8関節、なし7関節)。手関節

固定角度は、橈、尺屈中間位での 60 度伸展位(60E)、30 度伸展位(30E)、中間位 (Neut)、30 度屈曲位(30F)、60 度屈曲位(60F)、さらに伸展、屈曲中間位での 30 度尺屈位(30U)、15 度橈屈位(15R)である。

それぞれの腱に対し two-factor ANOVA with repeated measures on one factor を用いて、手関節角度間における滑走抵抗の差異、および隔壁の有無におけるそれを比較した。危険率 5 % 以下を有意とみなした。

両腱ともに隔壁の有無による差はなかったが、手関節の角度は有意の影響を与えた。EPB でのみ、手関節の角度と隔壁の有無とに相互作用を認めた。EPB で隔壁がある場合は手関節 60F (0.51N) にて他の全ての角度 (0.26N 以下) よりも有意に高い滑走抵抗を示した。隔壁がない場合は 60F (0.20N) と 60E (0.22N) にて他の 5 つの手関節角度 (0.15N 以下) よりも有意に高かった。有意の差は得られなかったが、60F と 30F にて、隔壁がある場合の EPB の滑走抵抗はない場合より高い傾向が認められた。しかし他の角度では非常に近似していた。APL では、60F (0.33N) にて他の角度 (0.26N 以下) よりも有意に高い値を示した。さらに 60E と 30F にて、Neut、30E、30U、15R よりも有意に高い値を示した。

今回の結果では、隔壁の有無と手関節の角度との組み合わせが有意に EPB の滑走抵抗に影響を与えていた。これらの要素が de Quervain's disease の発症に関与している可能性が示唆された。

審査にあたり、副査山本有平教授より腱の滑走抵抗に関する研究の現状、腱鞘の影響、隔壁の組織学的分析、手関節を固定した意義、臨床的意義に関する質問があった。ついで副査の安田和則教授から結果の確認、滑走抵抗が増す原因、腱の太さの影響、実験時の腱の潤滑環境に関しての質問があった。最後に主査の三浪明男教授より腱の滑走距離、両腱の臨床的な重要性の比重、APL の測定方法、正常な手を使った意義、臨床的意義に関しての質問があった。申請者はこれらの質問に対して今回行った実験結果と過去の文献を引用し適切に回答した。

経験的に隔壁の存在が de Quatrain's disease の発症要因のひとつであると考えられてきたことを、この論文は初めて科学的に裏付けた。また、手関節角度の違いによる滑走抵抗の差を明らかにしたことは、保存療法の際に非常に有用な知見であると考えられる。

審査員一同は、これらの成果を高く評価し、申請者が博士 (医学) の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。