

令和 4 年 4 月 26 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2021

課題番号：18K16434

研究課題名（和文）凍結肩に対する選択的超音波ガイド下神経ブロックの確立と超音波地図アプリの作成

研究課題名（英文）Development of selective ultrasound-guided nerve block for frozen shoulder and application program designed to show nerve innervation

研究代表者

臼井 要介（Usui, Yosuke）

東北大学・医学系研究科・非常勤講師

研究者番号：30791850

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：凍結肩，いわゆる五十肩は肩関節の疼痛と拘縮を伴う慢性疾患である。われわれは，痛みにより過緊張となった拮抗筋に対して選択的超音波ガイド下神経ブロックを行い，その後運動療法を行う戦略がよいことを発見した。さらにわれわれは超音波画像に解剖学的部位の明示をイラストレーションで行う，独自の肩関節超音波地図を作成した。さらにこの地図を，プローブを走査した際に，運動して超音波地図が変化するようなシミュレータを，Mixed Realityヘッドセットに表示させるアプリを開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

凍結肩の診療指針は未だなく，医師によってさまざまな治療方針となっている。私は選択的超音波ガイド下の神経ブロックを肩関節で開発し，その精緻な運用を理論的に体系化した。またこの治療戦略をだれもが容易に取得できるように，Mixed Reality技術を応用した超音波地図シミュレータを社会実装した。

研究成果の概要（英文）：Frozen shoulder is a common disease that comes on slowly with pain over the deltoid insertion, painful incomplete elevation and external rotation, active and passive restriction of movement. We found that selective ultrasound-guided nerve blockade of contractural muscles, followed by physiotherapy, is useful. We also developed a unique 'ultrasound map' of the shoulder joint that clearly illustrates the anatomic location on the ultrasound image. We also developed an application that changes the image on a headset as the probe is moved.

研究分野：麻酔科学・疼痛医学

キーワード：超音波ガイド下神経ブロック 超音波地図 凍結肩

## 1. 研究開始当初の背景

凍結肩、いわゆる五十肩は中年女性に多く発症する肩関節の疼痛と拘縮を伴う慢性疾患である。本邦でも発症頻度は全外来患者の2-5%であり、肩こりなどの潜在的な患者も含めると、きわめて多くの患者が凍結肩に苦しんでいる。凍結肩は腱板断裂や石灰性腱炎などと違い、その機序がほとんど判っておらず、消炎鎮痛剤の内服、注射療法、リハビリテーション、などの対症療法や保存的治療しか患者に提供できていない。肩関節では痛みが惹起されると、その方向に肩関節を動かさなくなるため、拮抗筋に過緊張(筋性防御)が生じて肩関節の拘縮が起こる。この肩関節の拘縮に対してはとくにリハビリテーションが重要であるが、痛みによって肩関節を積極的に動かさず、十分な関節授動を提供できないことも多い。

従来肩関節拘縮に対する注射治療は、ヒアルロン酸やステロイドの関節内投与や、筋肉への局所麻酔薬の投与が主体であったが、最近ではペインクリニシアンによる神経ブロックも頻用されている。一般に神経ブロックは、解剖学的知見を応用したランドマーク法によって施行され、針を持つ術者の感覚に依存することが多い。そのため、神経ブロックの効果にはばらつきがあり、必ずしも高い成功率で凍結肩患者にブロック治療を提供できているとはいえない。

## 2. 研究の目的

本研究では、肩関節におけるランドマーク法ではない、超音波ガイド下神経ブロックの手技の開発と精緻な適応をまず決定する。次に超音波ガイド下神経ブロックを簡単に実施できるようにするための、超音波画像に解剖学的部位の明示をイラストレーションで行う、独自の超音波地図を作成する。最後に超音波地図をリアルタイムに参照しながら穿刺を行うことを最終目標としたブロックのシミュレータを開発する。

## 3. 研究の方法

### (1) 肩関節における超音波ガイド下神経ブロックの理論と治療戦略の確立

過去の遺体研究と外来診療の経験から、凍結肩患者に対するブロックの手技、理論、治療戦略を確立した。

### (2) 超音波地図の作成

過去の研究で作成した超音波地図に加筆、訂正を加え、より研究目的に合致した超音波地図を作成した。

### (3) 超音波プローブの特性を組み込んだ超音波ガイド下神経ブロックのシミュレータの開発

一般に超音波プローブ操作において、ロッキング(長軸方向の走査)、ローテイティング(回転走査)、ティルトイング(短軸方向の走査)が重要であるが、われわれのシミュレータではプローブに加速度・角速度センサーを組み込み、3つの走査を同時に高精度で再現した。またシミュレータはMixed Reality (MR)技術を用いて試作した。

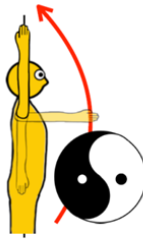
#### 4. 研究成果

##### (1) 肩関節における超音波ガイド下神経ブロックの理論と治療戦略の確立

私達は、痛みにより過緊張となった拮抗筋に対して選択的超音波ガイド下神経ブロックを行い、その後運動療法を行う戦略がよいことを発見した。そのためには肩の運動を肩甲上腕関節と肩甲胸郭関節に分類し、前方挙上、側方挙上、結帯運動の三方向の運動、それぞれの可動域低下に対し、その支配神経の選択的神経ブロックを行うのが重要であることを見出した。以下にブロックの対象となる神経の選択をまとめる(下図 A-C)。

図 A 前方挙上

**A 前方挙上時の疼痛に対する選択的神経ブロック**

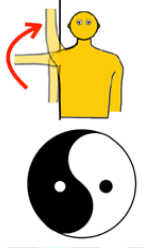


副神経 頸神経叢	神経根		上神経幹				内・外神経束			外神経束					後神経束								
	長胸神経		肩甲背神経		鎖骨下筋神経		肩甲上神経		胸筋神経叢			筋皮神経		上肩甲下神経		下肩甲下神経		胸背神経		橈骨神経		腋窩神経	
	僧帽筋	前鋸筋	肩甲挙筋	大小菱形筋	鎖骨下筋	棘上筋	棘下筋	小胸筋	鎖骨部	胸肋骨部	腹部	烏口腕筋	短頭	長頭	肩甲下筋	肩甲下筋	大円筋	広背筋	上腕三頭筋長頭	三角筋	三角筋	小円筋	
上部	中部	下部	上部	中部	下部	前部	後部	上部	下部					上部	下部			前部	中部	後部			
肩甲上腕関節																							
前方挙上																							
肩甲胸郭関節																							
後傾																							

前方挙上時の拮抗筋に対する選択的神経ブロックを行います。

図 B 側方挙上

**側方挙上時の疼痛に対する選択的神経ブロック**




副神経 頸神経叢	神経根		上神経幹				内・外神経束			外神経束					後神経束								
	長胸神経		肩甲背神経		鎖骨下筋神経		肩甲上神経		胸筋神経叢			筋皮神経		上肩甲下神経		下肩甲下神経		胸背神経		橈骨神経		腋窩神経	
	僧帽筋	前鋸筋	肩甲挙筋	大小菱形筋	鎖骨下筋	棘上筋	棘下筋	小胸筋	鎖骨部	胸肋骨部	腹部	烏口腕筋	短頭	長頭	肩甲下筋	肩甲下筋	大円筋	広背筋	上腕三頭筋長頭	三角筋	三角筋	小円筋	
上部	中部	下部	上部	中部	下部	前部	後部	上部	下部					上部	下部			前部	中部	後部			
肩甲上腕関節																							
側方挙上																							
肩甲胸郭関節																							
後傾																							

側方挙上時の拮抗筋に対する選択的神経ブロックを行います。

図 C 結帯運動

C 結帯運動時の疼痛に対する選択的神経ブロック



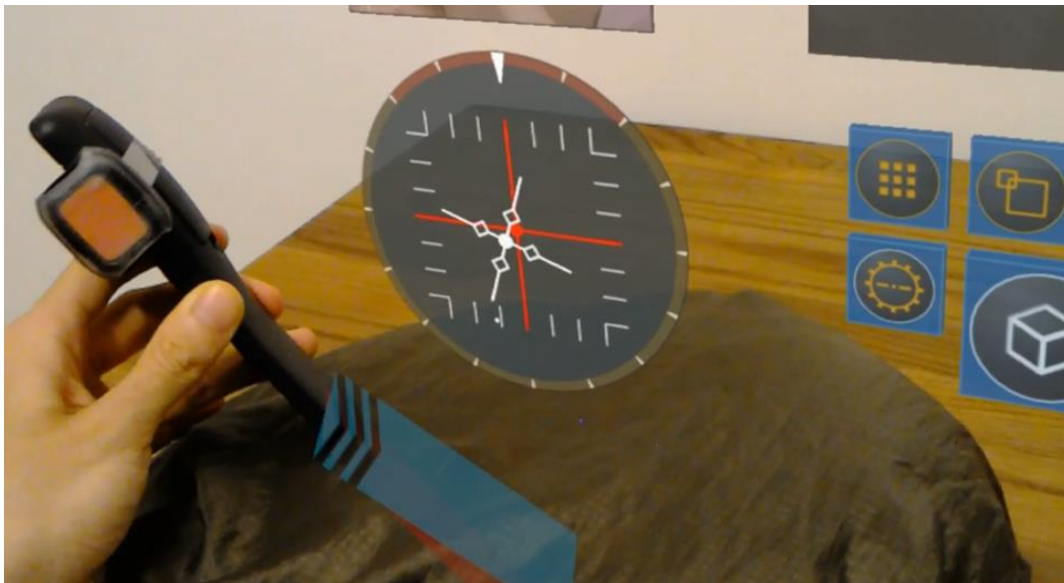
副神経 頸神経叢	神経根		上神経幹				内・外神経束			外神経束			後神経束							
	長胸神経		肩甲骨神経	鎖骨下筋神経		肩甲上神経		胸筋神経叢			外神経束			胸背神経	橈骨神経	腋窩神経				
	僧帽筋	前鋸筋	肩甲挙筋	鎖骨下筋	大小菱形筋	棘上筋	棘下筋	小胸筋	大胸筋	胸肋骨部	腹部	烏口腕筋	上腕二頭筋	肩甲下筋	大円筋	広背筋	上腕三頭筋長頭	三角筋	小円筋	
上部	中部	下部	上部	中部	下部	前部	後部	上部	下部			短頭	長頭	上部	下部		前部	中部	後部	
肩甲上腕関節																				
内旋																				
外旋																				
伸展																				
屈曲																				
肩甲胸郭関節																				
外転																				
下方回旋																				
上方回旋																				
後傾																				

結帯運動時の拮抗筋に対する選択的神経ブロックを行います。

(2) 超音波地図をリアルタイムに参照可能なシミュレータの開発

私達は肩関節の超音波地図を作成した。さらにこの地図を、適切なブロック体位に対して、プローブを走査した際に、連動して超音波地図が変化するようなシミュレータを PTC ジャパン社と共同で開発した。このシミュレータは MR ヘッドセット(Hololens2)を用いて術者の視界に表示させるものにした(下図 D)。

図 D ヘッドセット画面に投影して実現した Mixed Reality による超音波走査(デモ)



## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 白井要介	4. 巻 5
2. 論文標題 腰椎-骨盤 - 馬尾神経の電線効果と腰痛	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 臨床整形外科	6. 最初と最後の頁 593-600
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 白井要介	4. 巻 41
2. 論文標題 痛みの治療に必要な局所解剖 11「仙骨硬膜外」	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ペインクリニック	6. 最初と最後の頁 465-474
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 清水 洋子, 白井 要介, 白川 香, 水谷 彰仁	4. 巻 26
2. 論文標題 両肩治療中にリウマチ性多発筋痛症合併RS3PE症候群を発症し、さらにうつ状態を呈した1例	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本ペインクリニック学会誌	6. 最初と最後の頁 129-130
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計35件（うち招待講演 35件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 白井 要介
2. 発表標題 肩甲胸郭関節に対する選択的神経ブロック
3. 学会等名 プロ野球トレーナーセミナー（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 臼井 要介
2. 発表標題 馬尾神経の電線効果と経椎弓硬膜外ブロック
3. 学会等名 第1回先進整形外科エコー研究会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 臼井 要介
2. 発表標題 肩関節・屈曲抵抗に対する治療戦略
3. 学会等名 第17回神経ブロック研究会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 臼井 要介
2. 発表標題 体位変換による馬尾神経の動き
3. 学会等名 第9回倉敷腰痛セミナー（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 臼井 要介
2. 発表標題 尺骨神経とC8神経根と頸部交感神経系
3. 学会等名 大江戸エコーセミナー（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 白井 要介
2. 発表標題 ランチョンセミナー：尺骨神経とC8神経根と頸部交感神経系
3. 学会等名 日本ペインクリニック学会第54回大会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 白井 要介
2. 発表標題 重心の前方移動と頸部の痛み
3. 学会等名 日本ペインクリニック学会第1回東北支部学術集会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 白井 要介
2. 発表標題 ペインクリニック・超音波解剖学
3. 学会等名 日本区域麻酔学会第6回学術集会・ハンズオンレクチャー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 白井 要介
2. 発表標題 選択的神経ブロックによるMonitored Hand Surgery
3. 学会等名 日本区域麻酔学会第6回学術集会・スイーツセミナー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 臼井 要介
2. 発表標題 肩甲胸郭関節に対する超音波ガイド下神経ブロック
3. 学会等名 日本区域麻酔学会第6回学術集会・シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 臼井 要介
2. 発表標題 選択的神経ブロックによるMonitored Hand Surgery
3. 学会等名 日本区域麻酔学会第6回学術集会・ワークショップ（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 臼井 要介
2. 発表標題 選択的神経ブロックによる大後頭神経ブロック
3. 学会等名 日本区域麻酔学会第6回学術集会・ワークショップ（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 臼井 要介
2. 発表標題 選択的神経ブロックによるMonitored Hand Surgery
3. 学会等名 日本麻酔科学会第66回学術集会・ハンズオンセミナー（招待講演）
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 臼井 要介
2. 発表標題 肩の痛みと超音波解剖学
3. 学会等名 日本ペインクリニック学会第53回大会・ハンズオンセミナー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 臼井 要介
2. 発表標題 肩甲胸郭関節に対する超音波ガイド下神経ブロック
3. 学会等名 静岡県ペインクリニック懇話会・講演（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 臼井 要介
2. 発表標題 肩の痛みに対する選択的神経ブロックとリハビリ
3. 学会等名 日本ペインクリニック学会東海地方会・講演（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 臼井 要介
2. 発表標題 体位変換による神経の動き
3. 学会等名 第20回群馬ペインクリニック懇話会・講演（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 臼井 要介
2. 発表標題 選択的神経ブロックによるMonitored Hand Surgery
3. 学会等名 埼玉麻酔科医会 ・ 講演（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 臼井要介
2. 発表標題 膝の痛みと超音波解剖学
3. 学会等名 静岡県ペインクリニック懇話会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 臼井要介
2. 発表標題 肩の痛みと超音波解剖学
3. 学会等名 日本ペインクリニック学会東海地方会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 臼井要介
2. 発表標題 肩の痛みと超音波解剖学
3. 学会等名 日本ペインクリニック学会中国・四国地方会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 臼井要介
2. 発表標題 肩の痛みと超音波解剖学
3. 学会等名 播磨疼痛研究会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 臼井要介
2. 発表標題 腕神経叢と超音波解剖学
3. 学会等名 東京医科大学・ハンズオンセミナー（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 臼井要介
2. 発表標題 シンポジウム講演 頭痛と超音波解剖学
3. 学会等名 日本ペインクリニック学会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 臼井要介
2. 発表標題 肩の痛みと超音波解剖学
3. 学会等名 北海道PNB研究会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 臼井要介
2. 発表標題 固有背筋群と超音波解剖学
3. 学会等名 東京慈恵会医大・ハンズオンセミナー（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 臼井要介
2. 発表標題 肩の痛みと超音波解剖学
3. 学会等名 神経ブロック手技研究会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 臼井要介
2. 発表標題 ハンズオンセミナー 腰下肢痛と超音波解剖学
3. 学会等名 日本腰痛学会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 臼井要介
2. 発表標題 肩の痛みと超音波解剖学
3. 学会等名 日本整形内科学会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 臼井要介
2. 発表標題 選択的神経ブロックによるMonitored Hand Surgery
3. 学会等名 東京慈恵会医大・ハンズオンセミナー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 臼井要介
2. 発表標題 ランチョンセミナー 選択的神経ブロックによるMonitored Hand Surgery
3. 学会等名 日本神経麻酔集中治療学会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 臼井要介
2. 発表標題 肩の痛みに対する超音波解剖学
3. 学会等名 第32回日本運動器学会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 臼井要介
2. 発表標題 性成熟期から老年期の痛み超音波解剖学的考察
3. 学会等名 第68回日本麻酔科学会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 臼井要介
2. 発表標題 肩の痛みに対する超音波解剖学
3. 学会等名 第55回日本ペインクリニック学会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 臼井要介
2. 発表標題 拘縮肩-あなたならどう攻める？
3. 学会等名 第30回整形外科リハビリテーション学会（招待講演）
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計7件

1. 著者名 山本宣幸	4. 発行年 2020年
2. 出版社 日本医事新報社	5. 総ページ数 202
3. 書名 長引く肩痛の患者が外来に来たら【電子版付】	

1. 著者名 臼井 要介, 後藤 英之	4. 発行年 2019年
2. 出版社 メジカルビュー社	5. 総ページ数 258
3. 書名 これから始めるスポーツエコー - インターベンションからリハビリテーションまで	

1. 著者名 臼井 要介, 後藤 英之	4. 発行年 2019年
2. 出版社 羊土社	5. 総ページ数 222
3. 書名 迷わず打てる関節注射・神経ブロック	

1. 著者名 Yosuke Usui, Kiyoshige Ohseto	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 413
3. 書名 Nerve Blockade and Interventional Therapy	

1. 著者名 大嶽浩司, 上嶋浩順	4. 発行年 2018年
2. 出版社 中外医学社	5. 総ページ数 232
3. 書名 続・末梢神経ブロックの疑問 実践編 Q&A70	

1. 著者名 細川豊史	4. 発行年 2018年
2. 出版社 医歯薬出版	5. 総ページ数 216
3. 書名 ペインクリニック診療38のエッセンス	

1. 著者名 森本 康裕	4. 発行年 2021年
2. 出版社 メディカル・サイエンス・インターナショナル	5. 総ページ数 232
3. 書名 LiSAコレクション レベルアップ超音波ガイド下末梢神経ブロック	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	杉野 繁一 (Sugino Shigekazu) (00423765)	東北大学・大学病院・講師  (11301)	
連携研究者	山本 宣幸 (Yamamoto Nobuyuki) (80375287)	東北大学・医学系研究科・准教授  (11301)	
連携研究者	井樋 栄二 (Itoi Eiji) (80193465)	東北大学・医学系研究科・教授  (11301)	
連携研究者	山内 正憲 (Yamauchi Masanori) (00404723)	東北大学・医学系研究科・教授  (11301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------