

## 正常関節における関節超音波検査所見の検討

須内音々・竹田菜々子

### 要旨

近年、筋骨格系の超音波検査は理学療法士にとって有用とされているが、教育体制や研究報告が不十分であることから、臨床での普及が進んでいない。本研究では、主に手や手指の正常関節における関節超音波検査を実施した。特に第2指MP関節、伸筋腱区画、手根管の超音波検査所見を初学者にも使いやすい画像を作成するとともに、理学療法への応用について検討した。本研究を通して、今後は一日も早い超音波検査の臨床現場への導入とともに、教育体制の充実を図る義務があると考えた。

### はじめに

近年、画像検査の進歩は著しく、特に超音波検査は理学療法士にとって、診断や体表解剖をはじめ、理学療法評価や治療の補助ツールとして活用できる<sup>1)</sup>。しかし、医師においては徐々に普及しているが、理学療法士への普及は進んでいない。その要因としては、養成校だけでなく、卒業教育においても十分な教育体制が整っていないこと、また教育効果に関する研究報告も少ない。さらに超音波機器を用いた研究報告が不十分であり、使用方法などが確立していないことなども要因として考えられる<sup>2)</sup>。

このように理学療法士の超音波機器の臨床使用をサポートする基礎知識の提供が不足しているため、普及を推進すべく、関節を中心とした超音波画像所見を明らかにする必要があるのではないかと考えた。そこで、私たちは主に手や手指の正常関節における関節超音波所見の検討を行い、単純X線などの画像ではわからなかった解剖学的所見をもとに、今後のリハビリテーションに活かすことを目的とする。

超音波機器の長所は、非侵襲的で患者負担が少ない点、骨だけではなく軟部組織の描出が可能で、優れた分解能によって忠実な組織の再現が可能で、リアルタイムで即座に描出できる点、持ち運び可能でありベッドサイドでの評価ができる点、オプション機能で血流評価や組織

の硬さ評価、動的評価が可能など点が挙げられる。

短所としては、骨の下にある組織の描出が不可能な点、人体を伝播する際に多くの物理パラメーターが関係するため個体差により画質が大きく変化する点がある。また、プローブ走査に習熟が必要で検者依存性が高いという短所があり、今後の大きな課題となる。これらを踏まえて、理学療法士にとって有用な超音波機器の活用方法を検討していく<sup>1,3)</sup>。

### 方法

今回は、GE Healthcare社 Venue50という超音波機器を用いて撮像した。超音波機器には3種類の表示モードがあり、通常の白黒画像のBモード法、血流の方向や速度をうつすカラードプラ法、カラードプラ法よりも遅い血流をうつすパワードプラ法がある。

Bモード法では、骨びらんや、骨棘、関節液貯留の観察、滑膜の肥厚などの関節構造を視覚的に捉える。パワードプラ法では、炎症をともなった関節滑膜の新生血管を血流シグナルとして視覚的に観察することが可能である<sup>8,11)</sup>。

関節の超音波検査には、12MHzの表在臓器用のリニア型探触子(プローブ)を使用した。坐位で、手をテーブルの上ののせて行った。描出する際は、ジェルを多めに塗布し、プローブマー

クがある方を末梢側に向け、描出部位に垂直に当てた。

認できた。中手骨面に対して一直線に位置していた基節骨が、MP 関節を屈曲することによって、

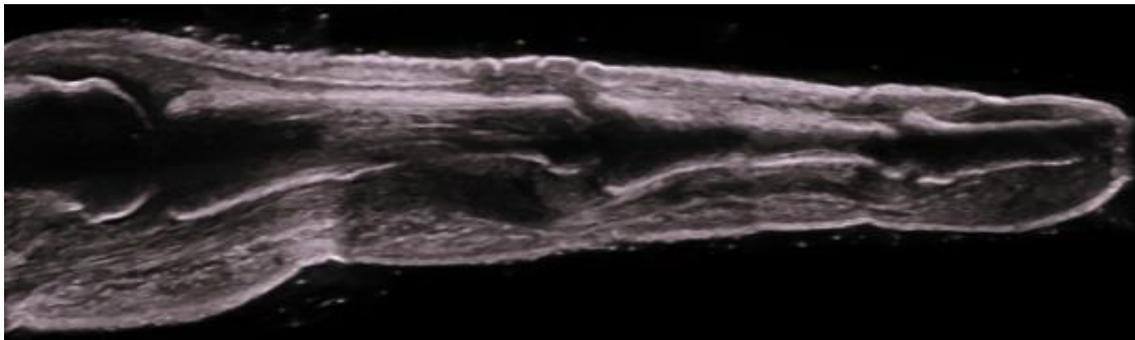


図 1 第 2 指縦断像(合成画像)

### 結果

手指、手関節およびその周囲について超音波検査によって撮像を行った。

#### 1. 第 2 指の超音波画像について

##### 1) 第 2 指の全体像

図 1 は第 2 指関節全体像の縦断像であり、掌側面から撮像したものと、背側面から撮像したものを合わせた画像である。これは合成画像であり、実際の超音波画像では図 2 のように見える。

##### 2) 第 2 指 MP 関節(図 2・3)

図 2 は第 2 指 MP 関節背側縦断像である。左から中手骨、基節骨である。骨は、骨表面に当たった超音波の大部分が反射し、プローブまで戻ってくるため、骨内部の観察はできない。骨表面を覆った部分が関節軟骨である。関節軟骨は均質な構成体であり、透過性が低いため、低エコー像として描出される。腱や靭帯は、コラーゲン繊維が同一方向に規則正しく配列されているため、長軸像では線状の高エコーとして描出される。筋肉は、短軸像では、霜降り部分に相当する筋周膜が線状の高エコー像として描出され、長軸像では、筋束は帯状低エコー像、筋周膜は線状高エコー像として層状に描出される<sup>4,7)</sup>。図 4 は図 3 の伸展位から屈曲させた状態の動画である。超音波検査ではこのようにあらゆる肢位での撮像ができ、オプション機能を使用すると屈伸運動の動的評価が可能となる。

動画では基節骨は中手骨との間隔を変化させずに、中手骨頭の周囲をすべるように移動した。

第2指を 90°屈曲したのが、超音波画像でも確

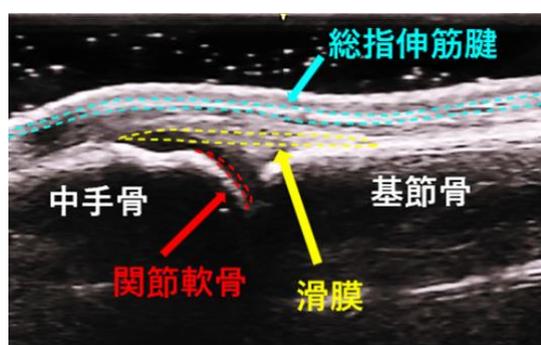


図 2 第 2 指 MP 関節の長軸走査



図 3 第 2 指 MP 関節背側縦断像における屈伸動作の QR コード



図 4 第 2 指 MP 関節背側縦断像(伸展位)

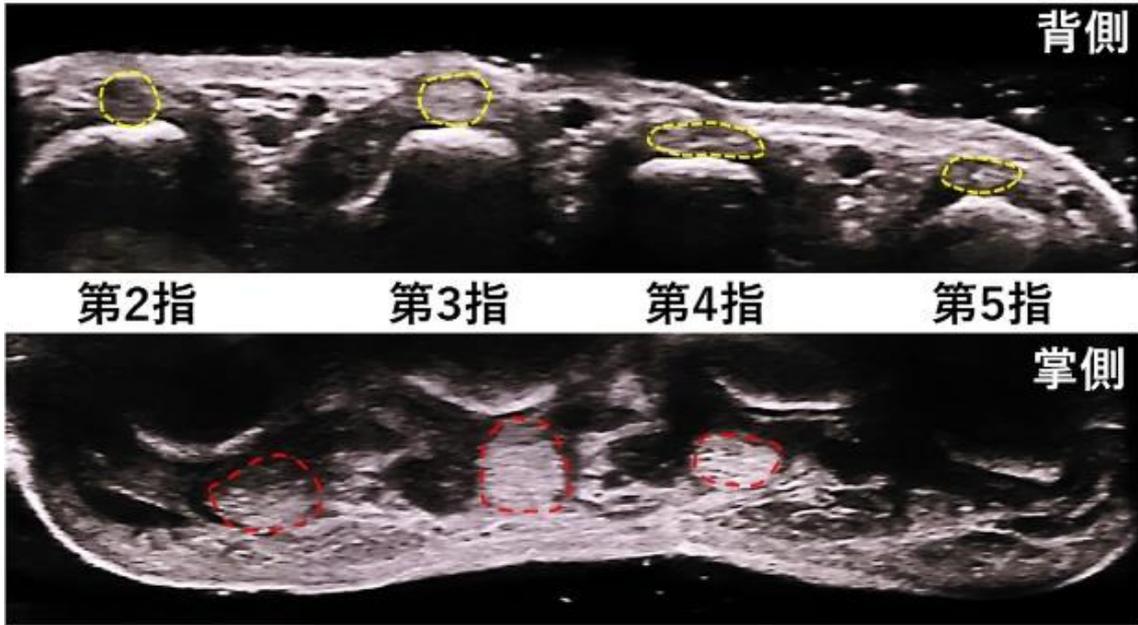


図 5 第 2～5MP 関節(中手骨レベル)の横断像(合成画像)

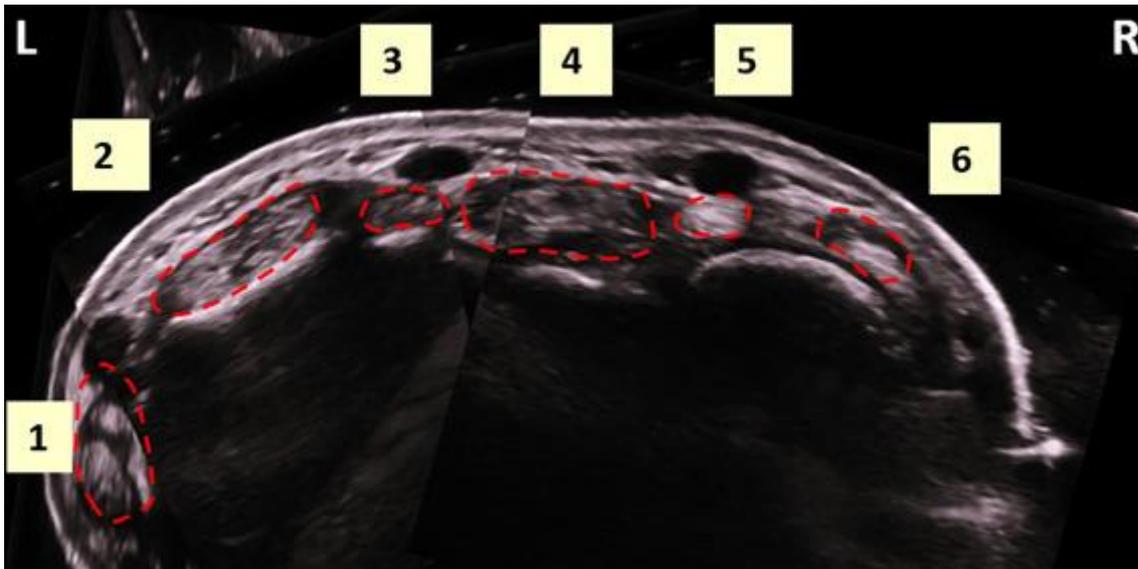


図 6 伸筋腱区画(手関節レベル)の横断像(合成画像)

## 2. MP 関節(中手骨レベル)の超音波画像について

中手骨レベルで撮像した MP 関節の横断像を数枚組み合わせ、合成画像とした(図 5)。赤い丸で囲まれているのが手指屈筋腱(浅指屈筋腱, 深指屈筋腱), 黄色い丸で囲まれているのが総指伸筋腱である。背側に比べ、掌側の腱は骨より少し離れており、太く発達している。特に第3指で著しい。

## 3. 手関節の超音波画像について

### 1) 手関節背側: 伸筋腱区画

伸筋腱区画とは、伸筋支帯と橈骨・尺骨の間に見える6つの空間のことであり、各空間の間では、となり合う空間を仕切る区画をなす。図 6 は数枚の超音波画像を組み合わせた伸筋腱区画の合成画像である。図 7 は第 1 区画であり、左側が長母指外転筋腱, 右側が短母指伸筋腱である。図 8 は第 2 区画であり、左側が長橈側手根伸筋腱,

右側が短橈側手根伸筋である。図 9 は第 3 区画であり、長母指伸筋腱のみで構成される。図 10 は、第 4 区画であり、下方に 1 つある腱が、示指伸筋腱であり、上方に 4 つある腱が総指伸筋腱である。図 11 は第 5 区画であり、小指伸筋腱のみで構成される。図 12 は第 6 区画であり、尺側手根伸筋腱のみで構成される。



図 8 第 1 区画(横断像)

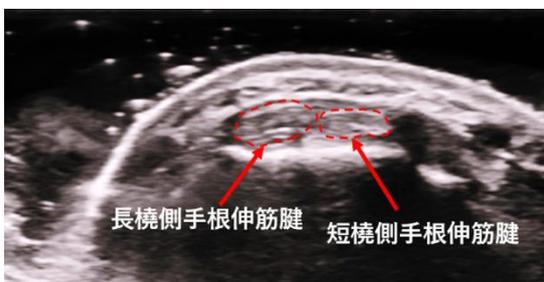


図 9 第 2 区画(横断像)



図 10 第 3 区画(横断像)

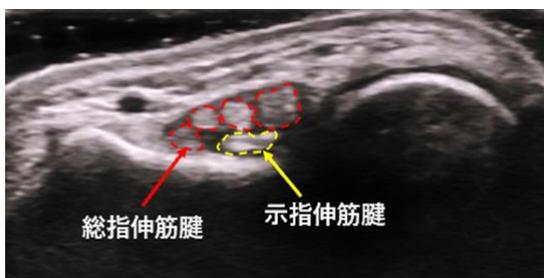


図 11 第 4 区画(横断像)



図 7 第 5 区画(横断像)



図 12 第 6 区画(横断像)

## 2) 手関節掌側: 手根管

手根管とは、側面と底面を手根骨で囲まれ、前方には強固な線維性構造である屈筋支帯(横手根靭帯)に囲まれる空間のことである。橈骨側は舟状骨と菱形骨、尺骨側は有鉤骨で構成されている。この空間内において、正中神経の裏側には 10 本の屈筋腱(長母指屈筋腱、橈側手根屈筋腱、浅指屈筋腱、深指屈筋腱)が走行している(図 13)。正中神経は、手根間内を通過する際に 5 本の分枝に分かれ、その掌側枝が母指球枝で、背側の 4 本によって環指橈側までの皮膚知覚を支配する。図 14 は手根管症候群を短軸像と長軸像で撮像したものである。左の健側と比較して、患側では、腫脹した神経がみられる。長軸像では、部分的な主張が示唆される<sup>7)</sup>。

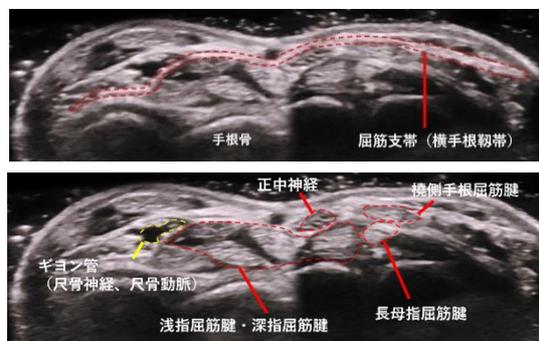


図 13 手根骨レベルでの横断像(合成画像)

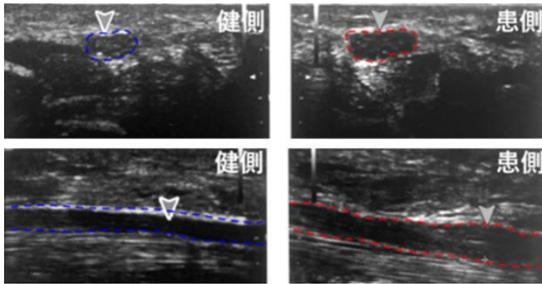


図 15 手根管症候群における正中神経の腫脹  
短軸像(上)と長軸像(下)<sup>7)</sup>

## 考察

### 1. 本研究を通して

超音波検査では骨、軟骨、腱、関節などを観察することが出来た。想像していたよりも描出された画像が分かりにくかったが、画像を合成することで、解剖学的位置関係が理解しやすくなった。また、超音波検査では動的評価も可能であることが分かった。屈曲動作時、関節が滑るように屈曲している様子や、筋収縮に伴い腱が滑走している様子をリアルタイムでみる事ができた。実際に図 15 では、第 3 指 MP 関節で屈曲させながら腱を動的に観察すると、指の動きに一致する滑走がみられた。このとき手指屈筋腱が近位側に引き寄せられることが分かった。



図 14 第 3 指 MP 関節屈伸動作における手関節縦断像の QR コード

### 2. 関節超音波像の疾患における病態把握

今回は、手の関節超音波画像について検討し

たが、手においては、1) 腱鞘炎 (de Quervain 病、屈筋腱腱鞘炎(ばね指など)), 2) 関節リウマチ、3) 変形性関節症、4) 手根管症候群、5) Dupuytren 拘縮、6) 外傷(骨折、靭帯損傷)等の疾患が疼痛や障害の原因となり、関節可動域訓練、運動療法、物理療法、装具療法などの理学療法の対象となる。

ここでは、そのうち、de Quervain 病、尺側手根伸筋腱炎、関節リウマチにおける超音波画像の応用について述べる。

### 1) de Quervain 病



図 16 短母指伸筋腱周囲の腫脹<sup>12)</sup>

母指を外転すると手関節の橈側に二本の腱が浮かび上がる。これらは長母指外転筋腱と短母指伸筋腱であり伸筋腱区画の第 1 区画を構成している。de Quervain 病とは狭窄性の腱鞘炎であり、これら 2 本の腱と腱鞘との間で摩擦が生じ炎症が起きた状態である。図 16 のように短母指伸筋腱周囲に腱鞘の肥厚を伴う低輝度像を認める<sup>7,12)</sup>。超音波画像では長母指外転筋腱と短母指伸筋腱のどちらの腱に炎症・腫脹があるのか、また隔壁があるのかどうかを確認する。de Quervain 病では隔壁が高確率に存在し、隔壁が存在していると保存療法の抵抗因子になり、外科的な治療が必要となることがある<sup>14)</sup>。

超音波画像所見をもとに装具療法や物理療法、注射を併用することでこのように腱鞘の肥厚が軽減する。

### 2) 尺側手根伸筋腱炎

尺側手根伸筋の腱は、伸筋支帯の深層にあり subsheath と呼ばれる線維性のバンドによって固定されており狭窄性腱鞘炎の原因とされている。

前腕回外時、尺側手根伸筋円は尺骨頭と接触し、橈側に引き寄せられるため subsheath との摩擦が生じる(図 17)。この状態が反復されることで、圧縮・摩擦ストレスが腱鞘に加わり、腱鞘炎(尺側手根伸筋腱炎)の状態を引き起こす<sup>9)</sup>。

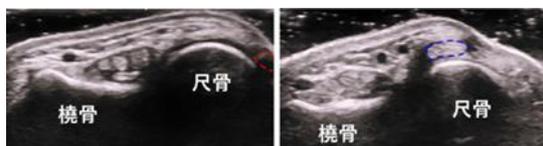


図 17 尺側手根伸筋腱(横断像)

前腕回内位: 尺側手根伸筋腱は尺骨外側に存在 (赤点線枠)  
前腕回外位: 尺側手根伸筋腱は尺骨内側に移動 (青点線枠)

尺側手根伸筋腱炎では尺側手関節部痛を訴える疾患であるが、同症状を示す TFCC 損傷<sup>9)</sup>との鑑別に難渋することがある。しかし、超音波画像が描出されれば容易に鑑別診断を行うことができる。実際に超音波画像において B モード法では尺側手根伸筋腱の腱鞘内部に高度の滑膜肥厚及び滑液貯留を認める。パワードプラ法では、腱鞘内に中等度の血流シグナルを認める<sup>8)</sup>。

### 3) 関節リウマチ

関節リウマチは膠原病のひとつで滑膜炎を主症状とし、それに伴い骨びらんや関節破壊が生じる疾患である。

骨の非連続性が認められ、骨欠損が生じていることや、滑膜の肥厚を確認できる。また図 18 のようにパワードプラ法を用いることで、肥厚滑膜の範囲に炎症を表す血流シグナルが確認できる。

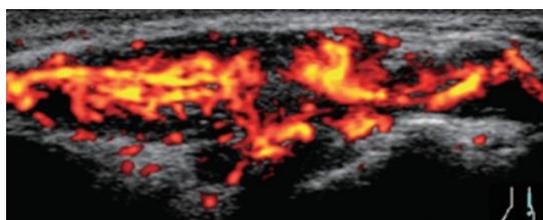


図 18 RA 患者の第 2 指 MP 関節縦断像<sup>13)</sup>

このようにこれまでは単純 X 線を用いて、すでに関節破壊をきたした関節リウマチを診断し、進行を確認し、術前評価を行うのみであったが、超音波検査によって滑膜炎や骨びらんの検出が可能になり、より早期の診断、そしてより正確な活動

性評価に必要な情報を画像所見から得ることが可能となった。これらを用いることで、他疾患との鑑別にも有用であり、特異度を上げることも期待される<sup>8)</sup>。炎症所見を確認するためには、どうしてもこのパワードプラ法を使用できる超音波機器が必要であるが、このように痛みの原因が関節、腱、骨のいずれの場所で、炎症によるものか、すでにある変形によるものか明らかにすることができる。さらに、その炎症の有無や程度によって、積極的に運動療法をした方が良いのか、安静を中心とした方が良いのか、判断できる。また、リハ介入後も超音波画像で可視化することによって正確に評価することができる。

### 3. 理学療法への応用

1) 軟部組織の描出が可能であり、疼痛や、関節可動域制限に対する理学療法評価に有用である。具体的には、筋厚・筋輝度・滑走性評価や、炎症による関節組織・腱の肥厚像、関節液の貯留などをその場で観察することができる。そして、それらの画像によって、疼痛の原因や部位を特定することができる。さらに、その病変の把握、特に炎症の程度の評価は理学療法の可否の決定の補助となる。

2) リアルタイムですぐに撮像できることから、介入前後の速やかな効果判定を行うことができ、介入時の一助となる。例えばストレッチ等のリハビリテーションを行った前後で、筋の柔軟性や関節可動域に改善があったかどうかを即座に確認することができる。

また、圧痛目的部位や発痛源など、目的とする組織まで介入できているかの確認ができる。

3) 触診や体表解剖の学習ツールとしても活用できる。例えば、骨や筋、その他の周囲組織の位置関係を描出し、触診の精度を高めることが可能となる。

### 4. 実際に使用してみる

超音波機器の使用は理学療法士にとって有用であることがわかったが、実際に使用してみて困難な点がいくつかあった。一つはプローブ走査である。タッチパネル式にプリセットされた超音波機器を使用したため、スイッチ操作に苦慮することはなかったが、プローブ走査には力加減や超

音波ジェルの厚さを保つことなどに苦戦し、技術の習得に約二週間かかった。

また、描出した画像と解剖書とを何度も照らし合わせながら行い、超音波画像における位置関係を把握するなどの正確な解剖学的所見を捉えることに時間がかかった。それでも、先生方に超音波機器の操作方法や解剖学的名称についてご指導を頂かなければ、わからない点もあった。

これらの経験から、超音波画像検査はリハビリテーションを実施するうえで、非常に有用なツールであることが分かったが、その習熟にはシステムティックな教育制度が必要であると考えられた。

## 結論

本研究では超音波機器を用いて、解剖学的所見について検討した。運動器理学療法の分野で超音波画像を使用することは臨床効果判定や臨床思考の可視化に有用であることがわかった。

今後は一日も早い臨床現場への導入とともに、教育体制の充実を図る義務があると考えた。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、ご協力頂いた健常者ボランティア様、またご指導を賜りました折口智樹教授に厚く御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 平山和哉:理学療法における超音波エコーの活用ー適切な治療から予防へと防ぐためにー. 理学療法の歩み. 2022;33:16-21.
- 2) 大矢暢久:運動器障害に対する物理療法の臨床実践~超音波画像診断装置による効果判定を中心に~. 物理療法科学. 2020;27:12-18.
- 3) 林典雄:理学療法士における超音波画像診断装置の可能性ー超音波評価と運動療法とを一直線につなぐー.理学療法学.2017;44:26-31.
- 4) 村上幸士:整形外科エコー.杏林医会誌.2017;48:67-73.
- 5) 越川翔太,友岡佑太:関節リウマチ患者と変形性関節症患者の超音波画像による比較.長崎大学.2015;15:23-29.

- 6) 皆川洋至:超音波でわかる運動器疾患ー診断のテクニック.株式会社メジカルビュー社,東京,2010,pp.75.
- 7) 岩本航,石崎一穂:基本がわかる!異常がみえる!運動器エコー.株式会社羊土社,東京,2021,pp.27,pp.121,pp.106.
- 8) 日本リウマチ学会 関節リウマチ超音波標準化委員会:リウマチ診察のための関節エコー撮像法ガイドライン.株式会社羊土社,東京,2011,pp.18-19,39.
- 9) 工藤慎太郎:運動学×解剖学×エコー 関節機能障害を「治す!」理学療法のトリセツ.株式会社医学書院,東京,2023,pp.69,71.
- 10) 織田崇,和田卓郎:尺側手根伸筋腱炎.関節外科 基礎と臨床.2017;36:814-818.
- 11) 石崎一穂:これから始める運動器・関節エコー.株式会社メジカルビュー社,東京,2017,pp.6-7.
- 12) 小西真紅子,岩倉菜穂子,他:診断に難渋した母指ロックを伴う de Quervain 病の1例.東日本整災会誌.2020;32:542-545
- 13) 川尻真也,玉井慎美,他:3.超音波,MRIによる評価.日本内科学会雑誌.2012;101:2899-2906.
- 14) ドケルバン病(狭窄性腱鞘炎)日本医事新報社.  
<https://www.jmedj.co.jp/premium/treatment/2017/d150505/?page=2>(2023年12月23日引用)

(指導教員 折口智樹)