

【要約】

修士課程優秀論文

超音波ガイド下マーキング法を用いた運動器領域における
超音波画像と肉眼解剖所見との整合性The validity of ultrasound images of musculoskeletal system:
direct comparison with macroscopic anatomy using ultrasound-guided marking method.金沢大学大学院医薬保健学総合研究科 機能解剖学
徳田 仁志, 尾崎 紀之

【はじめに】

超音波画像診断装置(エコー)の性能が急速に発展したことによって、従来は見えなかった構造物が可視化されるようになり、エコーでの同定が正しいのか検証が難しいことがある。そこで臨床的に重要で、正確な同定が難しい運動器の構造物①烏口上腕靭帯(Coracohumeral ligament: CHL)、②オズボーンバンド(Osborne band: OSBB)、③三角線維軟骨複合体(Triangular fibrocartilage complex: TFCC)、④膝内側側副靭帯後斜走靭帯(Posterior oblique ligament: POL)、⑤バセット靭帯(Bassett's ligament: BSTL)について、解剖体を用いてエコーガイド下で同定し、マーキング剤を注入した後、肉眼解剖学的に剖出し、エコー画像と解剖所見の整合性を検討した。

【方法】

超音波ガイド下での注射手技では、18G針を用い、主にプローブに対し平行に針を進める平行法(In-plane technique)にてマーキング剤を注入した。また対象構造物の厚みや周囲の状況(組織間の接着具合や組織硬度など)、解剖体の処置状況などを考慮し、後述する(1)~(3)の方法のうちマーキング剤が最も抵抗なく注入できる方法で注入した。

- (1) 対象構造物浅層注入法(sup法)
- (2) 対象構造物直接注入法(into法)
- (3) 対象構造物深層注入法(deep法)

対象構造物を正確に標識するためマーキング剤には着色したラテックスを用い、ラテックスの注入前後に酢酸水溶液を加えることで凝固を促進させマーキング材の漏洩を防いだ。

人体の正常構造実習で用いる正常解剖体29体を対象とし、剥皮前の解剖体にプローブをあてて対象構造物を観察した。

CHLをエコーで短軸走査にて描出する際は、最深層の高エコー(hyperechoic)な上腕骨、その表層の卵円形hyperechoicな上腕二頭筋長頭腱(Long head of biceps tendon: LHBT)、その両側方の腱板、肩甲下筋を指標とし、LHBTの表層の構造物をCHLとした。さらにLHBTの深層には上関節上腕靭帯(SGHL)も描出するようにした。¹⁾

OSBBを短軸走査にて描出する際は、最深層のhyperechoicな尺骨、その表層のhoneycomb patternとして描出される尺骨神経を指標とし、尺骨神経の表層をOSBBとした。尺骨神経の両側の尺側手根屈筋の2頭も

指標とした。

TFCCを長軸走査にて描出する際には、尺骨遠位端と三角骨の間に存在する等エコー(isoechoic)な組織をTFCCとし、その浅層のhyperechoicな尺側手根伸筋を指標とした。

POLを長軸走査にて描出する際には、大腿骨後内側の表層にあるhyperechoicな構造物をPOLとし、それが末梢に存在する半膜様筋と連結していることを確認することを指標とした。

BSTLを長軸走査にて描出する際には、脛骨と腓骨の間に存在するhyperechoicな構成体をBSTLとし、深層のhyperechoicな距骨滑車の外側端を指標とした。(Fig.1)

超音波ガイド下でマーキング剤を注入したのちに対象構造物の剖出を行い、マーキング剤と対象構造物との位置関係や広がりについて以下の3段階で評価した。(A) "Excellent": 対象構造物にマーキング剤が漏洩せず注入され、エコー像と解剖所見が整合できた。(B) "Good": 対象構造物外にマーキング剤が一部漏洩するも整合できた。(C) "Poor": マーキング剤が対象構造物外にあり整合できなかった。

注入したにも関わらず、剖出時に対象構造物が同定できなかった場合は、exclusionとして、評価から除外した。

マーキング剤の注入法(sup, into, deep法)にかかわらず、(A) "Excellent"と(B) "Good"はエコーと解剖所見との整合が可能である1群とみなし、この群の95%信頼区間(Confidence interval: CI)を算出し、CIの最小値>0.5かどうかで、エコーと解剖所見との整合性を各々の構造物で検討した。有意水準は5%とした。

【結果】

CIの最小値>0.5の条件を満たした構造物のみ抜粋した。(Table.1)

各対象構造物のCI(95%)は次のような結果となった。

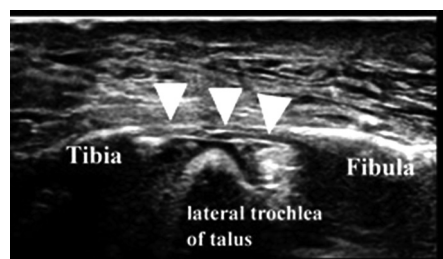


Fig. 1. Longitudinal view of BSTL (arrowheads).

Table 1. Results of ultrasound-guided marking method

| Target tissue | method | Evaluation | | | total | (exc) |
|---------------|--------|------------|------|------|-------|-------|
| | | Excl | Good | Poor | | |
| CHL N=17 | sup | 0 | 2 | 1 | 3 | (9) |
| | into | 0 | 7 | 1 | 8 | (6) |
| | deep | 0 | 6 | 0 | 6 | (17) |
| Not marked | | | | | 9 | |
| Total | | 0 | 15 | 2 | 17 | (41) |
| OSBB N=44 | sup | 8 | 18 | 2 | 28 | (12) |
| | into | 0 | 1 | 0 | 1 | (0) |
| | deep | 11 | 3 | 1 | 15 | (2) |
| Not marked | | | | | 0 | |
| Total | | 19 | 22 | 3 | 44 | (14) |
| BSTL N=42 | sup | 11 | 13 | 7 | 31 | (10) |
| | into | 3 | 4 | 2 | 9 | (0) |
| | deep | 1 | 1 | 0 | 2 | (2) |
| Not marked | | | | | 4 | |
| Total | | 15 | 18 | 9 | 42 | (16) |



Fig. 2. Dissection of BSTL : evaluated as "Excellent". (ATFL : anterior tibiofibular ligament, AITFL: anterior inferior tibiofibular ligament, LE : lateral malleolus)

① CHL 0.729 ~ 1.035, ② OSBB 0.857 ~ 1.006, ③ TFCC 0.492 ~ 0.753, ④ POL 0.448 ~ 0.751, ⑤ BSTL 0.661 ~ 0.909であった。CHL, OSBB, BSTLはCIの最小値 > 0.5の条件を満たすため、エコー画像上同定した構造物と、肉眼解剖所見との整合性が確認できた。(Fig.2)

【考察】

CHLは、剖出時に構造物が同定できないexclusionが多かった。学生実習中に評価を行っており、実習の進行によって構造物の同定が困難になった場合が多いと考えている。また、マーキング剤の評価で "excellent" の例がなかった。解剖体は高齢で、固定処置するとCHLが希薄化すること、隣接する組織等がCHLに密着していることが多く、マーキング剤を注入するための空間が少なかったことなどが要因と考えられる。

OSBBは薄い膜様組織のためsup法やdeep法で主にマーキングし、into法を用いてマーキングできたものは僅か1例であった。OSBBは尺側手根屈筋の2頭に挟まれた膜状構造物で²⁾、sup法でも構造物を越えたマーキング剤の広がり少く、良好な結果が得られたと考えた。

TFCCに関しては、TFCCを構成する構造物のうち、エコーで描出することが困難といわれる橈尺靭帯 (radioulnar ligament : RUL) およびarticular discのマーキングを試みた。これらは関節腔内にある構造物のため、マーキング剤を注入すると関節腔内に拡がり、凝固も遅延し、構造物に局限したマーキングが困難であった。これらが統計的に整合性を確認できなかった理由と考えた。articular disc単独のマーキングに成功した例は皆無

であったが、RULとarticular discの両構造物にまたがってマーキングされたTFCCが数例あった。articular discのエコー上の同定に課題を残したものの、RULに関してはエコー上の同定がある程度正しいことを示していると考えている。

POLはsuperficial arm of the posterior oblique ligament (POLS) と capsular arm of the posterior oblique ligament (POLCA) から構成される。³⁾ 本研究ではPOLSにマーキングを試みた。POLSは半膜様筋腱 (SMMT) と連結しているため、エコー描出の際にSMMTを指標として同定しやすい。統計学的にはエコー所見と肉眼解剖学的所見との整合性を裏付けることができなかったが、解剖体ではPOLと皮下組織が密着しており、マーキング剤の注入スペースが少なかったためと考えられる。

BSTLの深層には関節包が位置するため、deep法で注入すると容易に関節腔内へマーキング剤が漏洩してしまうため、主にsup法でマーキング剤を注入した。BSTLは幅が狭い靭帯にも関わらず統計的に整合性を裏付けることができた。BSTLが関節包外靭帯で、表層にマーキング剤の注入を妨げるような組織が少なかったためと考えられる。

本法は、解剖体を用いエコーで同定・マーキングした構造物を直接解剖学的に確認できるので、エコー画像による同定の正確性を調べる優れた方法である。しかし、マーキング剤の注入は、解剖体の処置状態や対象構造物の硬度、隣接する組織との密着の程度などに結果が影響される。また、生体と解剖体では構造物の性状に差があることも考慮する必要がある。さらにマーキング法の技量にも大きく影響を受ける。また関節包内構造物を対象とする際には、マーキング剤を正確に注入する工夫が必要である。注入時のマーキング剤のエコー上での可視化は今後の課題といえる。

【結語】

高解像度超音波診断装置を用いて描出された構造物を肉眼解剖所見と整合することにより、従来は推定しかできなかった構造物を直接同定することができた。運動器エコーの診断能の有用性と限界を明らかにすることができた。

【参考文献】

- 1) David W. Stoller : STOLLER'S Orthopaedics and Sports Medicine : Wolters Kluwer.2015;156-59
- 2) Michel De Maeseneer et al.: Ultrasound of the elbow with emphasis on detailed assessment of ligaments, tendons, and nerves. European journal of radiology. 2015 Apr;84(4);671-81.
- 3) Kevin A Schafer et al.: Distribution of Force in the Medial Collateral Ligament Complex During Simulated Clinical Tests of Knee Stability. The American journal of sports medicine. 2016 May;44(5);1203-8



Profile

2014年9月

放送大学教養学部
生活と福祉コース卒業

2017年3月

金沢大学大学院医薬
保健学総合研究科
修士課程修了

2017年4月

金沢大学大学院医薬
保健学総合研究科
医学専攻在籍中