

# 正常の膝関節を中心とした関節超音波検査所見の検討

佐藤絢音・堀江芳・横山桃百

## 要旨

近年、画像検査、特に超音波(エコー)検査は技術の進歩により、さまざまな用途で実施されるようになった。臨床の理学療法を実施する場面においても補助ツールとして活用されている。膝関節が理学療法の対象になることが多いため、本研究では正常の膝関節を中心にエコー検査を実施した。初学者にもわかりやすいように、大腿前面における膝関節全体像、屈曲位における画像を静止画や動画で作成するとともに、理学療法への応用について検討した。本研究を通して、エコー画像は理学療法に有用なツールであるが、その利用には解剖学的知識が必要であると感じた。今後は一日も早い臨床現場の導入とともに、教育体制の充実について検討する必要があると考えた。

## はじめに

従来、超音波(エコー)検査によって、肝臓、胆のう、腎臓などの腹部臓器、婦人科領域、心臓、血管や乳腺、甲状腺などが検査されていた。近年、エコー検査の進歩は著しく、高周波プローブの出現により、体表に存在する骨表面、靭帯、関節包、骨膜、筋などの描出が可能となった<sup>1)</sup>。また、機器の小型軽量化により、検査室だけでなく、診察室やベッドサイド、病院外においては在宅医療や災害時に活用され、運動器領域においても使用されるようになりつつある<sup>2)</sup>。

エコーは理学療法士にとって触診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>3)</sup>。しかし、運動器エコーをどのように理学療法へ活かせばよいのか難しいという声が多くある。その要因として、エコー業界において運動器はマイナーな領域であり、運動器エコーを理学療法に活用する方法が確立していないことが挙げられる<sup>4,5)</sup>。つまり、理学療法士の関節エコー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。

高齢者人口の増加に伴い、要支援・要介護認定者が増加している。特に要支援者においては、関節疾患が要支援認定の要因として最も多い<sup>6)</sup>。特に変形性膝関節症は加齢による関節軟骨の

摩耗が原因であり、今後も増加していくと考えられる。また、膝関節はその他膝関節疾患においても膝関節痛を伴うことが多く、理学療法の対象になることが多い関節であると考えられる。エコーは疼痛の原因となる滑膜や腱、軟骨の病変を描出することができる。そこで、主に膝関節を中心とした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、今後の理学療法に活かすことを目的とし、本研究を実施した。

## 対象者と方法

### 1. 対象者

被検者は膝関節疾患を有さない 20 代女性 3 名である。正常の膝関節を対象に関節超音波検査を実施した。

### 2. 方法

超音波検査機器は GE Healthcare 社 Venue 50 を用いた。表示モードには、通常の色黒画像の B モード法、血流の方向や速度を映すカラードプラ法、炎症などの低速血流領域を映すパワー Doppler 法の 3 種類の表示モードがある。本研究では表在臓器や末梢血管の描出が可能になりニア型のプローブを 8MHz で使用し、B モード法で撮像

を行った。描出する際は、プローブにエコー専用ジェルを多めに塗布して使用した。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て固定した。プローブの幅は約 4cm で、一画像に膝関節の全体像を映し出すことができないために、複数枚の画像を合成することで、膝関節の全体像を作成した。

検査者は今回初めてエコー機器を操作する大学生である。

## 結果

膝関節およびその周囲について撮像を行った。

### 1. 膝関節全体の縦断像(合成画像)

図1は長座位での膝関節全体の縦断像で前面から撮像したものと、後面から撮像したものを合わせた合成画像である。実際にはこのように膝関節全体が見えるわけではなく、一回の撮像では青枠の範囲しか映し出すことができない。実際に画像を合成するときは、半分ずつ画像を重ねて合成しているため、前面で8枚、後面で8枚、計16枚で合成している。1枚の画像だと解剖学的な位置が分かりにくいいため合成画像を作成することにした。

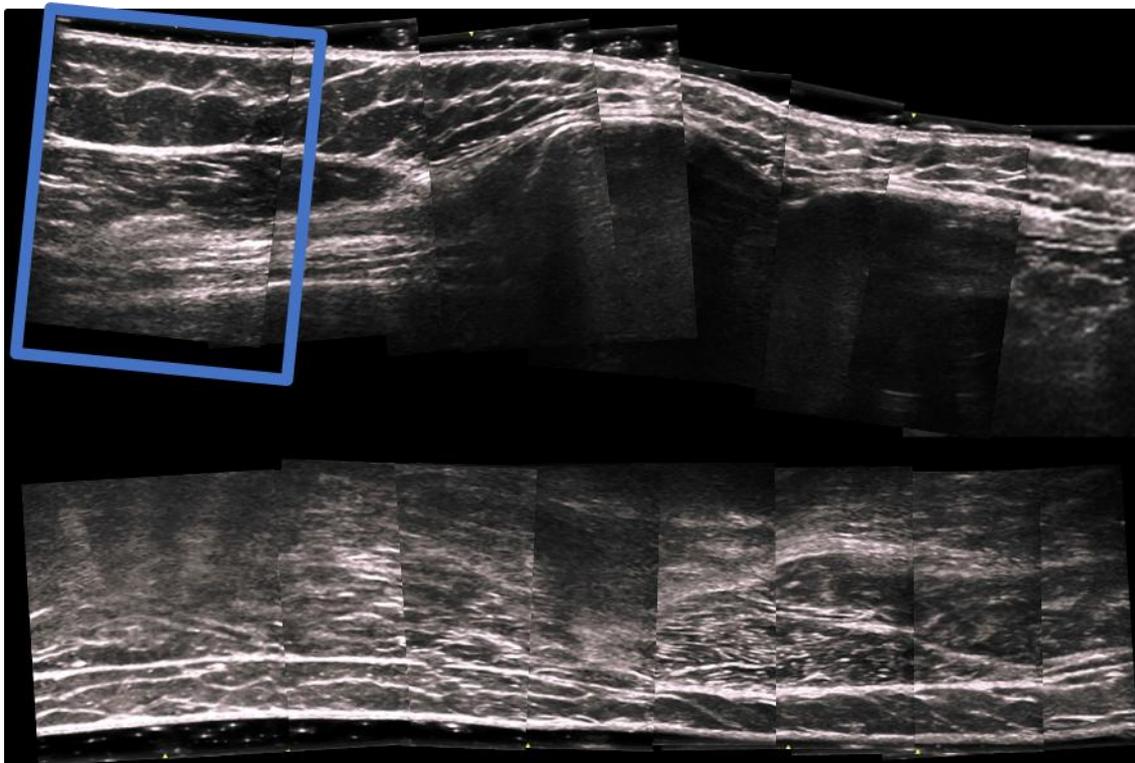


図 1 膝関節縦断像(合成画像)

### 2. 膝関節前面の縦断像(合成画像)

図2は縦断像で前面のみ撮像したものである。左から大腿直筋、中間広筋、大腿骨、皮下脂肪、大腿四頭筋腱、膝蓋骨、脛骨である。検査前に想像していたよりも画像上での大腿骨の位置が下方にあり、筋や皮下組織が占める割合が多いように感じた。

### 3. 膝関節前面 90° 屈曲位の縦断像(合成画像)

図3は膝関節90°屈曲位での膝関節全体の縦断像であり、前面から撮像したものを合わせた画像である。左から大腿骨、大腿直筋、中間広筋、膝蓋骨、膝蓋腱、脛骨となる。

### 4. 膝関節前面最大屈曲位の縦断像(合成画像)

図4は膝関節最大屈曲位での膝関節全体の縦断像であり、前面から撮像したものを合わせた画像である。左から大腿直筋、中間広筋、大腿骨、大腿四頭筋腱、膝蓋骨、脛骨である。

伸展時と屈曲時を比較すると、筋や腱の厚さに有意な変化は見られなかったが、皮下脂肪の厚さは屈曲時の方が薄く映った。

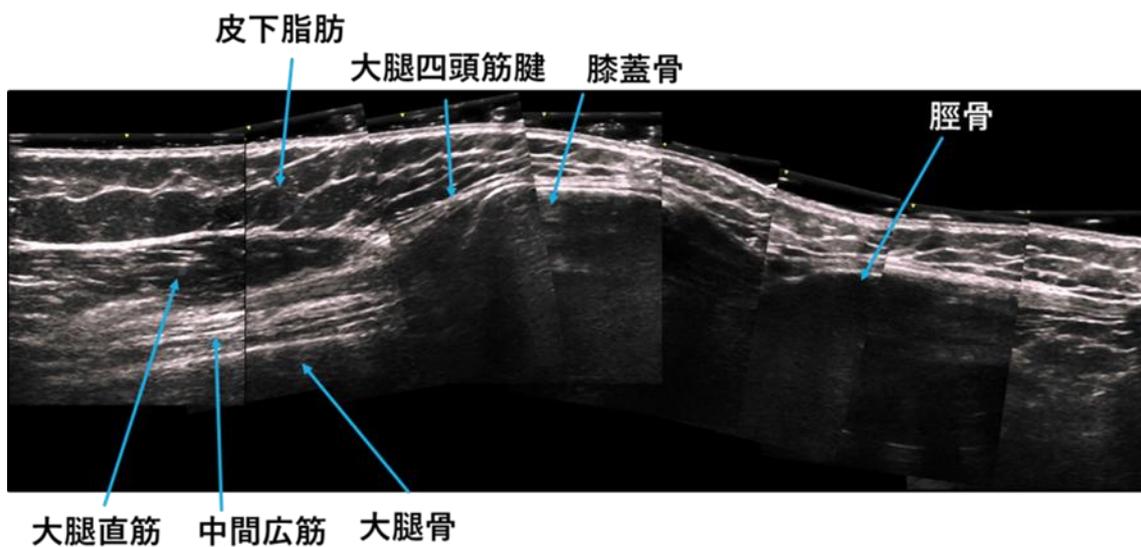


図2 膝関節前面縦断像(合成画像)

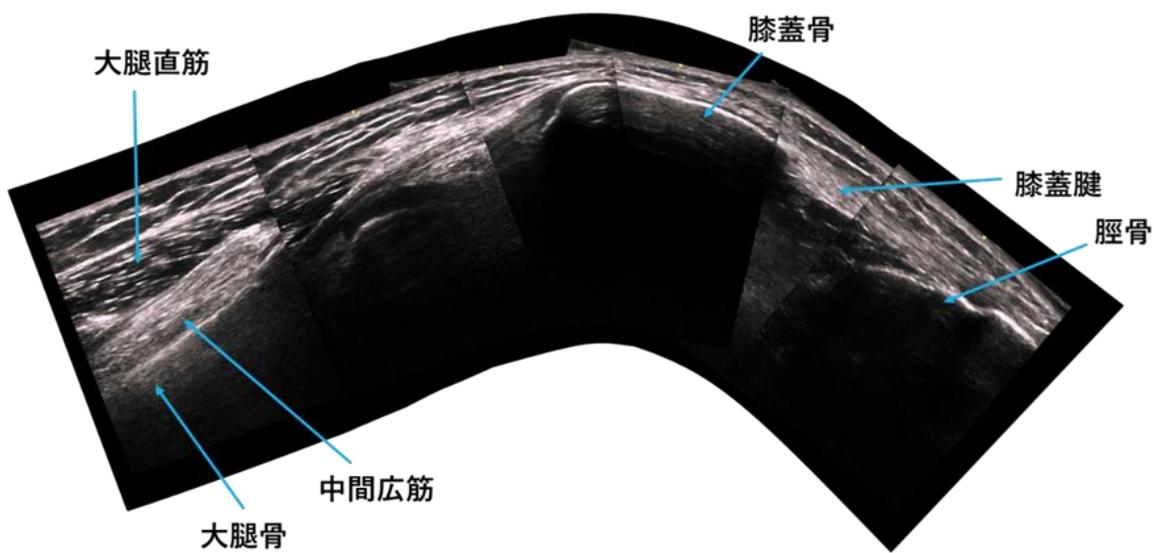


図3 膝関節エコー90°屈曲位(前面)

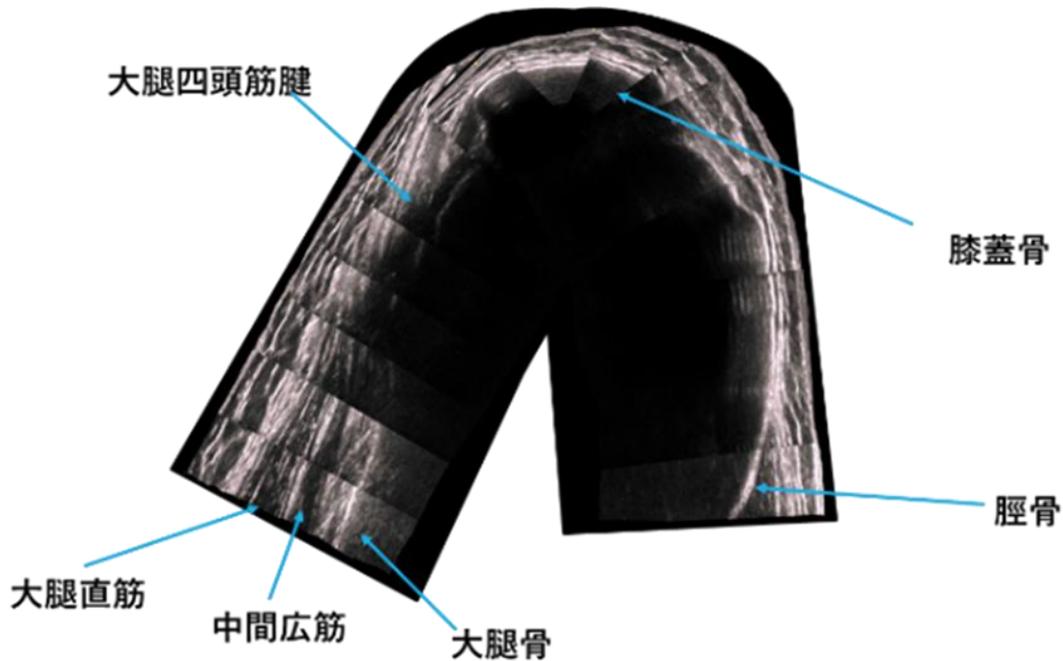


図 4 膝関節エコー最大屈曲位(前面)

5. 膝関節の随意運動時における画像

静止画像により、膝関節前面の全体像を把握できたため、膝関節の随意運動時におけるエコー画像について検討した。膝関節の屈伸運動は、座位姿勢で膝関節の屈曲・伸展を 2 回行う様子を縦断像で撮影した。大腿四頭筋、膝関節前面の上部・下部の 3 か所に分けて動画撮影を行った。

1) 大腿四頭筋の膝関節屈伸運動の画像

図 5 は静止時の大腿四頭筋を撮像した縦断像であり、図 6 は膝関節屈伸運動時における大腿四頭筋の動きを撮影した動画である。大腿四頭筋の収縮によって筋が左右に動いているだけでなく、筋の太さも変化していることがわかる。

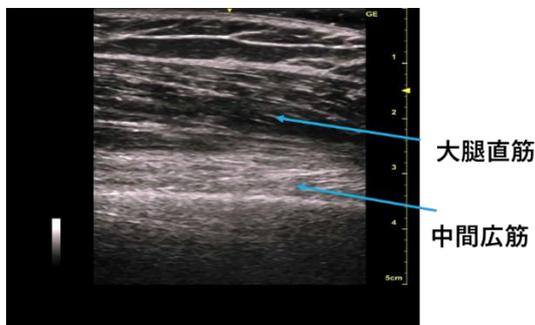


図 5 静止時における大腿四頭筋(大腿直筋, 中間広筋)の縦断像



図 6 膝関節屈伸運動における大腿四頭筋の収縮のQRコード

2) 膝関節上部での関節屈伸時の画像

図 7 は静止時の膝関節上部を撮像した縦断像であり、図 8 は膝関節屈伸時の大腿骨遠位部・膝蓋骨の動きを撮影した動画である。伸展時に大腿四頭筋が収縮し、それにより大腿四頭筋腱が牽引され膝蓋骨の上方移動がみられる。

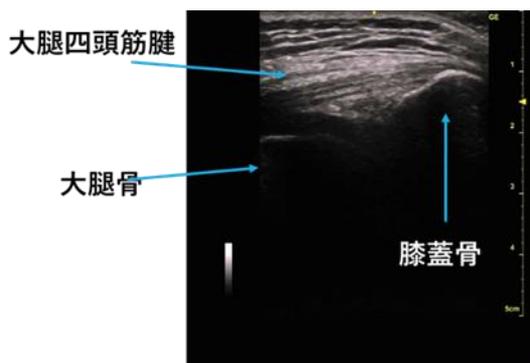


図7 静止時における膝関節上部の縦断像

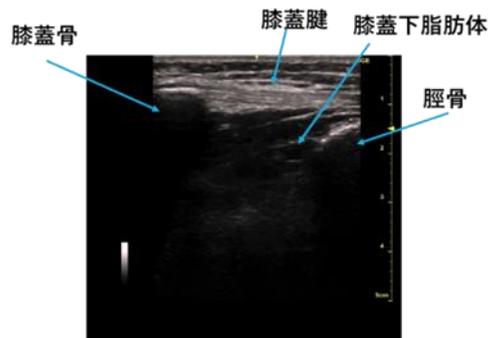


図9 静止時における膝関節下部の縦断像



図8 膝関節屈伸運動における膝関節上部のQRコード



図10 膝関節屈伸運動における膝関節下部のQRコード

### 3) 膝関節下部での関節屈伸時の画像

図9は静止時の膝関節下部を撮像した縦断像であり、図10は膝関節屈伸時の膝蓋骨・脛骨の動きを撮影した動画である。伸展時に膝蓋骨が牽引され脛骨を引き上げている様子と、膝蓋下脂肪体が屈曲時に大腿骨側に移動している様子が確認できる。

### 6. 大腿四頭筋のペンによる圧迫時の画像

膝関節の屈伸運動といった随意運動を行った際のエコー画像について説明してきたが、ここでは外的刺激によるマッサージがどれくらい筋に影響を及ぼしているか調べるために大腿四頭筋をペンで圧迫した様子をエコーで撮像した。圧迫する前の静止時の画像が図11であり、圧迫する様子を撮影した動画が図12である。体表からの圧迫では大腿四頭筋のうち大腿直筋と中間広筋に

圧迫が加えられており、想像していたよりもペンによって深部の筋肉まで圧迫することが可能であった。このことから、エコーによってマッサージが実際にどのくらい筋肉に影響を及ぼしているの可視化することができ、エコーが徒手によるマッサージの効果判定に利用できることがわかった。

## 考察

### 1. 関節超音波画像の疾患における病態把握

実際にエコーを使用する膝関節周辺の疾患には、関節リウマチや変形性膝関節症、半月板損傷、膝蓋骨骨折、内側・外側側副靭帯や腸脛靭帯、前十字靭帯などの靭帯損傷などが挙げられる。これらの疾患に対する理学療法では、それぞれの患者の病期・病態に合わせて、運動療法や物理療法などを実施する。このような理学療法

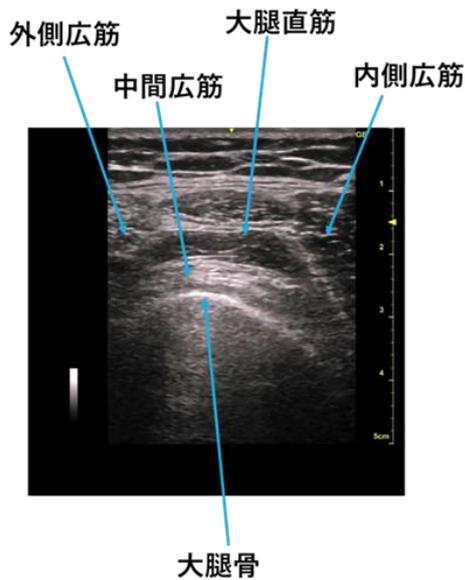


図 11 静止時における大腿四頭筋の横断像



図 12 大腿四頭筋に対するペンによる圧迫の QR コード

の中で、エコーはどの場面で活用できるのか、ここでは関節リュマチを例に挙げて述べる。

関節リュマチでは、Bモード法を用いて滑膜肥厚、滑液貯留などを見ることができる<sup>7)</sup>。また、パワードプラ法を用いて、炎症が起きている範囲に血流シグナルが確認できる<sup>7)</sup>。

炎症所見を確認するには、パワードプラ法を使用できる超音波機器が必要だが、このように痛みの原因が関節、腱、骨のいずれの部位で、炎症由来か、変形由来であるかを明らかにすること

ができる。また、炎症の有無や程度によって、積極的な運動療法を実施すべきか、安静を中心とするべきか判断することができる。さらに理学療法介入後にもエコー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。

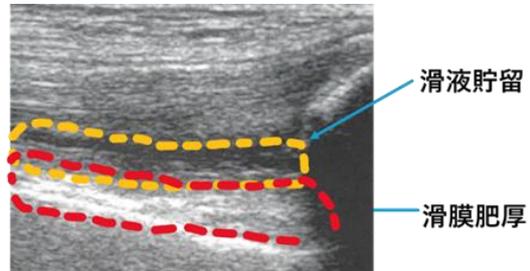


図 13 RA 患者の膝関節前面縦断像<sup>7)</sup>

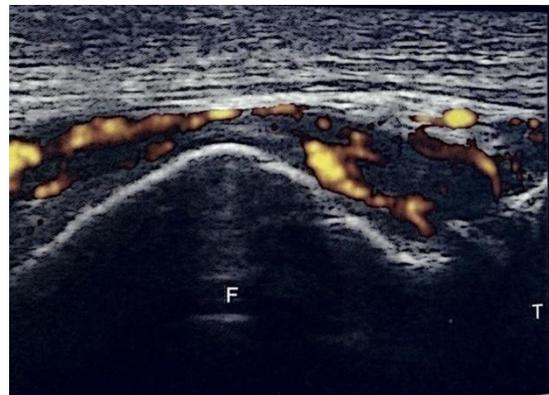


図 14 RA 患者の膝関節外側縦断像<sup>8)</sup>

## 2. 理学療法への応用

1) 触診や体表解剖の学習ツールとして活用できる。理学療法士にとって骨や筋肉などの運動器の触察技術は、評価の精度や治療効果に影響を及ぼす重要な技術の一つである<sup>9)</sup>。エコーを用いて骨や筋、その他の周囲組織の位置関係を可視化し、正確に把握することで、触診の精度を高めることができる。

2) 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と理学療法の適応の判断に有用である。膝関節の場合、骨棘の有無や骨びらん、軟骨の菲薄化、関節裂隙の狭小化、靭帯や半月板の損傷などの評価に用いられる。しかし、靭帯や半月板の損傷は超音波検査では描出しにくいいため、整形外科においては MRI で判断されることが多い。実際に私

たちがエコーを使用しても靭帯をきれいに描出することができなかった。

3) リアルタイムですぐに撮像できることから、目的とする組織まで介入できているかの確認や、介入によって柔軟性や滑走性の改善の確認など介入前後の速やかな効果判定を行うことができ、次回介入時の一助になる。

### 3. 実際に使用してみる

解剖との照らし合わせを繰り返し、実際のエコー画像を用いて骨や筋の正確な位置関係や動きをみることで、正確な解剖学的所見を捉えることができた。

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。しかし、塗布するジェルの厚さやプローブを当てる角度によって映し出される画像が変わるため、プローブ走査の習得が困難であり、エコー画像の撮像は1枚当たり5分程度で実施可能であったが、安定した操作の習得には約2ヶ月を費やした。

膝関節などの大きな関節の全体像を合成するとなると何枚もの画像を合成する必要があること、曲面の場合、画像を傾けながら合成する必要があるため、今回作成した合成画像の合成には5時間ほどかかった。また、合成後の画像には個人差があり、手動での合成には限界が感じられた。そのため、臨床における理学療法では、局所的にプローブを当てて病態を検討することが望ましいと思われた。

エコーは、被爆がなく非侵襲的であり患者負担が少ないこと、単純X線では描出することができない軟部組織を描出可能であること、簡便であること、リアルタイムに観察可能であること、CTやMRIよりも分解能に優れていること、機器によっては持ち運びが容易であること、オプション機能で血流評価や組織の硬さの評価なども可能であるといった利点があり、理学療法を実施するうえで非常に有用なツールであると感じた<sup>1)</sup>。しかし、実際に臨床で活用するにはこれまで以上に解剖の知識を深める必要があると感じた。

## 結論

本研究では超音波画像診断装置を用いて、正常膝関節の解剖学的所見について検討した。運動器理学療法分野においてはエコー画像の使用によって、臨床の現場で直接的に臨床効果判定や臨床思考の可視化が可能であることが分かった。また、日常生活に関する運動についても動的な評価によって可能だった。今後は一日も早い臨床現場への導入とともに、教育体制の充実について検討する必要があると考えた。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、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) 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.
- 2) 米山昌司, 南里和秀:超音波検査の過去そして未来. 医学検査. 2015; 64(5): 517-526.
- 3) 平山和哉:理学療法における超音波エコーの活用—適切な治療から予防へと繋ぐために—. 理学療法の歩み. 2022; 33: 16-21.
- 4) 宮田徹, 川端将司, 他:理学療法士としての運動器エコー活用法—見えた, 触れた, 動かせた—. 超音波医学. 2023; 50: S368.
- 5) 岩本航, 石崎一穂:基本がわかる! 異常が見える! 運動器エコー. 羊土社, 東京, 2021, pp. 231.
- 6) 厚生労働省ホームページ 2022(令和4)年国民生活基礎調査の概況 IV 介護の状況 <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa22/dl/05.pdf> (2024年12月19日引用)
- 7) 石ヶ坪良明, 大野茂:今日からできる! 誰でもできる! リウマチ医のための関節超音波検査. 南山堂, 東京, 2010, pp. 54-55.
- 8) 日本リウマチ学会 関節リウマチ超音波検査標準化小委員会:リウマチ診療のための関節エコー評価ガイドライン 滑膜病変アトラス. 羊土社, 東京, 2014, pp146.

- 9) 乙戸崇寛, 河上敬介:理学療法評価における超音波検査の役割と今後の展望. 理学療法, 2014; 31: 17-23.

(指導教員 折口智樹)