

令和 4 年 6 月 21 日現在

機関番号：34448

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K18488

研究課題名(和文)「関節包」から考える股関節鏡治療革新に向けた解剖学的基盤研究

研究課題名(英文) Anatomical study of joint capsule for hip arthroscopy innovation

研究代表者

堤 真大 (Tsutsumi, Masahiro)

森ノ宮医療大学・インクルーシブ医科学研究所・助教

研究者番号：10821853

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：股関節鏡手術は、低侵襲であることから早期社会復帰を可能とする革新的な手術療法である。よって、術式に対応した股関節疾患の診断・治療の革新が求められており、股関節の安定化機構を解剖学的観点からも再考することが必須である。関節の安定化機構としては、従来「靭帯」構造が想定され、「関節包」は一様な薄いシート状構造と考えられてきた。しかし、我々の研究により「関節包」は骨付着部に幅がある、関節周囲の腱・腱膜と連続し厚みが様でない、肢位によって線維束様となる、という解剖学的特徴をもつことがわかってきた。以上の点から、関節の安定化機構としての「関節包」の重要性を再考していく必要があると考えている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

関節包は下前腸骨棘下方に幅広く付着し、その付着構造は機械的ストレスに順応し、腸骨大腿靭帯の近位付着部そのものであると考えられた。股関節鏡手術の関節包付着部を剥離する過程で、その外科的剥離が下前腸骨棘下方に及ぶと術後の関節不安定性の一因になりうることがわかった。小殿筋腱・腸腰筋深層腱膜との結合により厚みを成した関節包そのものが、腸骨大腿靭帯実質部であると考えられた。腸骨大腿靭帯が、筋張力による影響を受け、関節運動に合わせながら“動的”に関節を支持しうることを明らかにした。股関節伸展に伴う関節包の内腔への突出がいわゆる輪帯であり、関節包は肢位によって安定性への寄与が変化することがわかった。

研究成果の概要(英文)：Hip arthroscopy is a minimally invasive and an innovative treatment, which enables early return to society. Because the diagnosis and treatment innovation corresponding to the arthroscopic technique is required, the hip stabilization mechanism should be also anatomically reconsidered for such innovation. Ligament has been considered as one of the joint stabilization mechanisms. On the other hands, "joint capsule", which cannot be anatomically separated from the ligament, has been considered as a thin sheet-like structure. We revealed that "joint capsule" has the following anatomical characteristics: 1) its attachment width was wider than previously reported, 2) it thickened by forming the complex with the pericapsular muscles' tendon and aponeurosis and its thickness distribution was not uniform, and 3) its shape changed with hip position, resulting in a bundle-like structure. We consider that the "joint capsule" contribution to the hip stabilization mechanism needs to be reconsidered.

研究分野：解剖学

キーワード：関節包 腸骨大腿靭帯 小殿筋 腸腰筋 輪帯 股関節鏡手術

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

近年、股関節においては関節鏡手術が急速に普及しつつあり、股関節はこの技術革新に伴った解剖学的基盤の構築が新たに必要とされる。股関節の安定化機構としては、腸骨大腿靭帯などが代表されるように「靭帯」構造が想定されている一方、「関節包」は単なる一様かつ薄いシート状の構造と考えられている。しかしながら、本来「靭帯」と「関節包」は分けて考えることのできる構造でなく、「関節包」自体の構造を理解しなければ、手術に影響するような関節の安定性・不安定性に寄与する因子を理解することは難しい。申請者は、まず以下に述べる理由で、「関節包」の寛骨臼への付着様式、に着目すべきと考えた。

近年、大腿骨寛骨臼インピンジメント(以下、FAI:股関節運動時における大腿骨と寛骨臼の異常接触)が股関節痛や変形性股関節症の原因として着目され、FAIに対する股関節鏡手術が国内外で普及している。手術では異常接触の原因となる骨隆起の切除や、変性・損傷した組織の修復を図るが、術後に関節が不安定になる症例が、稀ではあるものの、近年増加傾向にある。ここで、手術対象となる寛骨臼前上方領域には、「関節包」が付着するため、術中には寛骨臼前上方へ付着する「関節包」の部分的剥離を伴う。手術過程における「関節包」切開部分が術後の関節不安定性に及ぼす影響に注目した報告はいくつかみられるが、近位付着部の剥離についてはあまり着目されていない。そもそもその検討の基盤として必要な「関節包」の寛骨臼前上方領域における付着に関する解剖学的知見が乏しいのが現状である。

### 2. 研究の目的

「関節包」の近位付着部は、術後トラブルの因子になりうるか、という学術的問いを基に、本研究の目的は、「関節包」の寛骨臼への付着様式を、マイクロCTを用いた画像解析・肉眼解剖学的解析・組織学的解析を組み合わせ、多角的に解析することとした。「関節包」の寛骨臼への付着様式を多角的に解析することで、FAIに対する股関節鏡手術において、どの領域を温存すべきか、などの一定の提言が期待されると考えた。

### 3. 研究の方法

解剖体股関節標本(東京医科歯科大学)を用いて、以下の方法に従って解析を行う

#### (1) マイクロCTを用いた画像解析

骨表面上にある、凹凸や粗面を解剖手技によるアーチファクトなく観察するため、解剖体標本をマイクロCT (inspeXioSMX-100CT)を用いて解析する。得られたCT像から三次元立体構築像を作成し、解析する。

#### (2) 肉眼解剖学的解析

「関節包」周囲筋の起始・停止部、筋・腱の組成などを観察後に切離する。「関節包」を骨から剥離する際に、骨付着部の広がりを観察する。

#### (3) 組織学的解析

「関節包」やその周囲筋が付着した骨標本を非脱灰のまま、ダイヤモンド・バンドソー(EXACT 312)を用いて包埋・薄切可能な大きさにまで切断し、脱灰後にマッソントリクロム染色を用いて解析する。

### 4. 研究成果

(1) 「関節包」の寛骨臼前上方領域における付着を解析した。マイクロCTを用いた画像解析により、下前腸骨棘の下方に明瞭な骨の圧痕が観察された。また、肉眼解剖学的観察により、「関節包」は、寛骨臼縁の前上方領域内において幅をもって付着し、特に下前腸骨棘の下方にて最も幅広く付着していることがわかった。組織学的解析では、「関節包」の下前腸骨棘の下方への付着様式が、線維軟骨を介したものであることを明らかにした。下前腸骨棘下方には腸骨大腿靭帯の近位部が付着すると考えられてきたが、同部位には「関節包」以外から独立した明瞭な靭帯構造は観察されなかった。すなわち、骨形態・肉眼解剖・組織学的特徴から、下前腸骨棘下方には「関節包」を介して大きな機械的ストレスが加わっていることが示唆された。従来、下前腸骨棘の下方へは腸骨大腿靭帯が付着し、股関節の安定化に重要とされてきた。しかし、靭帯構造が「関節包」と別に存在するというよりも、下前腸骨棘下方への「関節包」付着構造自体が、機械的ストレスに順応しており、腸骨大腿靭帯の近位付着部そのものであると考えられた。従って、股関節鏡手術による「関節包」近位付着部を部分的に剥離する操作が、下前腸骨棘下方に及ぶと術後の関節不安定性の一因になりうる可能性が推察された<sup>[1]</sup>。

(2) 「関節包」実質部の厚み分布を解析した。上述の(1)より、下前腸骨棘下方への「関節包」付着構造自体が、腸骨大腿靭帯の近位付着部そのものであると考えられたため、腸骨大腿靭帯と「関節包」自体の関係を精査する必要があると考えた。肉眼解剖学的に、腸骨大腿靭帯が存在するとされる「関節包」前面を中心に観察を試みると、いわゆる“靭帯”を想起するような、線維束様の構造は観察されなかった。一方で、関節周囲の筋と「関節包」の関係に着目すると、小殿

筋腱と腸腰筋深層腱膜が「関節包」前面に結合していることが明らかになった。小殿筋腱と股関節包の結合部は、下前腸骨棘下方から転子間線上外側端を概ね結ぶよう位置し、腸腰筋深層腱膜の前縁は下前腸骨棘下方から転子間線前内側端を結ぶように位置していた。マイクロ CT と ImageJ を用いて、「関節包」の厚み分布を解析すると、これら結合部が「関節包」の厚みを形成していることが明らかになった。腸骨大腿靭帯は横部・下行部より構成され、それぞれの遠位部が大腿骨転子間線の上外側端と前内側端に付着するとされる。結合部と大腿骨の位置関係、「関節包」の厚み分布に基づき、小殿筋腱・腸腰筋深層腱膜との結合により厚みを成した「関節包」そのものが、腸骨大腿靭帯の横部・下行部であると考えられた。よって、腸骨大腿靭帯が小殿筋や腸腰筋の筋張力の影響を受け、関節の動きに合わせて、股関節の支持に作用しうる構造であるとも考えられた。言い換えるならば、腸骨大腿靭帯は“動的”な支持機構であることが示唆された<sup>[2]</sup>。

(3) 「関節包」の関節肢位による変化を解析した。上述の(2)より、関節周囲の筋からの張力が「関節包」に伝わりうるということが明らかになった。そこで、「関節包」がどのように股関節へ力を伝達するかを考える上で、関節周囲の筋の収縮によって起こった関節肢位の変化に応じて、「関節包」の形がどのように変化するかを精査する必要があると考えた。特に直接骨に接する「関節包」内層に着目することにした。一般的に「関節包」内面には“輪状の線維束”とされる輪帯が存在し、股関節の支持機構として重要とされている。一方で、「関節包」と輪帯は互いに近接した構造であるにも関わらず、その互いの解剖学的関係はよくわかっていなかった。生体に近い動きの出来る Thiel 法で固定した解剖体を解析すると、股関節伸展に伴い、「関節包」内面が大腿骨頸部へ向かって関節内腔へ突出した。一方で、屈曲により、この突出は軽減した。また、股関節伸展位でホルマリン固定した標本の関節内腔面積は屈曲位で固定した標本よりも狭いことが確認された。組織学的にも、「関節包」内面で「関節包」から独立した輪状の線維束は観察されず、「関節包」が内腔へ突出した構造が確認された。よって、輪帯は固有の輪状線維束ではなく、股関節伸展による関節包の内腔への突出そのものであると考えられた。すなわち、輪帯は股関節の運動により、結果として生じる構造であることが示唆された<sup>[3]</sup>。

#### < 引用文献 >

[1] Masahiro Tsutsumi, Akimoto Nimura, Eisaburo Honda, Hajime Utsunomiya, Soshi Uchida, Keiichi Akita. An Anatomical Study of the Anterosuperior Capsular Attachment Site on the Acetabulum. The Journal of bone and joint surgery. American volume. 2019 Sep 4; 101(17): 1554-1562. 101(17) 1554-1562

[2] Masahiro Tsutsumi, Akimoto Nimura, Keiichi Akita. New insight into the iliofemoral ligament based on the anatomical study of the hip joint capsule. Journal of anatomy. 2020 May; 236(5): 946-953.

[3] Masahiro Tsutsumi, Akimoto Nimura, Hajime Utsunomiya, Keiichi Akita. Dynamic changes of the joint capsule in relation to the zona orbicularis: An anatomical study with possible implications for hip stability mechanism. Clinical Anatomy. 2021 Nov;34(8):1157-1164.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Tsutsumi Masahiro, Nimura Akimoto, Utsunomiya Hajime, Akita Keiichi	4. 巻 34
2. 論文標題 Dynamic changes of the joint capsule in relation to the zona orbicularis: An anatomical study with possible implications for hip stability mechanism	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Clinical Anatomy	6. 最初と最後の頁 1157 ~ 1164
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ca.23767	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tsutsumi Masahiro, Nimura Akimoto, Akita Keiichi	4. 巻 97
2. 論文標題 Clinical anatomy of the musculoskeletal system in the hip region	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Anatomical Science International	6. 最初と最後の頁 157 ~ 164
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12565-021-00638-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tsutsumi Masahiro, Nimura Akimoto, Utsunomiya Hajime, Kudo Shintarou, Akita Keiichi	4. 巻 11
2. 論文標題 Spatial distribution of loose connective tissues on the anterior hip joint capsule: a combination of cadaveric and in-vivo study	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-02381-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tsutsumi Masahiro, Nimura Akimoto, Akita Keiichi	4. 巻 236
2. 論文標題 New insight into the iliofemoral ligament based on the anatomical study of the hip joint capsule	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Anatomy	6. 最初と最後の頁 946 ~ 953
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/joa.13140	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tsutsumi Masahiro, Nimura Akimoto, Honda Eisaburo, Utsunomiya Hajime, Uchida Soshi, Akita Keiichi	4. 巻 101
2. 論文標題 An Anatomical Study of the Anterosuperior Capsular Attachment Site on the Acetabulum	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Bone and Joint Surgery	6. 最初と最後の頁 1554 ~ 1562
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2106/JBJS.19.00034	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計7件(うち招待講演 1件/うち国際学会 3件)

1. 発表者名 堤 真大, 二村 昭元, 宇都宮 啓, 秋田 恵一
2. 発表標題 輪帯形成に関与する関節包の動的変化について 解剖学的研究
3. 学会等名 第48回日本股関節学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tsutsumi M, Nimura A, Utsunomiya H, Akita K
2. 発表標題 Morphological changes of the joint capsule during hip movement in relation to the zona orbicularis.
3. 学会等名 16th Congress of the European Association of Clinical Anatomy (EACA) and XII Meeting of the International Symposium of Clinical and Applied Anatomy (ISCAA) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 堤 真大, 二村 昭元, 秋田 恵一
2. 発表標題 腸骨大腿靭帯が動的安定化機構を構成する可能性 - 解剖学的研究 -
3. 学会等名 第47回日本股関節学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tsutsumi M, Nimura A, Akita K
2. 発表標題 Anatomy of the hip joint capsule for a better understanding of the hip stabilization.
3. 学会等名 The 2nd Annual Congress of Asia Society of Hip Arthroscopy & Preservation (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 堤 真大, 二村 昭元, 秋田 恵一
2. 発表標題 腸骨大腿靭帯と股関節包および周囲の腱・腱膜構造の解剖学的関係.
3. 学会等名 第125回日本解剖学会総会・全国学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 堤 真大, 二村 昭元, 本田 英三郎, 宇都宮 啓, 内田 宗志, 秋田 恵一
2. 発表標題 寛骨臼縁前上方領域への股関節包付着形態.
3. 学会等名 第46回日本股関節学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tsutsumi M, Nimura A, Honda E, Utsunomiya H, Uchida S, Akita K
2. 発表標題 Morphological analysis of the hip capsular attachment on the anterosuperior acetabular margin.
3. 学会等名 International Congress of Anatomia Clinica (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------