

正常な肩関節における関節超音波検査所見の検討

岩本拓也・大島風人

肩関節に起こる疾患の構造的異常を X 線画像だけで把握するのは難しく、MRI や超音波検査が必要とされている。特に、超音波検査は理学療法の適応や評価の検討における活用が期待されている。そのため、本研究では肩関節に着目し、健常者を対象に超音波検査を実施した。肩関節の全体像や、肘屈曲・伸展時における上腕二頭筋長頭腱の動きを静止画・動画で記録し、初学者にも理解しやすい画像の作成を試みた。さらに、極超短波による血流変化も観察し、その有用性を検討した。その結果、超音波検査画像は肩関節疾患の形態を把握し、温熱療法の有用性を評価することが可能であることが示唆された。一方、適切な利用には解剖学的知識が不可欠で、今後は臨床現場への導入と教育体制の整備が課題であると考えた。

はじめに

近年、画像検査の進歩は著しく、特に超音波（以下、エコー）を活用した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¹⁾。エコー検査は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、1)養成校だけでなく卒後教育においても十分な教育体制が整っていないこと。2)教育効果に関する研究報告が少ないこと。3)エコー機器を用いた研究報告が不十分であり、使用方法が確立していないことなどが考えられる²⁾。

このように、現状、理学療法士によるエコー機器の臨床使用を支援するための基礎知識の提供が十分とは言えない。そのため理学療法士の臨床現場において、エコー検査に対する理解を深める必要性を感じ、本研究を実施した。

これまで所属研究室では手および膝関節の構造理解、理学療法への応用における関節エコー検査の有用性について検討してきた^{3), 4)}。そこで、今回、筆者らは主に肩の正常関節におけるエコー検査所見の検討を行い、単純 X 線などの画像では分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へ応用することを目的とする。

エコー機器の長所は、1)生体組織に対する評価を被曝のリスク・痛みも伴わずに行える点、2)

骨だけでなく軟部組織の描出が可能な点、3)優れた分解能によって忠実な組織の再現が可能な点、4)リアルタイムで即座に描出が可能な点、5)動的評価ができる点、6)持ち運び可能でありベッドサイドなど場所を選ばずに評価できる点、7)安価であり短時間で評価できる点、8)オプション機能を用いて血流評価ができる点などが挙げられる。短所としては、1)骨や空気、厚い脂肪を通りにくいため、骨に囲まれた部位、肺や胃腸などの空気を含む臓器の描出が適していない点、2)プローブ走査に習熟が必要で検者依存性が高いという点、3)画像解析の理解や技術の習熟に時間と経験が必要である点があり、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エコー機器の活用方法を検討していく^{1), 5)}。

対象者と方法

1. 対象者

被験者は肩関節疾患を有さない 20 代の健常男性 1 名である。本研究では、正常な肩関節のエコー画像を撮像した。

2. 方法

エコー検査機器は GE Healthcare 社 Venue 50 を用いた(図 1)。表示モードには、通常の白黒画

像の B モード法, 血流の方向や速度を映すカラー Doppler 法, 炎症などの低速血流領域を映すパワードプラ法の 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なりニア型のプローブを 12 MHz に設定した。検査時は, 検査を行う部屋の照明を落とし, 暗くして実施した。検査者と被験者は対面で向き合い, 座位で行った。エコー機器にはモニターのある本体と, 直接関節に当てるプローブがある。1 画像を撮像するのに 5 分程度要し, 約 30 分撮影するたびに休憩を入れ, 1 日に 20 枚程度撮影した。



図 1 Venue 50 (GE Healthcare 社)

1) B モード法

肩関節全体像の静止画像および肘屈伸時の動画は B モード法を用いて撮像した。画像を描出する際は, プローブにエコー専用ジェルを塗布し, 皮膚表面とプローブの間に 1 mm 以上あげ, プローブの方向マークのある方を末梢側に向け, 標的となる部位に垂直に当てて固定した。プローブ幅は約 4 cm で, 1 画像に肩関節全体を映し出すことができないために, 複数枚画像を撮像した後合成することで肩関節の全体像を作成した。

2) パワードプラ法

パワードプラ法は, 赤血球の動きによる Doppler シフトの強度から, 非侵襲的に血流動態を評価できる方法である 6)。この手法で組織内の微小な血流分布が表示され, 血流量が多いほど, パワードプラ信号の強度が高くなる。

本研究では, 肩関節周囲に極超短波 (エモシナ 620) を 200 W で 5 分間, 10 分間の二つのパ

ターンで照射し, パワードプラ法にて, 照射前後の血流量を比較した。極超短波を照射する際は, 衣類を着用せず, 電極と照射位置を約 10 cm 離して行った。照射後パワードプラ法を用いてパワードプラ信号を観察した。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

1. 肩関節の矢状断面画像

図 2 は肩関節全体の矢状断面を撮像した画像である。また, 皮膚表面と骨の距離が近い肩峰上は, プローブ全面を垂直に当てるのが困難であったため, プローブが肩峰の外側を通るように走査し, 撮像した。実際には図 2 のように肩関節全体が見えるわけではなく, 1 回の撮像では赤枠の範囲を映し出すことしかできない。実際にはおおよそ半分ずつ画像を重ねて合成している



ため, 合計 10 枚の画像で構成されている。

図 2 肩関節全体像 (矢状断合成画像)

2. 肩関節の水平断面画像

図 3 は肩関節全体の水平断面画像である。図 2 と同様に複数枚の画像から構成されている。水平断面では結節間溝に上腕二頭筋腱が確認でき, 撮像した画像と解剖書とを照らし合わせることで, 周囲組織の同定が容易であった。細部の腱も描出され, 大結節には棘下筋腱が, 小結節には肩甲下筋腱が観察できた。

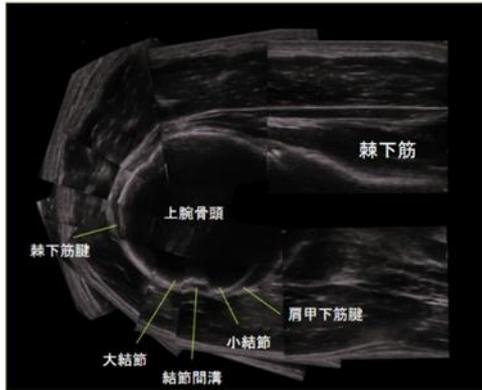


図3 肩関節全体像(水平断合成画像)

3. 肘屈伸時の上腕二頭筋長頭腱(以下, 長頭腱)の動き

静止画像により, 肩関節全体像が把握できたため, 肘関節運動時の長頭腱の動きを肩関節周囲で観察した. 図4, 5は肘最大伸展時から最大屈曲までに至る運動時に, 長頭腱の動きを撮影した動画である. また, 図6, 7は肘最大伸展時と



図4 肘屈伸時の上腕二頭筋長頭腱の動き(水平断面)



図5 肘屈伸時の上腕二頭筋長頭腱(矢状断像)

最大屈曲時の映像を切り抜き比較した画像である. 肘最大伸展時に比べると肘最大屈曲時には, 長頭腱が短軸方向で扁平化し, 長軸方向で細く伸びていることが確認できた.

以上のように, Bモード法を用いることで, 肩関節周囲の筋や腱などの位置, 動きを観察できた.

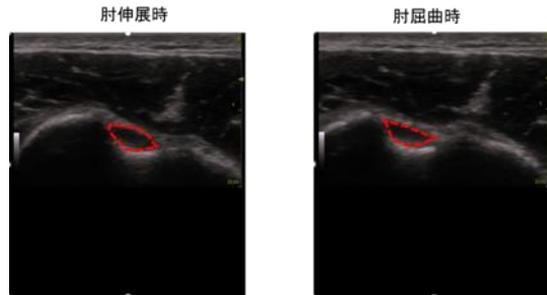


図6 上腕二頭筋長頭腱水平断(静止画)

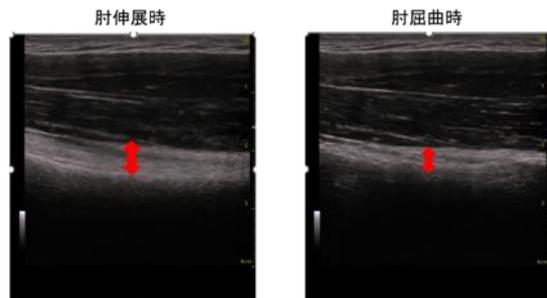


図7 上腕二頭筋長頭腱矢状断(静止画)

4. 温熱による肩関節のパワードプラの変化

肩前面に極超短波を照射し, その前後における血流の変化を, パワードプラ法を用いて観察した.

図8は極超短波照射前の画像と極超短波を5分間, 10分間照射した後, 血流の面積が最も増加したときの画像を撮像したものである. 本研究で使用したエコー機器に備わっている面積計算ツールを用いて, 血流の面積を比較すると, 照射前では 0.01 cm^2 であったのに対して, 5分間照射後では 0.12 cm^2 , 10分間照射後では 0.16 cm^2 であった. このことから, 照射時間が長いほうが, 血流の面積がより大きく描出されると分かった.

図9は極超短波を5分間照射し, 照射後の経過を撮像した画像である. 図10は10分間照射し, 照射後の経過を撮像したものである. また, 図11に各照射パターンにおける時間経過とその

時に描出された血流面積を示す。両パターンともに、照射直後で最も血流量が増加し、時間の経過とともに、映し出される血流の像が減少していくことが観察できた。しかし、5分間照射後は照射後20分で照射前と同様の血流面積に戻ったのに対し、10分間照射後では元の血流面積に戻るまでに40分を要した。このように、10分間照射後では、5分間照射後よりも照射前の血流量に戻るまでの時間が長いことが分かった。

考察

1. 理学療法への応用

1) 理学療法の効果判定

エコー検査は、炎症所見の程度を可視化できるため、理学療法の適否ほか、各疾患の構造的評価、活動性の評価が可能である。このことから、介入前後における理学療法効果を迅速かつ正

確に判定できると考察した。また、本研究で実際にエコーを用いてリアルタイムで筋・腱の画像や動画の撮影を行い、それらの動きを可視化できたという点からも、理学療法介入前後の正確な効果判定に有用であることが示唆された。さらに、本研究では健常者の腱を観察したが、臨床で可動域制限のある症例に対してエコー検査を用いることで、介入前後の関節可動域 (ROM) 測定によるアウトカムだけでなく、介入後の筋や腱の滑走性や柔軟性などの変化をアウトカムとして提示することができる可能性がある。

2) 理学療法との併用

本研究では、エコーを用いて物理 (温熱) 療法実施後の血流の変化を観察できた。一般に、使用する物理療法機器ごとにおおよその推奨実施時間は定められているが、エコーを用いた効果判定を組み合わせることで、患者の脂肪量や筋

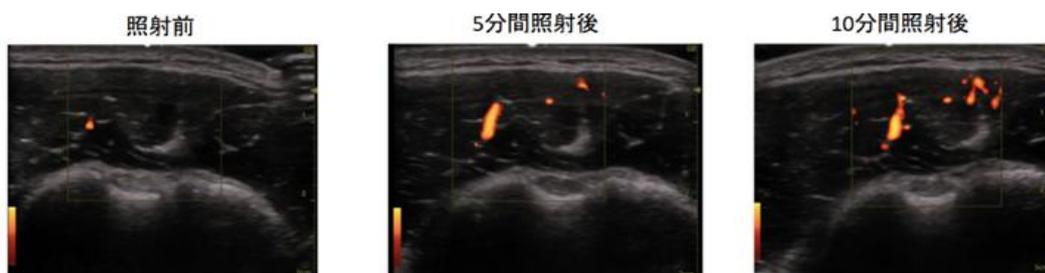


図8 極超短波5分間照射時と10分間照射時のパワードプラ画像

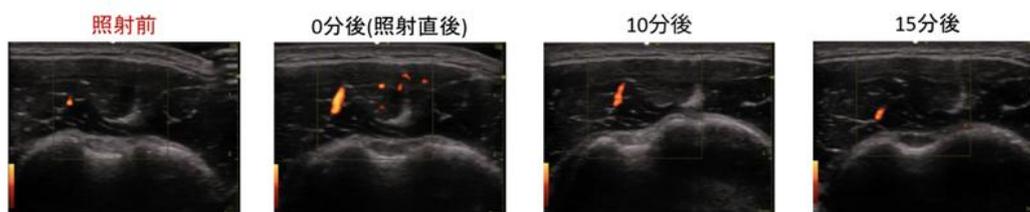


図9 極超短波5分間照射時のパワードプラ画像の経過

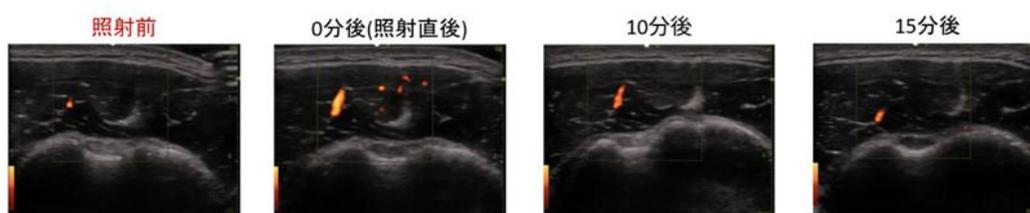


図10 極超短波10分間照射時のパワードプラ画像の経過

	照射前	直後(0分後)	10分後	15分後	20分後	30分後	40分後
5分間照射時(cm ²)	0.01	0.12	0.06	0.05	0.01	—	—
10分間照射時(cm ²)	0.01	0.16	0.07	0.06	0.04	0.02	0.01

図 11 極超短波照射後の経過時間と血流面積

量、深部組織への熱の到達度といった個体差を反映した、より精密な時間の設定が行える可能性がある。また、物理療法だけでなく、関節可動域訓練や徒手療法などと併用することでそれらの効果を向上させることができる可能性もあると考えた。

① 関節可動域訓練との併用による効果

関節可動域訓練とエコー検査を併用することで、関節可動域制限の原因が筋・腱・関節包・滑走不全など、どの組織に起因するかを明確にできる。Morishitaらは、エコーを用いた軟部組織評価が、ROM 制限因子の特定に有用であると報告した⁷⁾。本研究のように血流変化を可視化できれば、加温や徒手療法介入後に組織伸張性がどの程度改善したかを即時に確認でき、個々の組織反応に応じたROM 訓練の強度・方向・時間の調整が可能となる。また、Arifinらは肩関節拘縮患者において、エコーで組織状態を確認しながらストレッチを行うことで、より効率的な可動域改善が得られたと報告した⁸⁾。これらの知見は、エコー併用がROM 訓練の精度を高め、治療効果の最大化に寄与する可能性が示唆された。

② 徒手療法との併用による効果

徒手療法とエコー検査を併用することで、筋膜の滑走不全・筋緊張の局在・組織の厚さや硬さの変化・血流の改善状況などを客観的に評価できる。Sikorskiらは、エコーを用いた筋膜滑走の評価が、徒手療法のターゲット設定に有用であると報告した⁹⁾。また、徒手療法後にエコーで血流や滑走性の改善を確認できれば、治療効果の即時フィードバックが可能となり、施術の妥当性を高めることができる。

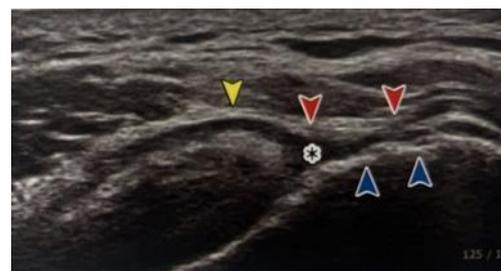
③ 学習ツール

触診や体表解剖の学習ツールとして活用できる。エコーを用いることで、骨や筋、その周囲組

織の位置関係を描出することができたため、解剖学的知識を深め、触診などの理学療法スキルの精度を高めることができる可能性があるといえる。

2. 肩関節におけるエコー検査の使用

実際にエコー検査の適応となる肩関節疾患には、腱板損傷・断裂、関節リウマチ、肩峰下滑液包炎、石灰化沈着性腱炎、上腕二頭筋長頭腱炎、肩関節周囲炎などが挙げられる。ここでは腱板断裂を例に理学療法への応用を検討した(図12)。腱板断裂では、Bモード法やパワードブラ法を用いて、肩関節周囲の腱を順番に走査しながら断裂の有無と種類、位置、大きさ、滑液貯留や炎症所見を評価する。理学療法への応用の仕方として、断裂部位や断裂のサイズから、挙上・外旋など特定方向の筋力低下や痛みの機序を推定し、運動療法のレベルを決定することなどが挙げられる。また、保存療法か手術療法かの判断材料としてエコー検査画像を医師と共有することで、理学療法のゴール設定や介入期間の見通しを立てることができる。



- ▶ 赤：棘上筋の陥凹
- ▶ 青：骨表面の不整像
- ▶ 黄： peribursal fat

図 12 棘上筋断裂のエコー画像¹⁰⁾

このようなことを踏まえ、肩関節を中心としたエコー検査に関する考察を行った。肩関節におけるエコー検査のメリットとして、肩関節ではランドマークとなる腱を描出しやすく、組織の位置関係

が分かりやすいことや、リアルタイムで動的評価を行うことで、肩関節インピンジメント症候群など肩関節周囲の疾患を評価できることを挙げる。その一方で、肩関節は複雑な構造であるため、エコーで鮮明な画像を描出するためには高い技術が必要であることや、エコー撮影時に露出の多い格好になる必要がある場合に、撮影環境の配慮が必要であることなどをデメリットとして挙げた。特に、鮮明な画像を描出するという点で、肩峰など骨が突出している部分は撮影が難しく、筋量が減少し、骨の突出部が多くなっている高齢者などに対しては撮影が困難であると考えられた。

3. 実際に使用した感想

実際にエコー機器を使用してみて、理学療法士にとって有用であるということが分かったが、困難な点もあった。エコー機器を使用するのが初めてであったため、プローブ走査時には力加減やジェルの厚さを保つことなどに苦戦し、正確な画像を描出できるようになるまで苦労した。特に肩関節は複雑な構造であることに加え、腱板や関節包など多くの組織が重なっていること、プローブとの接地面が丸みを帯びていることなどが影響し、正確な画像を描出することがとても難しかった。また、結髪動作などの動的評価を試みたが、動作時の腱板の位置や形の変化、筋肉の動きなどが大きく、筆者らの技術では困難であった。また、描出した画像と解剖書とを何度も参照しながら組織の同定を行ったため、正確な解剖学的所見を捉えるまでに時間を要した。さらに、先生方にエコーの操作方法や解剖学的名称についてご指導をいただかなければいけないことも多々あった。

結論

本研究ではエコー画像診断装置を用いた肩関節を中心とした解剖学的所見について解説し、エコー検査の理学療法への応用を検討した。理学療法の分野でエコー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分かった。また、運動評価においては検査者の技術や診療場所に左右されながらも、リアルタイムで動的評価が可能であることが分か

った。また、パワードプラ法を用いることで温熱療法の評価も可能であった。今後は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、ご指導を賜りました折口智樹教授、極超短波の使用に関し、ご指導賜りました本田祐一郎助教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, 他:超音波検査の過去そして未来. 医学検査. 2015; 64(5): 517-526.
- 3) 佐藤絢音, 堀江芳, 他:正常の膝関節を中心とした関節超音波検査所見の検討. 長崎大学医学部保健学科卒業研究論文集, 2024; 20: 26-33.
- 4) 須内音々, 竹田菜々子:正常関節における関節超音波検査所見の検討. 長崎大学医学部保健学科卒業研究論文集, 2023; 19: 35-41.
- 5) 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(1): 16-21.
- 6) 泉主馬, 山森圭祐, 他:パワードプラ法を用いた筋内血流動態の評価:事例研究. 2022; 45(1): 63-69.
- 7) Morishita K, Karasuno H, et al.: Ultrasound imaging for assessment of soft tissue characteristics in musculoskeletal rehabilitation. J Phys Ther Sci. 2014; 26: 915-918.
- 8) Arifin N, Lee MH, et al.: Ultrasound-guided stretching improves shoulder range of motion in patients with adhesive capsulitis: a randomized controlled trial. Clin Rehabil.

- 2019; 33: 693-702.
- 9) Sikorski D, Zawadka M, et al.: Ultrasound assessment of fascial layer gliding and its relevance for manual therapy interventions. Man Ther. 2018; 37: 7-15.
- 10) 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.
(指導教員 折口智樹)