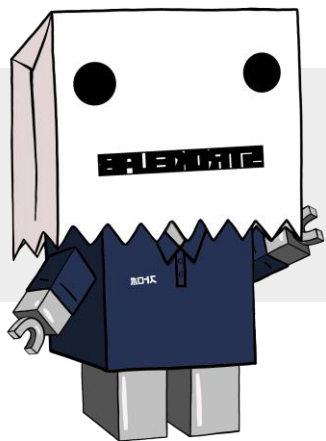




Reaching

リーチ



Trunk/scapular

24 times in total

上肢機能の役割



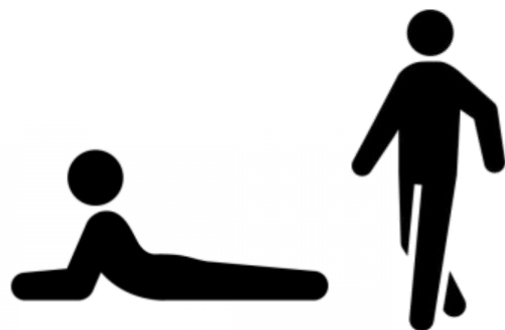
ジェスチャー
【表現/伝達】



反射
【立ち直り/平衡/保護伸展】



操作
【道具等】



基本動作
【支持/歩行】



上肢機能



探索
【テクスチャー】

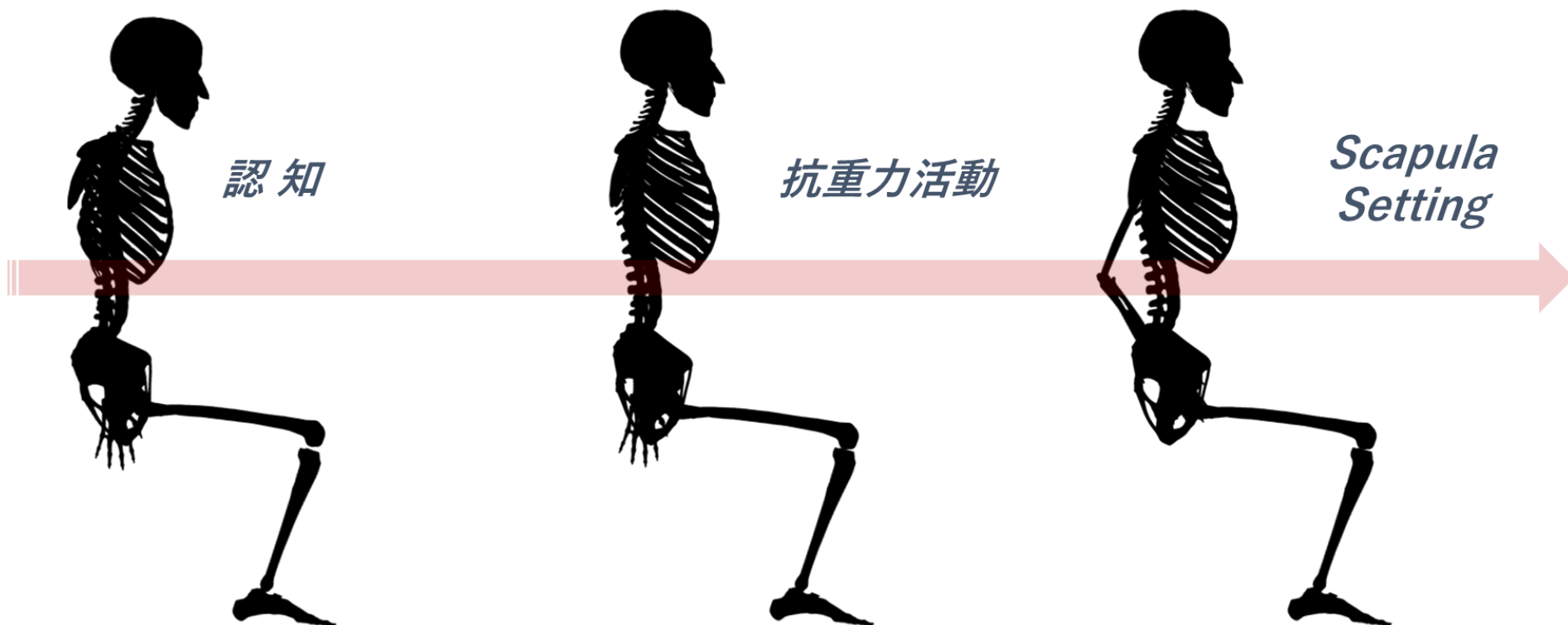
Reachingとは？

- 望む場所に随意的に手を近づけるよう位置づけていく行為であり，環境との相互作用である
- 「対象物に手を伸ばし，操作する」ことであり，これを到達把持運動(Reach to Grasp Movement)と呼ぶ
- 「望む場所に随意的に手を近づけるよう位置づけていく行為であり，環境との相互作用である」と定義される
- 「運動」のみでなく「知覚・認知」の側面があり，対象物の形状/意味，周辺環境/目的を考慮することが必要
- リーチして掴んだものを口に運ぶという捕食行動が，発達早期から可能となる．その為，リーチは基本動作の原型とも言える



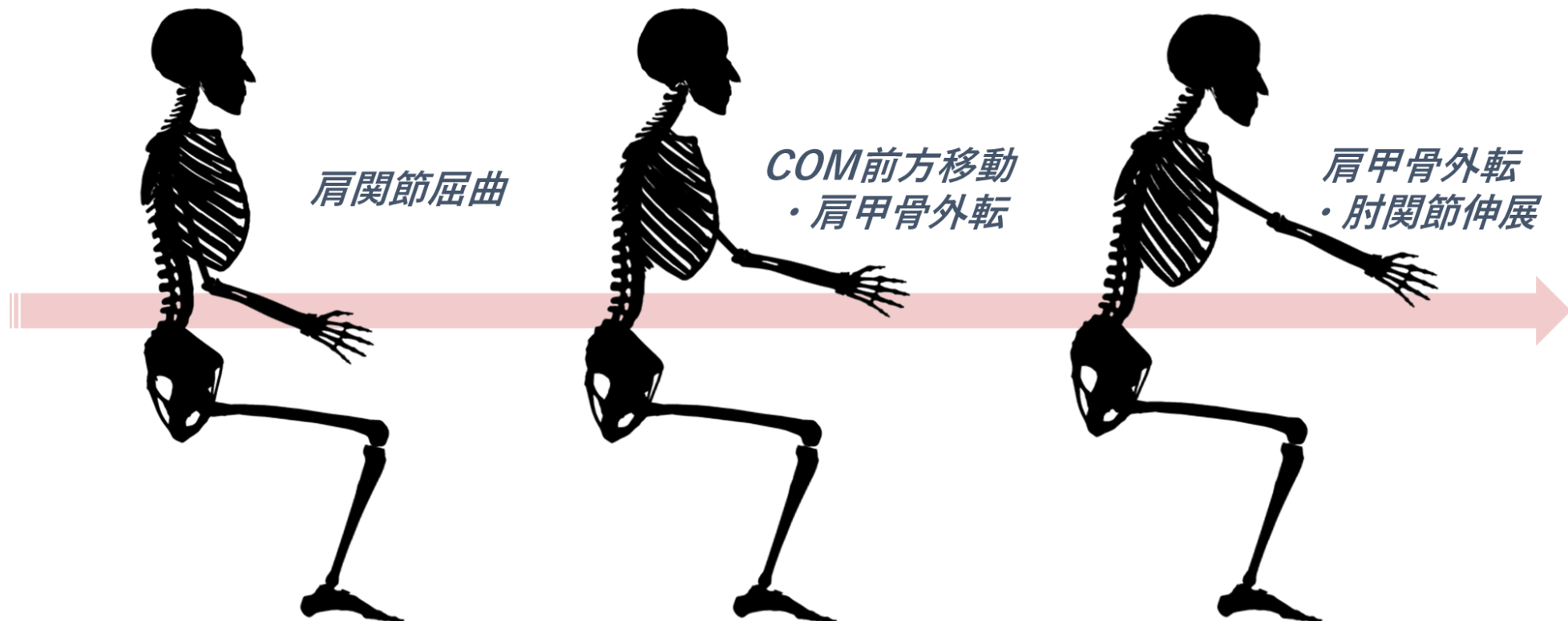
準備期：Preparation Phase

- 効率的な上肢リーチをしていくための準備相であり，身体各部の抗重力活動が先行的に高まる段階
- 上肢リーチを遂行するためには，対象との空間的な位置や形状/大きさ/重量の予測など，「対象の情報を知る」こと，つまり**認知的な側面**も必要とされる



加速期：Acceleration Phase

- 上肢リーチ開始から、対象への接触直前までの期間を指し、全体の約70%を占める
- 準備期における対象の位置情報をもとに、手の運動軌跡が最短距離を描けるよう、継続した姿勢安定性が重要
- 把持へ向けた前腕・手関節の調整も行われ始め、この段階よりPreShaping(手の形状づけ)も開始される



上肢近位部との関係

- リーチは様々な姿勢で行われる(supine/sit/stand)
- 特に座位あるいは立位で行われる活動は、ヒトを抗重力的に支持するための身体・筋組織の様々な活動を必要とする
- 近位部の安定性は上肢機能のパフォーマンスに必須の構成要素となる
- 上肢をリーチするためには、肩関節の可動性と安定性が保証される必要がある
- 肩関節は、肩甲上腕関節、胸鎖関節、肩鎖関節、肩甲胸郭関節、肩峰下関節からなる集合体であり、これらの関節すべての動きが協調しなくては機能解剖学的に合理性のある運動は引き出せない
- 関節相互の協調性に障害が起こると、肩の痛みもしくは可動域制限の原因となる



中枢部と上肢の関係

- 上肢リーチに要求される安定した機能的な筋活動を発揮するためには、肩甲骨と体幹の機能的なリンクが必要
- 機能的なリンクの構築は、姿勢制御・バランスにも貢献し、どちらが欠如しても効率的な上肢リーチとはならない



骨盤の後傾 → 腰椎屈曲 → 胸椎屈曲 →
肩甲骨外転 → 上肢の内旋



骨盤の前傾 → 腰椎伸展 → 胸椎伸展 →
肩甲骨内転 → 上肢の外旋

脊椎の伸展方向への活動

- 多裂筋は椎間関節面を強く圧迫する作用を持ち，椎間関節を安定させる作用があるため，最も腰椎の安定化に貢献する
- 多裂筋は頸椎から腰椎にかけて存在しており(起始停止確認)，特に腰椎で発達している
- 腰部多裂筋には筋線維が二種類存在し，浅層線維(long fiber)と深層線維(short fiber)がある
- 浅層線維(long fiber)：2～4椎間関節ごとと，仙骨へ走行
- 深層線維(short fiber)：1つの椎間関節ごとに走行する
- 上位腰椎では脊柱起立筋に覆われているため触診が困難（L1-L2）
- 下位腰椎(L4-L5)では脊柱起立筋は腱膜に移行していることから多裂筋のボリュームが大きいので触診が出来る

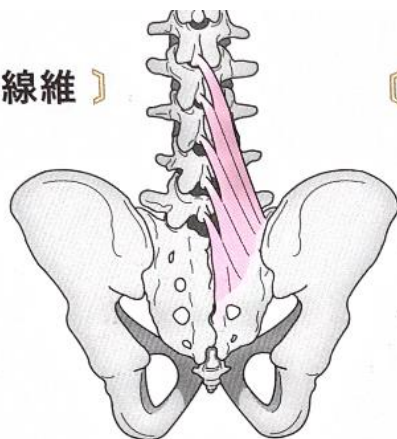
【起始】

仙骨背面／後仙腸靱帯／腰椎の乳様突起，
胸椎の横突起／C4-7の頸椎関節突起

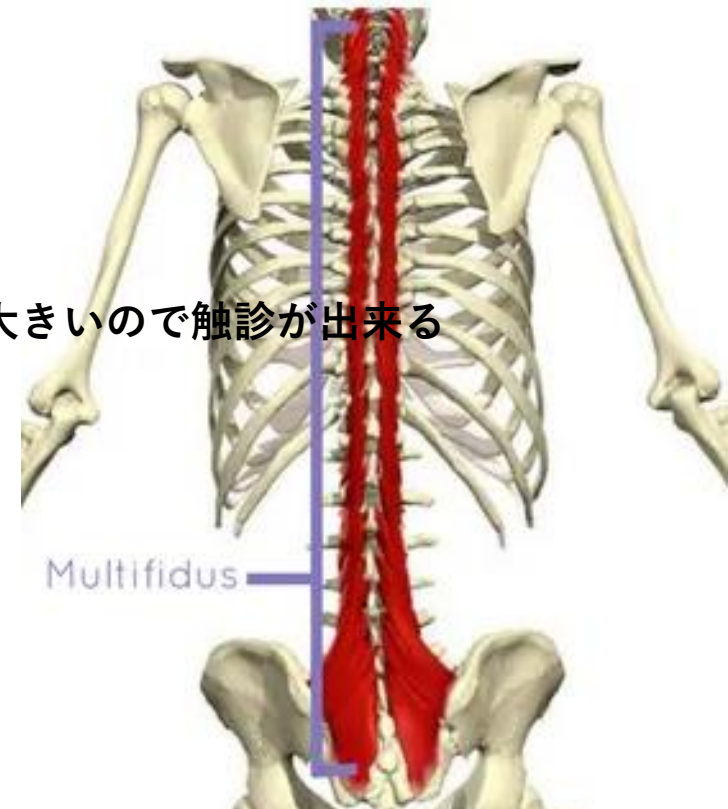
【停止】

2-4個上の椎骨の棘突起

〔浅層線維〕

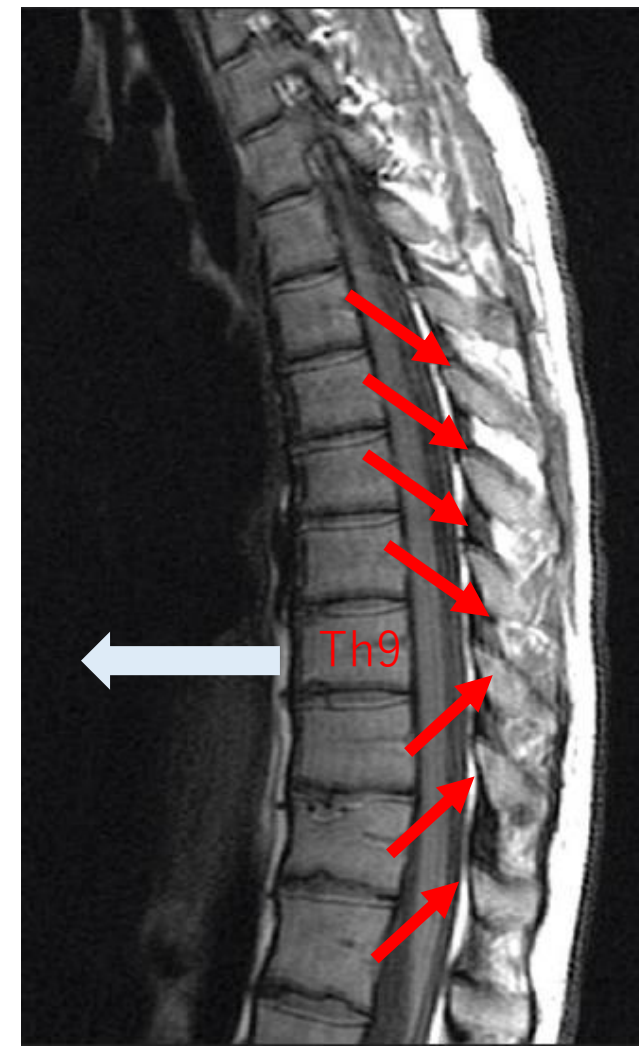


〔深層線維〕



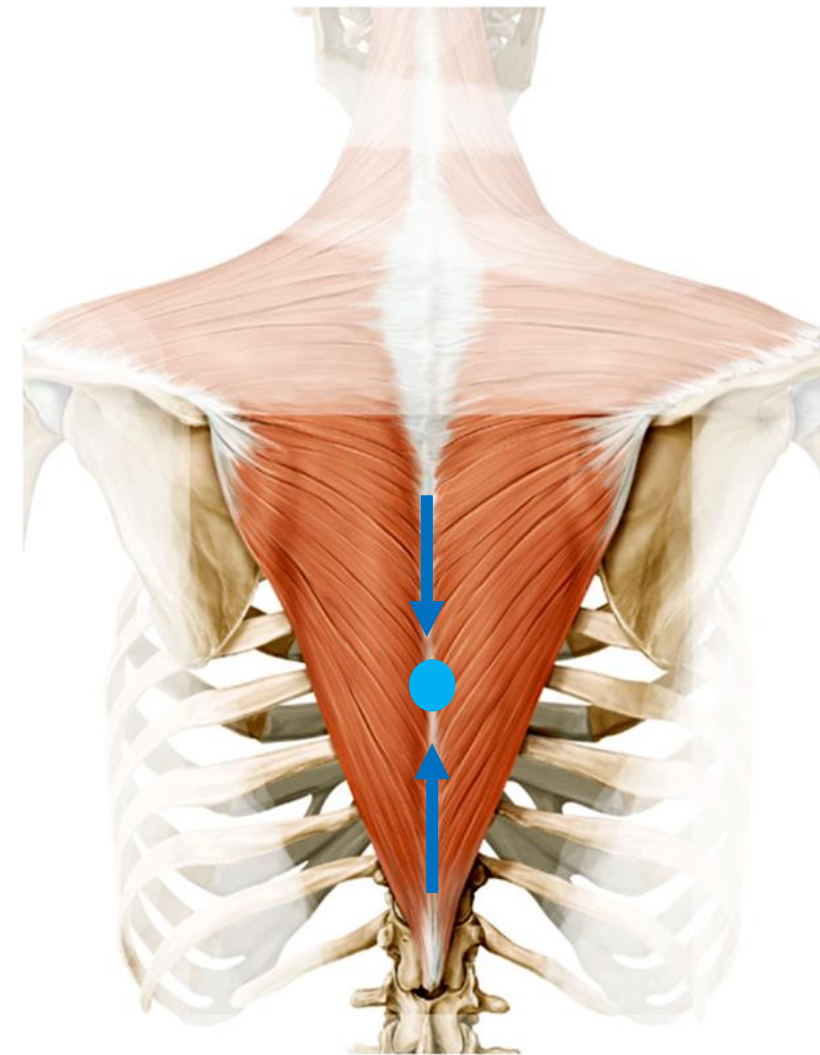
Vertical extensionと胸棘筋

- 「背を伸ばしてください」の指示には腸肋筋が優位な収縮となり、のけぞる形の伸展となるため、Vertical extensionとは異なる。
- 胸棘筋は第10胸椎横突起～第2腰椎横突起を起始とし、前側上方に向かって走り、第2～第9胸椎棘突起に付着する。
- 筋腹としては小さいため大きな力ではないが、ガイドすることがメインとなるため姿勢コントロールには重要となる。
- 脊柱起立筋の最深部であり、通常第9胸椎には付着しない



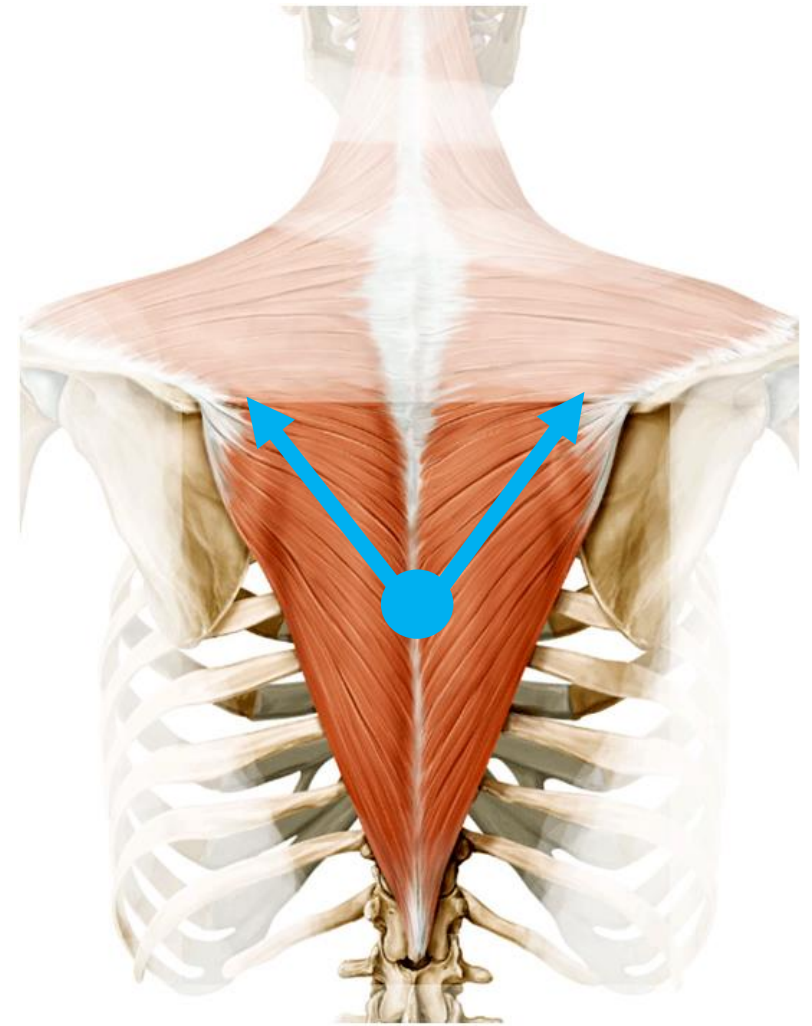
胸椎伸展方向への活動

- 体幹の抗重力的な伸展は、第9胸椎を中心に上位胸椎と下位胸椎が、時計回りと反時計回りに動く運動である
- 僧帽筋下部線維は第4～12胸椎棘突起、棘上靱帯から起始し、肩甲棘三角（下部）に停止し、主に肩甲帯を下制、内転、上方回旋させる
- その為、脊柱の抗重力伸展活動に僧帽筋下部線維は重要な働きをする。
- もちろん胸棘筋などの小さな筋が運動方向を導くことも忘れてはいけない



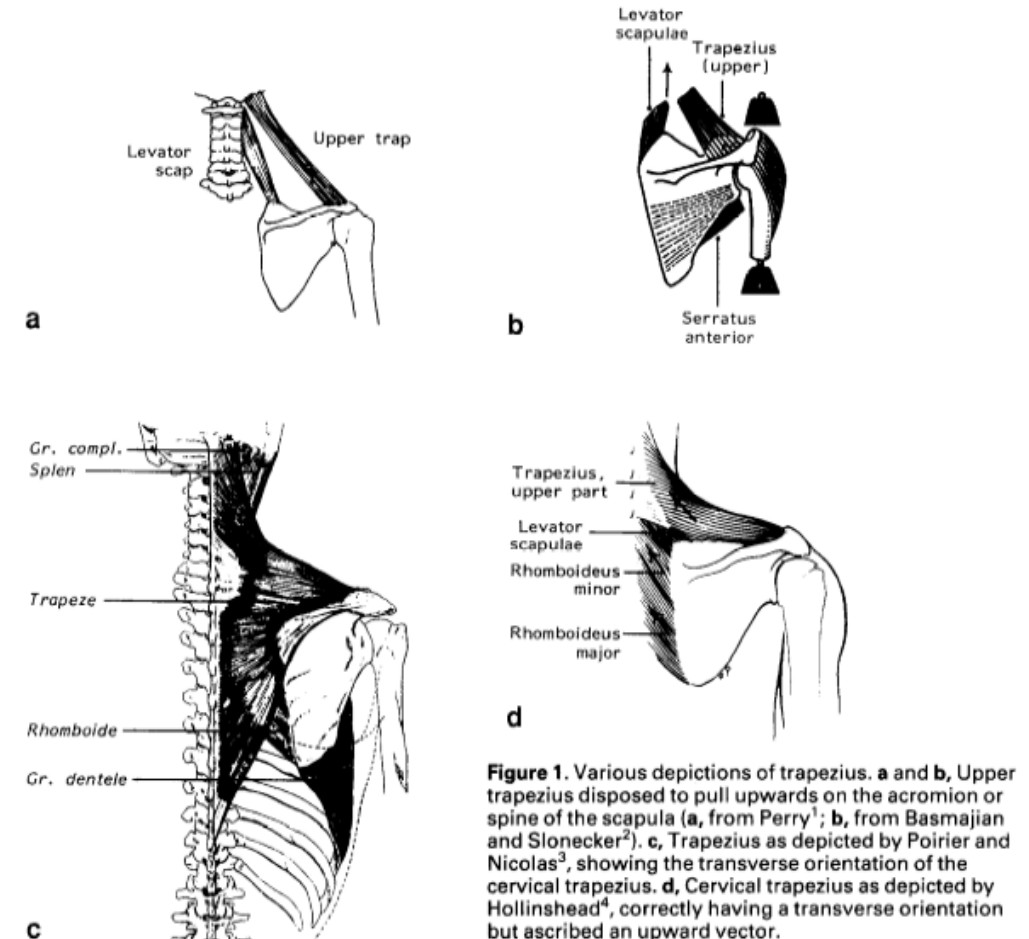
僧帽筋下部線維と抗重力伸展活動

- 肩甲骨がスタビライズされている条件で僧帽筋下部線維が収縮すると、肩甲骨に対して胸椎を動かす働きとなり胸椎を伸展へと導く
- ただし、肩甲骨が安定していることが条件のため、不安定だとこの機能は発揮できない
- 体幹筋のみに着目するのではなく、肩甲骨周囲筋の条件も加味する必要がある



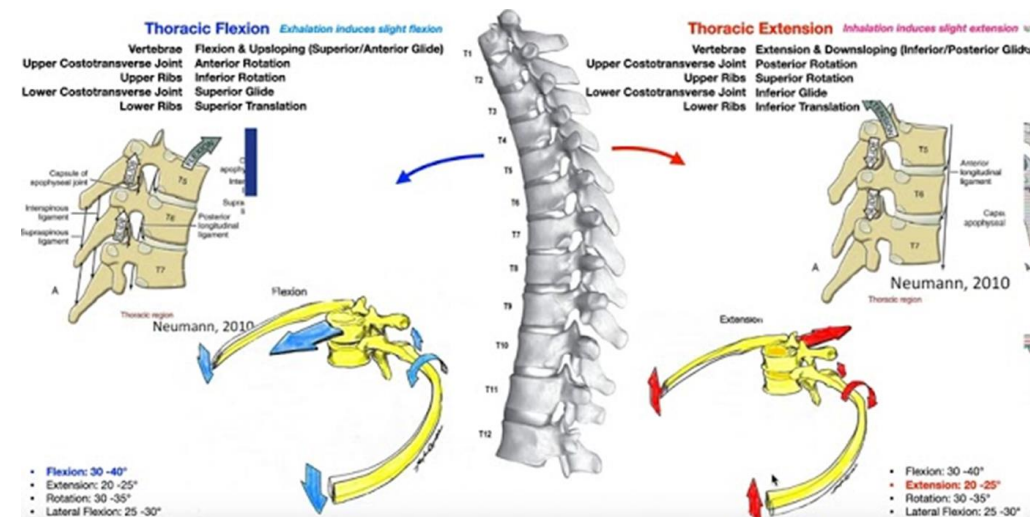
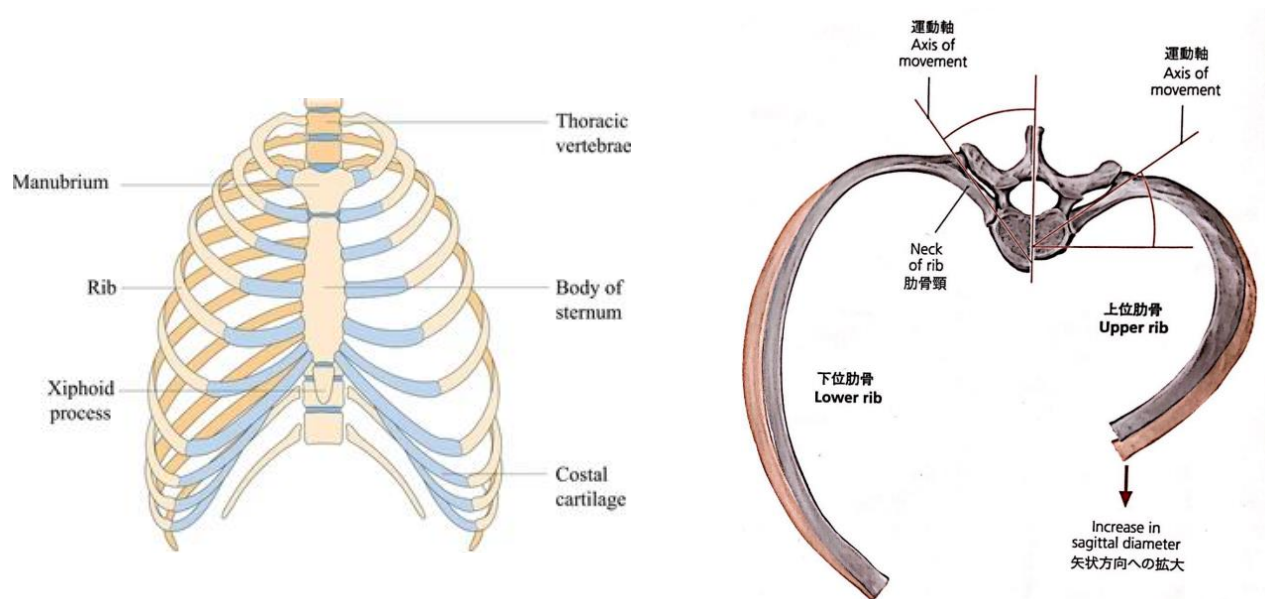
僧帽筋の役割

- 僧帽筋線維が横方向に走行している利点は、上肢による頸椎に及ぼす圧縮負荷を回避すること
- 僧帽筋の最も強い束は、C6およびC7から生じているが、基本的には横向きであり、首にほとんど負担を与えない
- 項靱帯に横方向の負荷のみをかけることにより、頸椎の僧帽筋は頸椎を圧縮負荷から守り、上肢の重さと上肢からの負荷を胸鎖関節に伝達する
- 僧帽筋の横方向の線維は、引っ張りの働きで鎖骨および肩甲骨を後方に引くのに適しているが、鎖骨および肩甲骨を上方に引っ張る能力は否定される
- 僧帽筋上部線維の操作時に鎖骨の動きまで意識して介入する必要がある



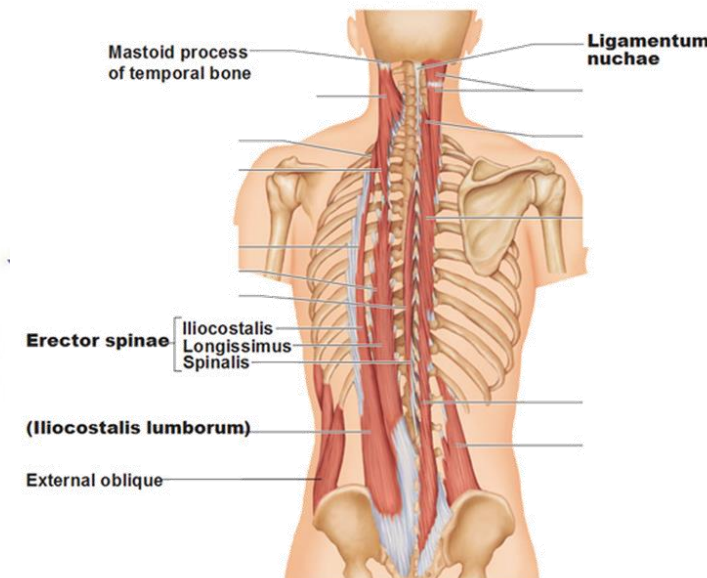
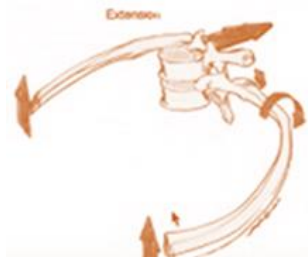
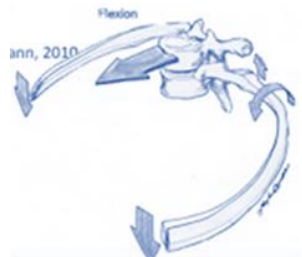
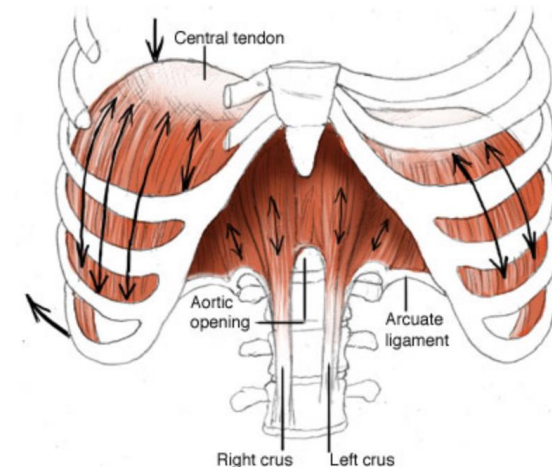
胸郭の重要性について

- 胸椎が抗重力に伸展するためには、肋骨の可動性が必要である。
- 第1～7肋骨は直接胸骨と連結し、第8～10肋骨は直接胸骨へは連結せず、肋軟骨を介して胸骨に結合しているため、第8～10肋骨は第1～7肋骨よりも可動域が大きい。第11・12肋骨は浮遊しているため最も大きな可動性がある
- 胸椎が屈曲するとき肋骨は前方へ軸回旋し、胸椎が伸展するときには肋骨は後方へ軸回旋をする。肋骨の運動は、肋横突関節と肋椎関節を結ぶ同転軸の違いから上位肋骨と下位肋骨では異なった動きになる
- 肋骨の可動性は、肋間筋や肋骨をまたいで付着する筋群（前鋸筋、小胸筋、大胸筋、最長筋、胸腸肋筋、広背筋、外腹斜筋、腹直筋、横隔膜など）の伸張性に影響される。
- 肋骨上位の可動性は胸骨に動きに影響を与えやすい



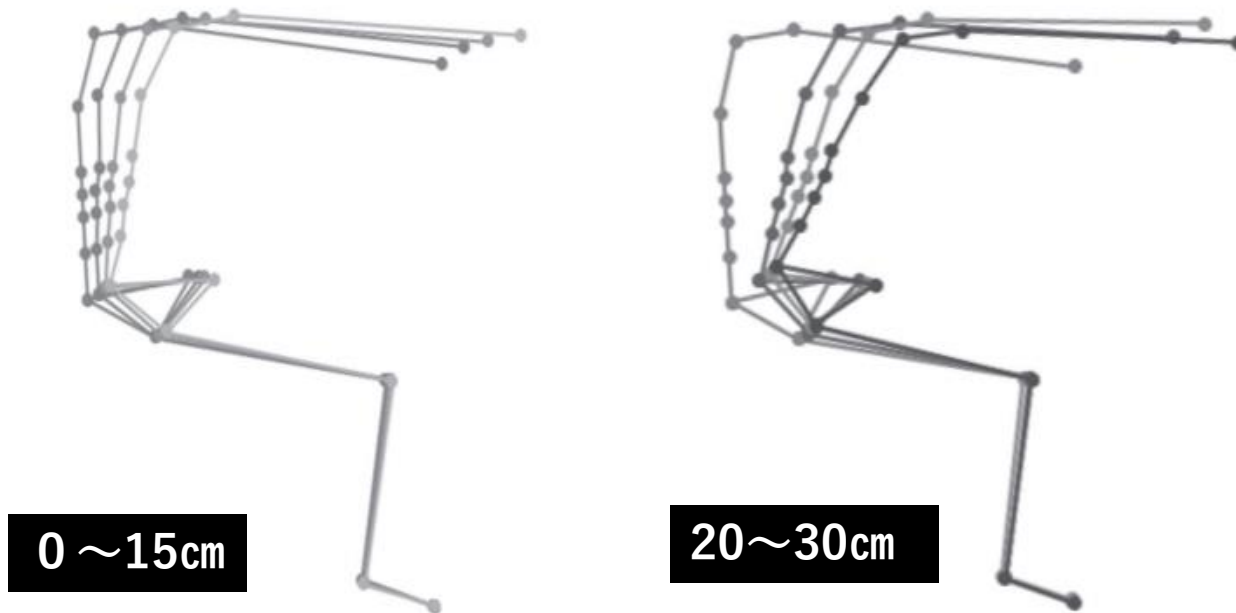
脊椎と胸郭の回旋

- 胸椎と肋骨の間には，回旋運動においても運動リズムが存在し胸椎が回旋する際，左右の肋骨は相反する軸回旋運動とともに並進運動を起こす
- 横隔膜の付着も胸郭の制限になりえる
 - 【起始】 胸骨部：胸骨剣状突起内面 肋骨部：第6～12肋軟骨内面 腰椎部：L1～4椎体
 - 【停止】 臍中心
- 肋骨を制限する因子に腸肋筋がある．腸肋筋に動きがないと胸郭が柔軟に可動できない



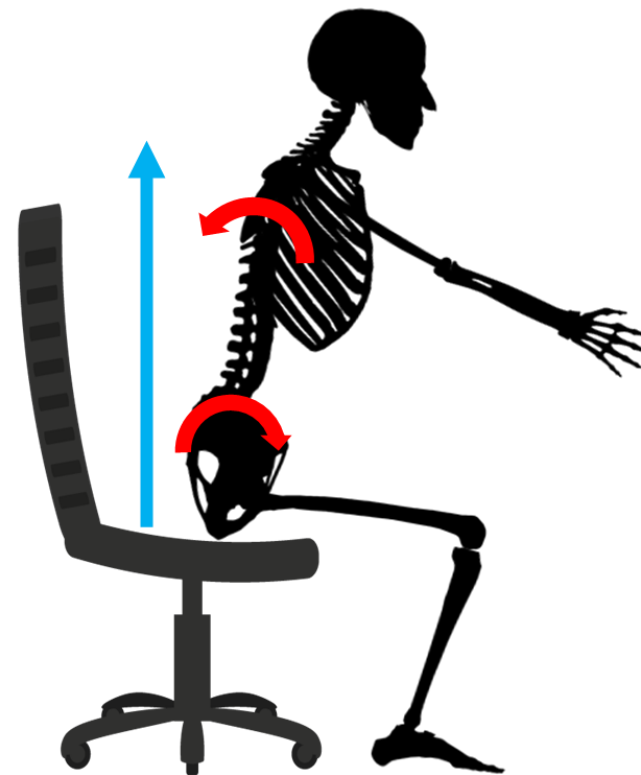
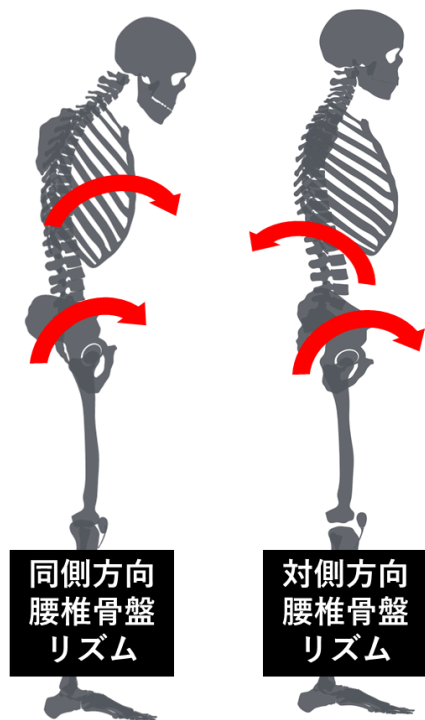
Reachingと骨盤の動き

- リーチの短い距離では骨盤の動きは少ない
- 骨盤がフラットになるまでには同側性，グラビティーラインを越えてからは対側性に変化させていく
(私見)
- 短い距離のリーチの練習では対側性リズムや起立動作にはつながりにくいかもしれない



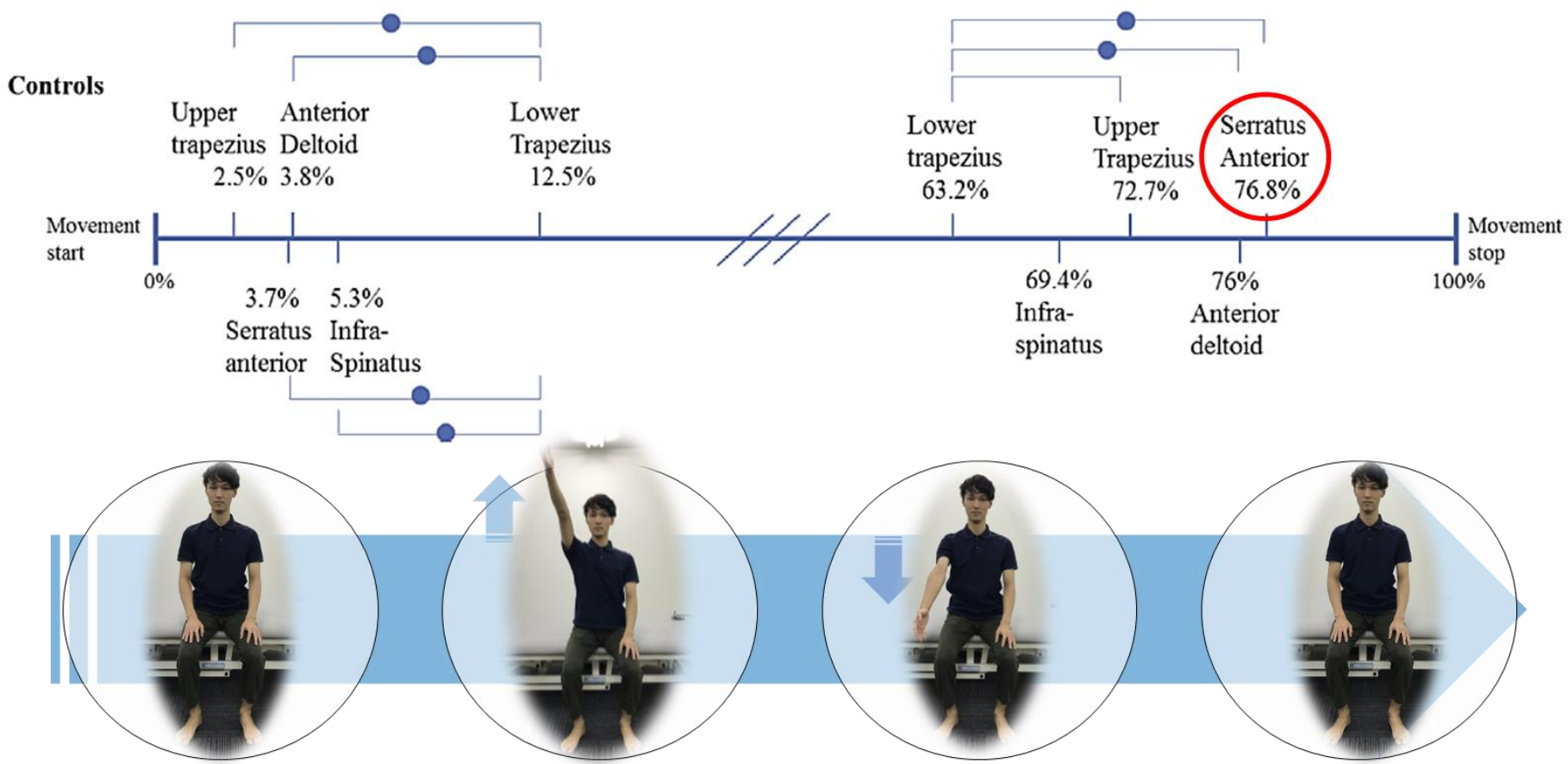
Hip Lumber RhythmとReaching

- リーチを行うために対側方向性リズムが重要だが、リーチが機転で誘発される場合もある為、どちらの動きがKeyになるか臨床推論を重ねていく
- リーチはCOMの高さ(体幹制御)をキープすることで目標物へ到達できる課題となるため、下肢・体幹の抗重力伸展活動を高めることで体重移動が可能となる



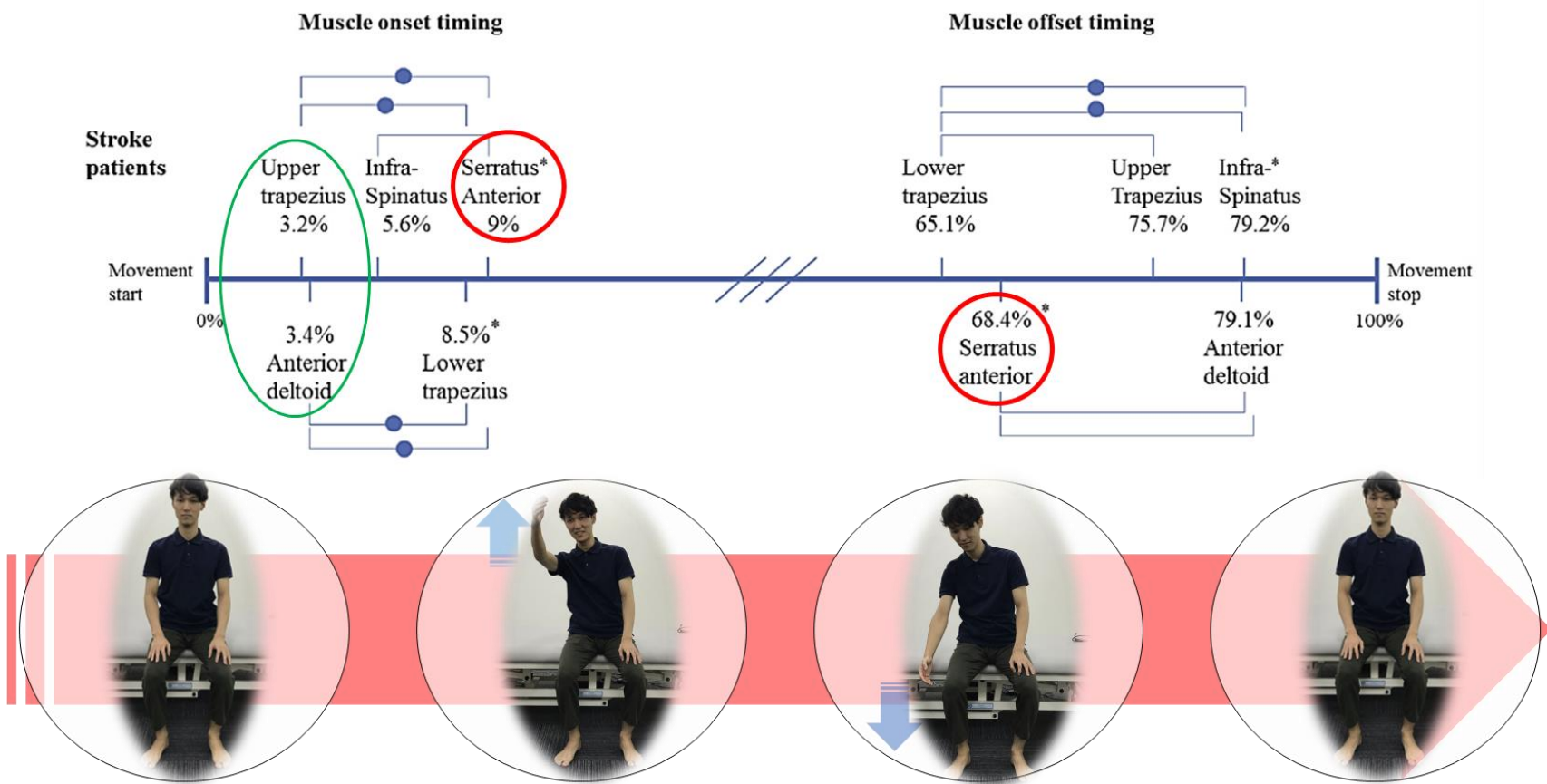
上肢/体幹連動した筋活動：健常者

- 健常者は、上肢挙上に際して体幹・肩甲帯周囲筋の活動を先行して活性化していく筋動員パターンを示す
- 下制時においても、肩甲胸郭関節の安定性を維持するため、前鋸筋は最後にOffsetとなる



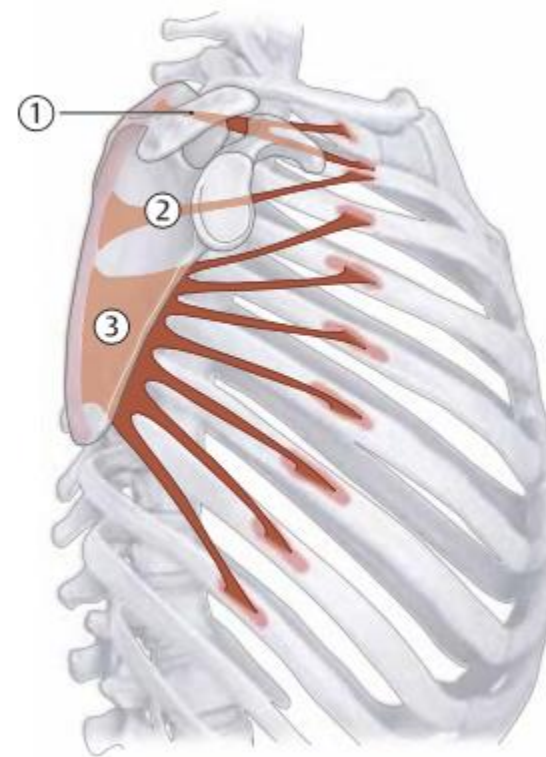
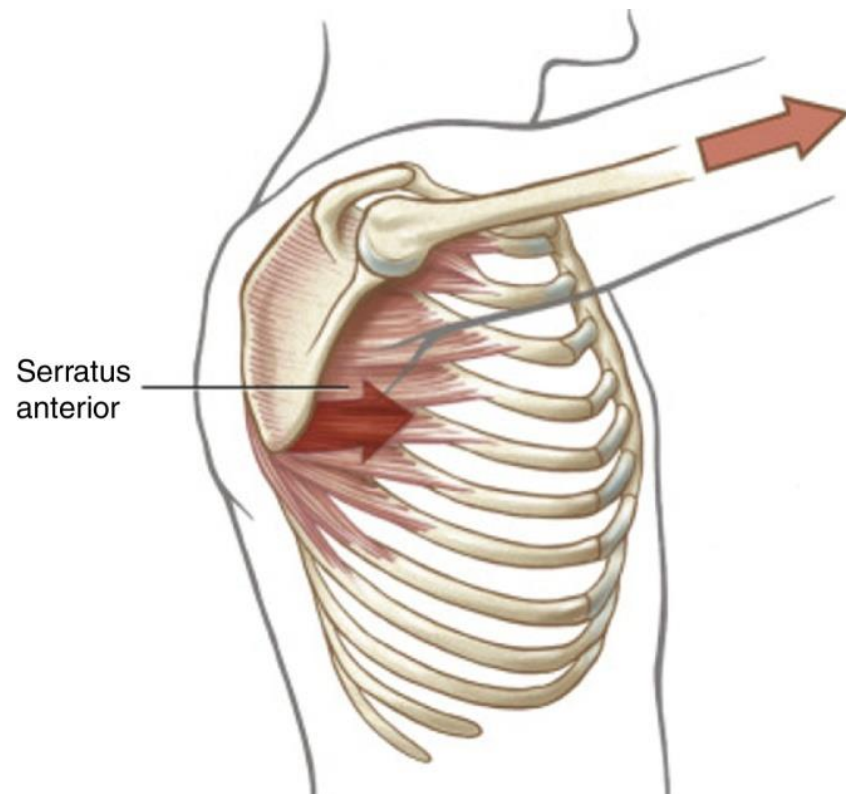
上肢/体幹連動した筋活動：脳卒中患者

- 脳卒中患者は、僧帽筋上部線維・三角筋などのOuterMuscleを先行的に同時収縮様に活動させる傾向を示す
- 下制時においても体幹・肩甲帯周囲筋の活動は早期段階でOffsetとなる



前鋸筋と胸郭の関係性

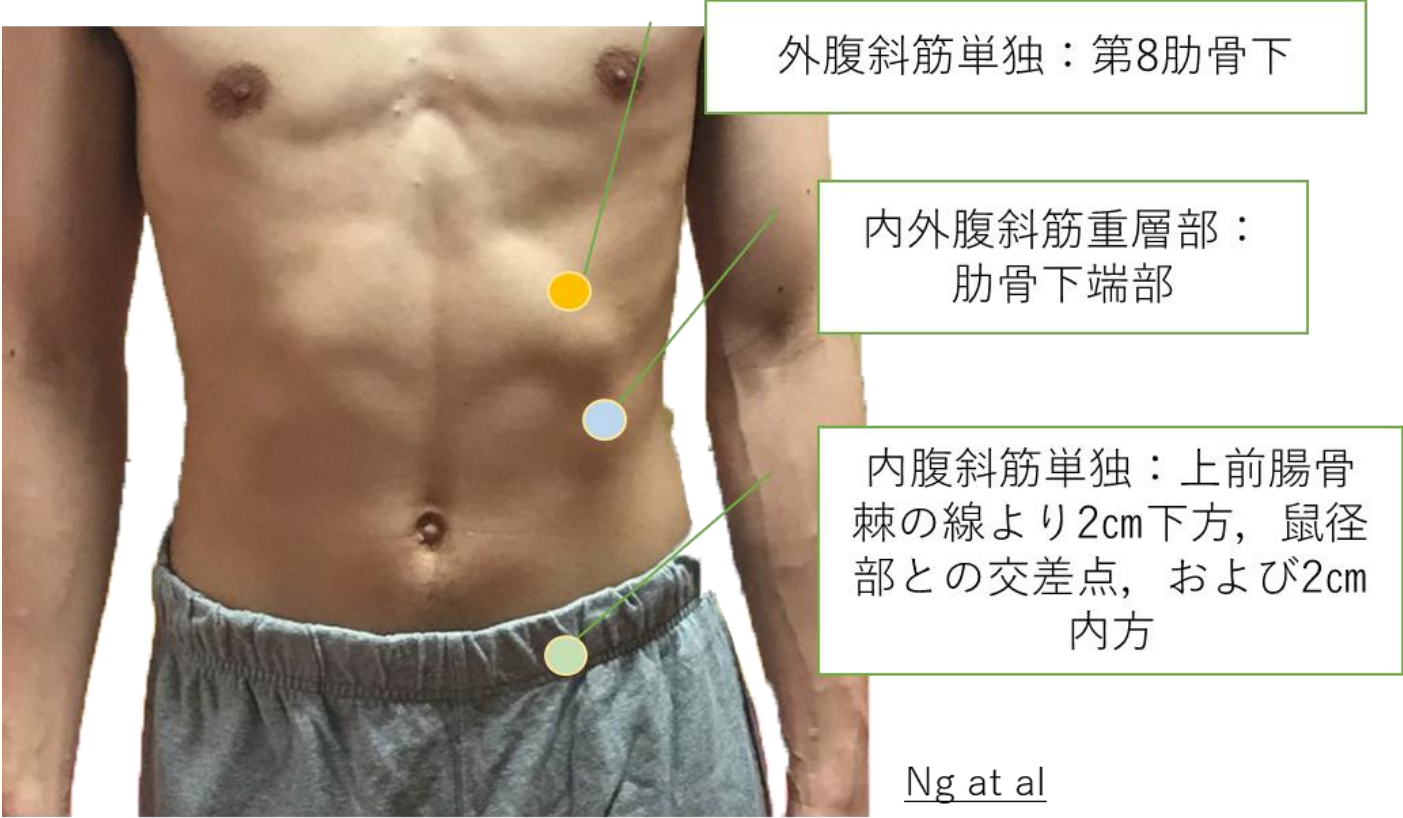
- 胸骨柄の下制は第2肋骨に付着する前鋸筋の影響が強い場合がある。この部位は内側縁に付着する面積が広いと言われている。どちらにしても胸郭の動きは重要になってくる



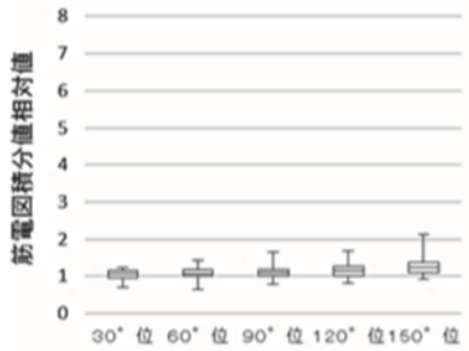
②に付着する前鋸筋は肩甲骨内側縁に広く付着している

上肢/体幹連動した筋活動

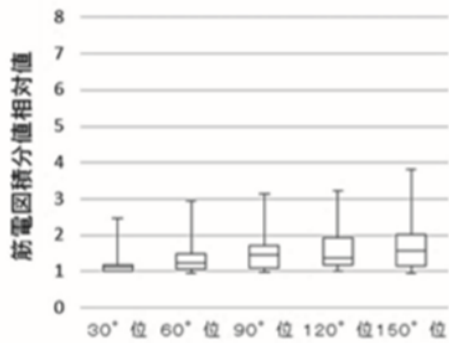
- 挙上側の外腹斜筋は上肢の挙上角度が増加するにつれて活動も高まる
- 非挙上側の内外腹斜筋重層部位も90° まで筋活動の増加がみられる



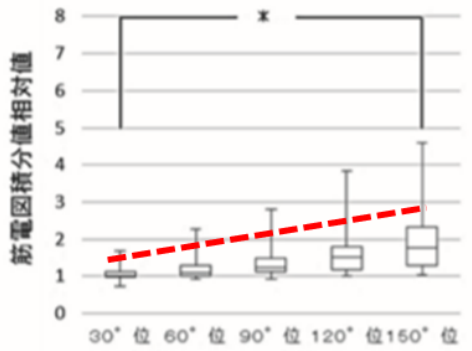
Ng at al



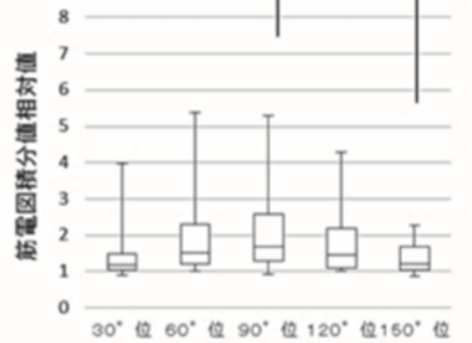
挙上側内腹斜筋



非挙上側外腹斜筋



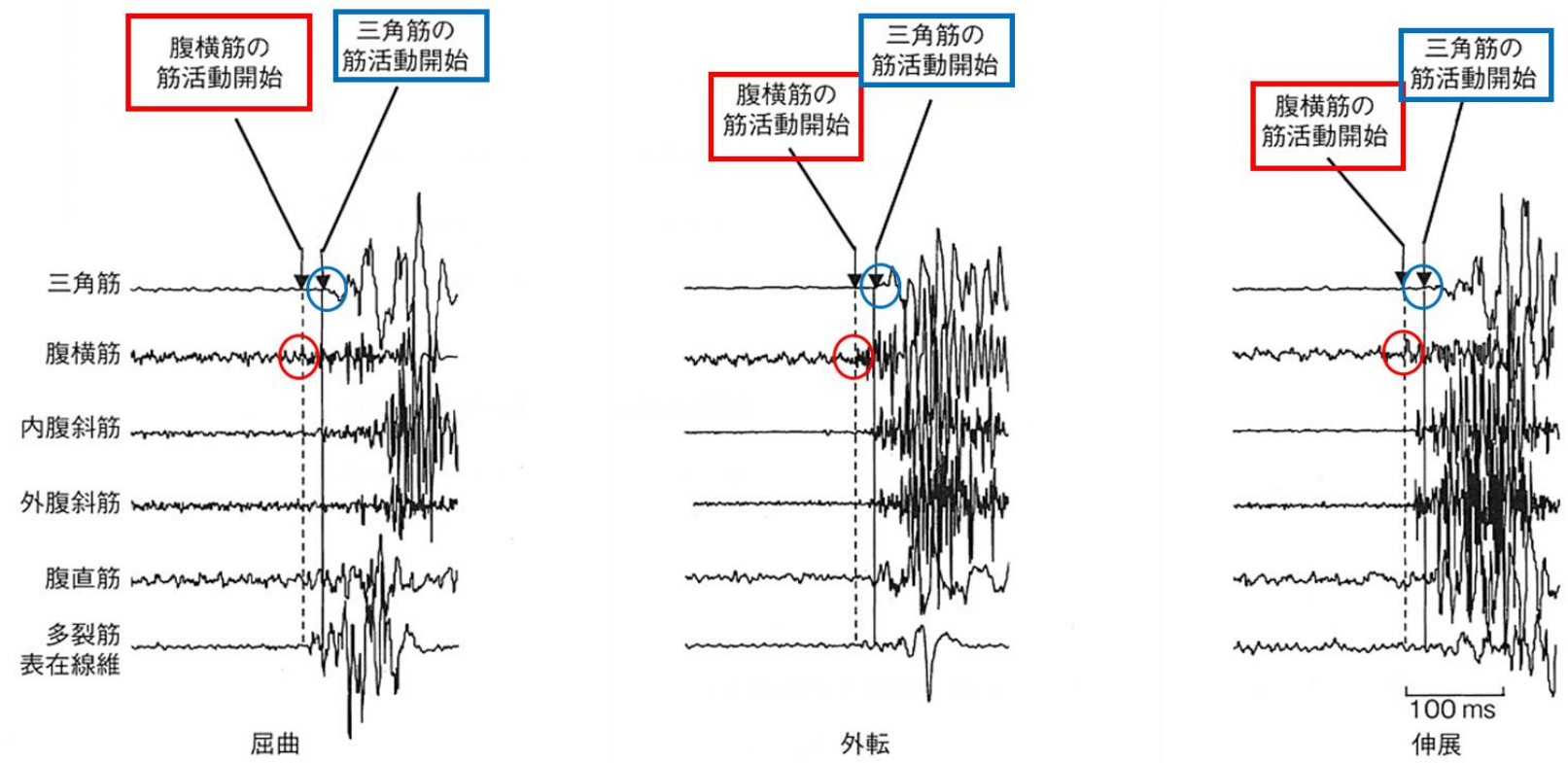
挙上側外腹斜筋



非挙上側内外腹斜筋重層部位

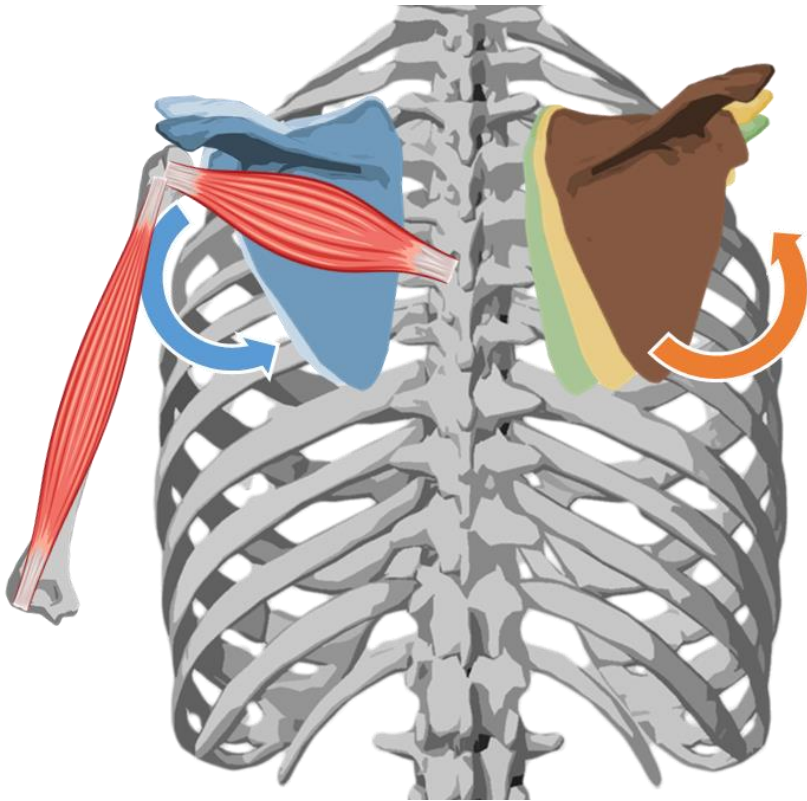
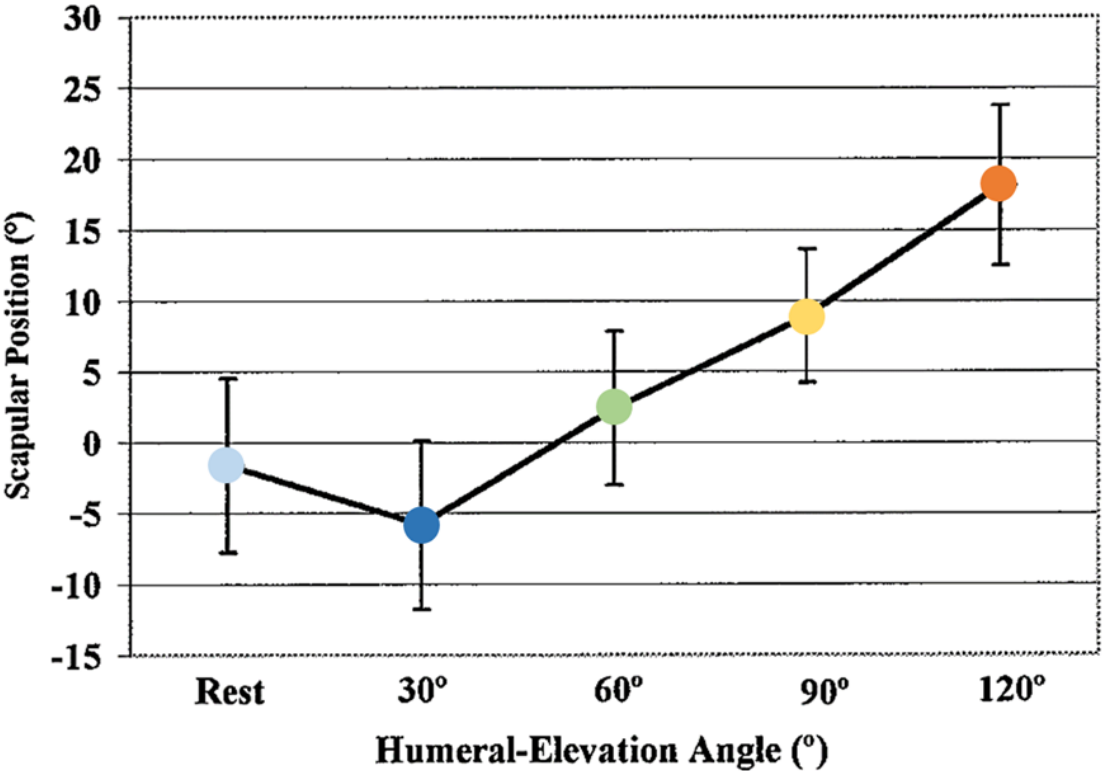
先行した筋活動の動員

- 胸郭上で肩甲骨が安定した上部体幹と下部体幹の動的安定性により，上肢は身体から離れていくことが可能となり，手を自由にリーチすることが可能となる
- 体幹筋は上肢リーチ前より発火し，動的安定性を動作前より確保して機能的な上肢リーチに貢献している



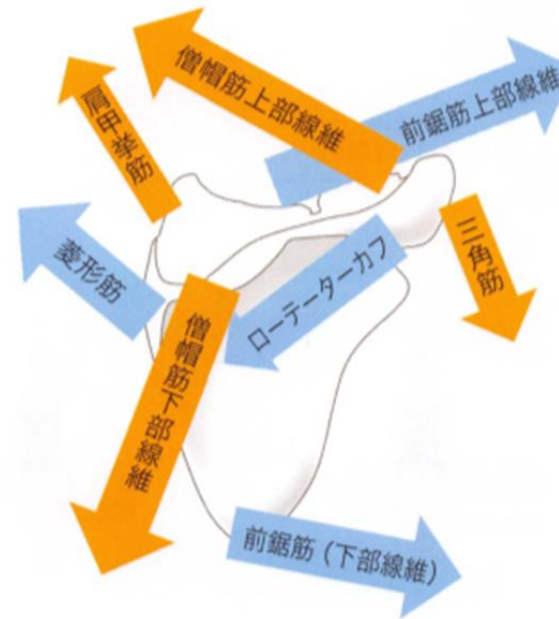
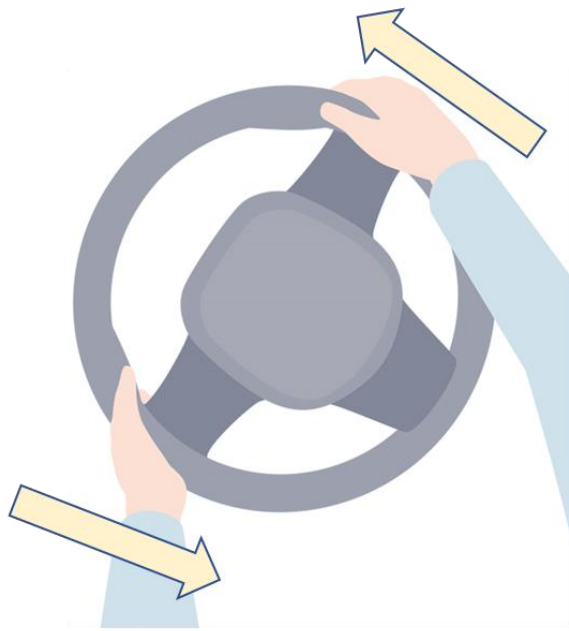
Scapula setting

- 加速期に予測される前方トルクに対応するため、肩甲骨と体幹における筋活動のリンク(伸筋群)を構築する
- 適切な肩甲骨安定は肩甲骨内転/下制/後傾, 上腕外旋/伸展を筋活動のリンク(伸筋群)で引き出し(≡Inertia)後の加速期における三角筋との協調した筋活動による動作遂行を可能にする



フォースカップル

- 肩甲骨は肋骨の周囲を滑る非常に可動性のある構造で、肩甲骨の正常な機能は上肢の最適な機能に必須となる
- 基本的な役割は、上肢の運動の基盤となる安定性を担い、特に肩甲上腕関節の動的安定性を高め、筋の最適な動員パターンを導く役割を担う
- 脳卒中患者の場合、痙縮や麻痺の影響により、フォースカップルの機能が低下しやすい



Scapula 3次元の動き

- 肩甲骨の動きを2次元でとらえていることが多いが、内旋・外旋のコンポーネントを忘れてはいけない
- ハンドリングも3次元的な動きをとらえていかないと不快刺激となってしまうかもしれない

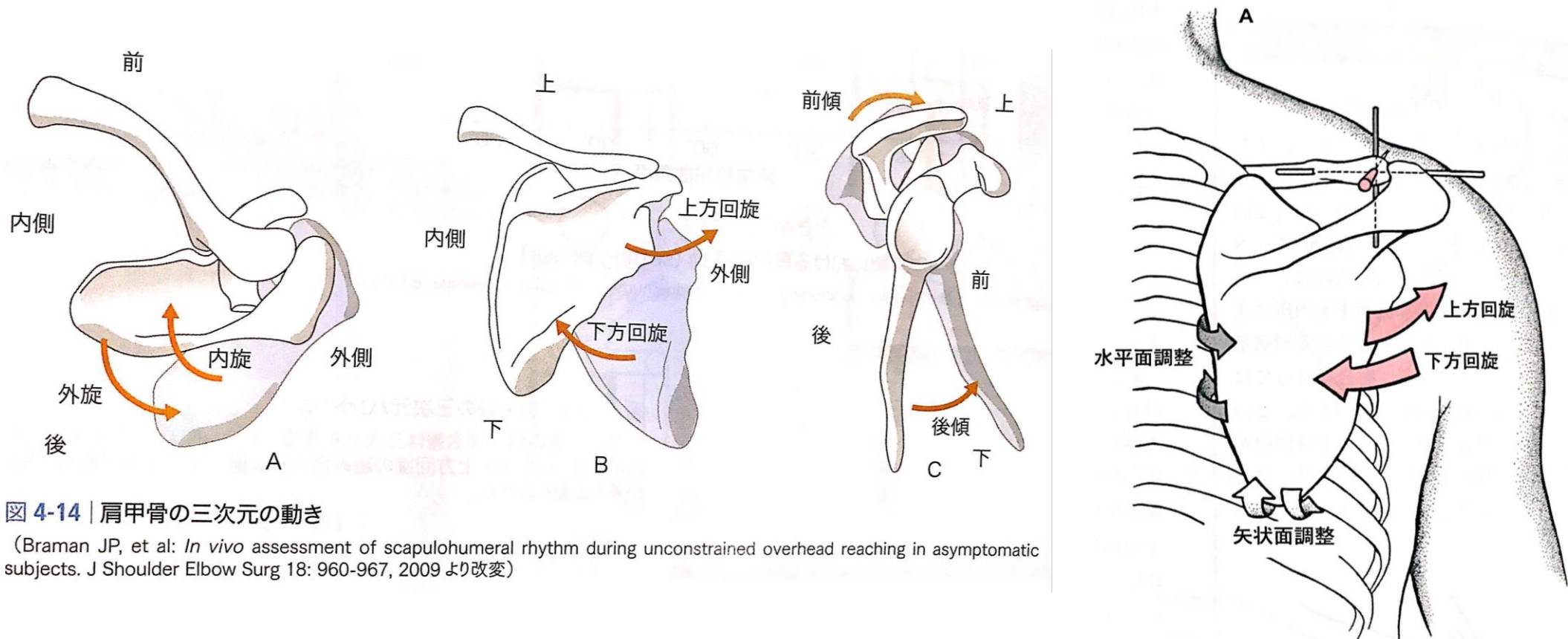


図 4-14 | 肩甲骨の三次元の動き

(Braman JP, et al: *In vivo* assessment of scapulohumeral rhythm during unconstrained overhead reaching in asymptomatic subjects. J Shoulder Elbow Surg 18: 960-967, 2009 より改変)

鎖骨と肩甲骨

- 挙上で約45°，下制で約10° の最大運動範囲が報告されている
- 鎖骨の動きは肩甲骨の動きと関連している
- 肩関節を屈曲または外転させた際に鎖骨は約40～50° 後方へ回旋する

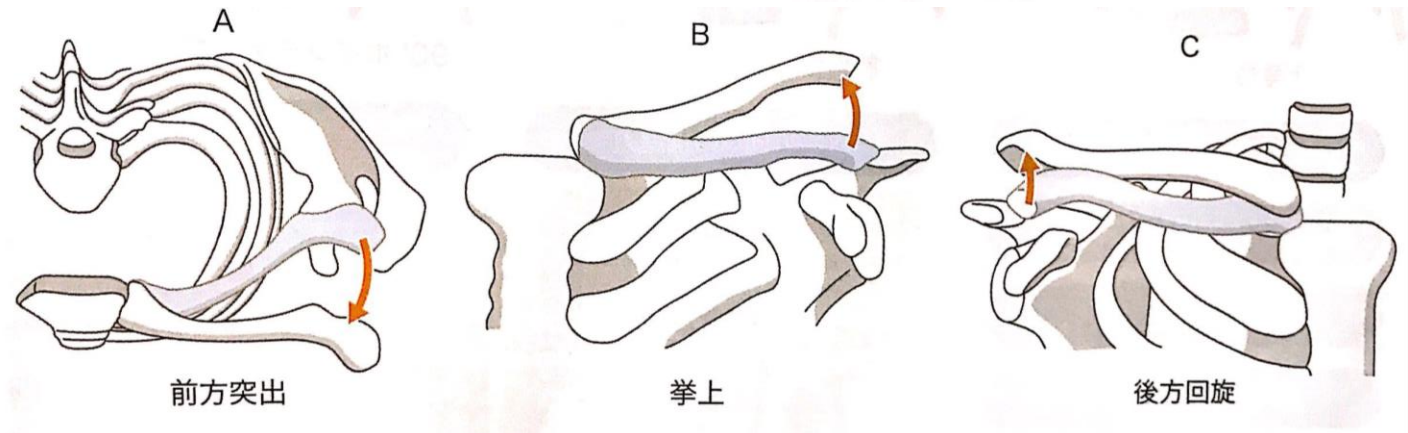
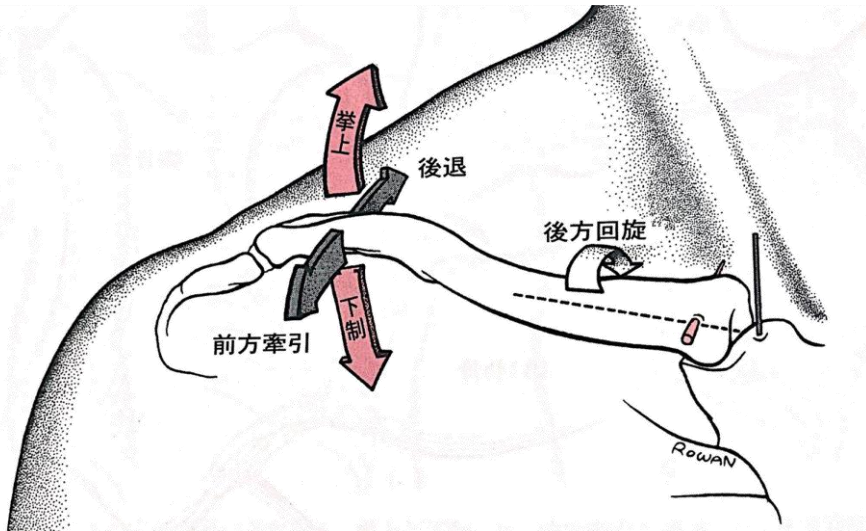
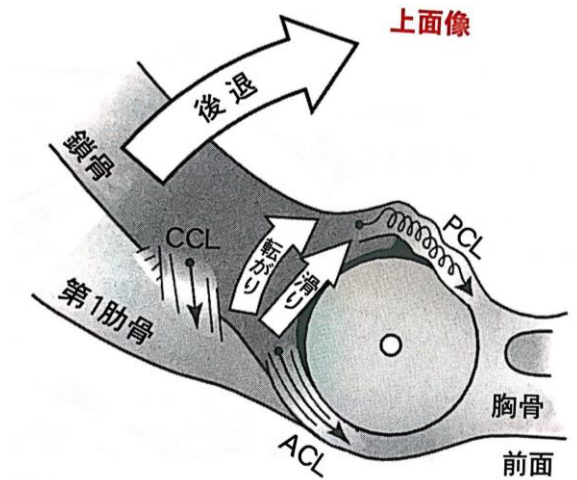


図 3-28 | 鎖骨の三次元イメージ

(Ludewig PM, et al: Motion of the shoulder complex during multiplanar humeral elevation. J Bone Joint Surg Am 91: 378-389, 2009 より)

scapular plane

- 関節包の前・後・上・下は， scapular plane上， 肩甲上腕関節角度20～30° で， 内・外旋中間位において全関節包の緊張が釣り合うと言われている
- 上腕骨の挙上に際して肩甲骨の上方回旋が起きるので， 関節包への操作を行う場合にはscapular plane上45° 外転位が関節包の緊張が釣り合う肢位となる

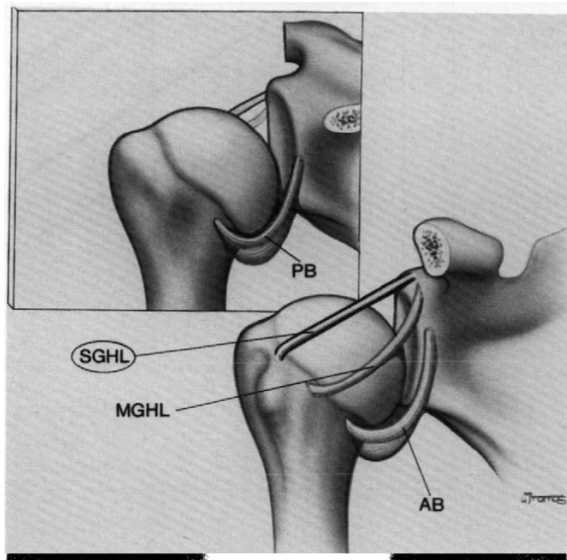


Figure 11. Functional anatomy in the adducted shoulder in neutral rotation. The superior glenohumeral ligament (SGHL) is the primary capsuloligamentous restraint. The middle glenohumeral ligament (MGHL) and anterior (AB) and posterior (PB) bands of the inferior glenohumeral ligament complex remain lax. The coracohumeral ligament is not shown.

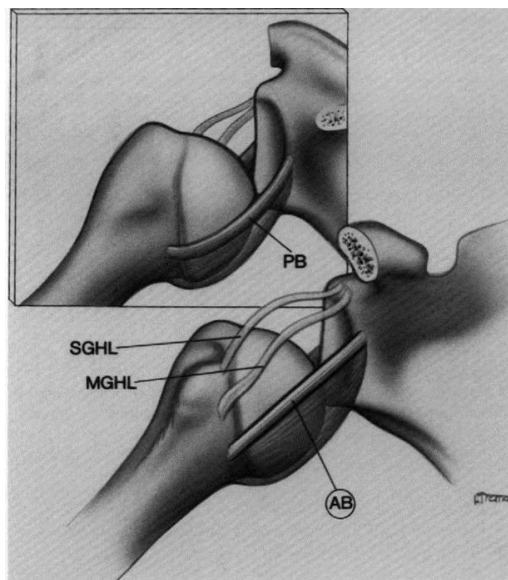


Figure 12. Functional anatomy in the 45° abducted shoulder in neutral rotation. The anterior band (AB) is the primary restraint resisting inferior translation. Superior glenohumeral ligament (SGHL) and middle glenohumeral ligament (MGHL) are lax. PB, posterior band.

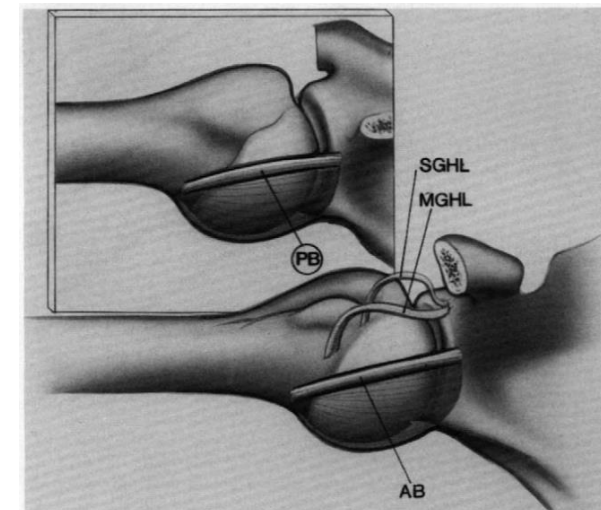
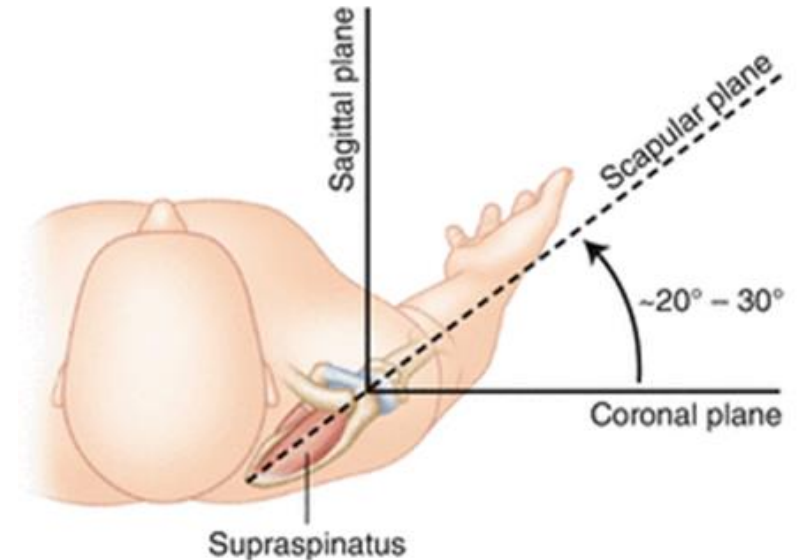
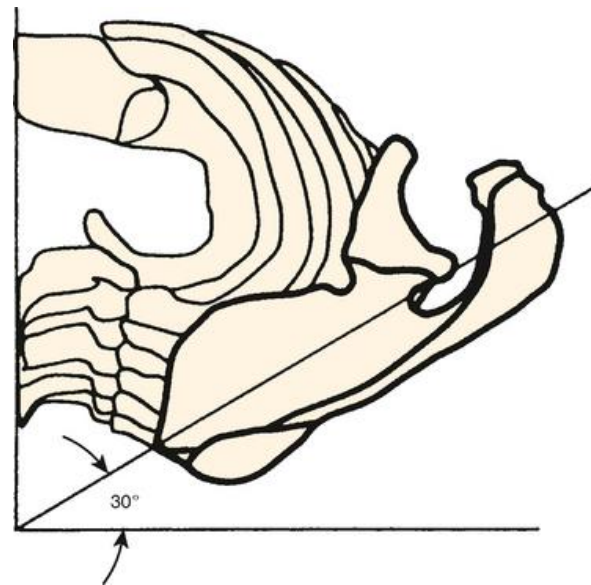
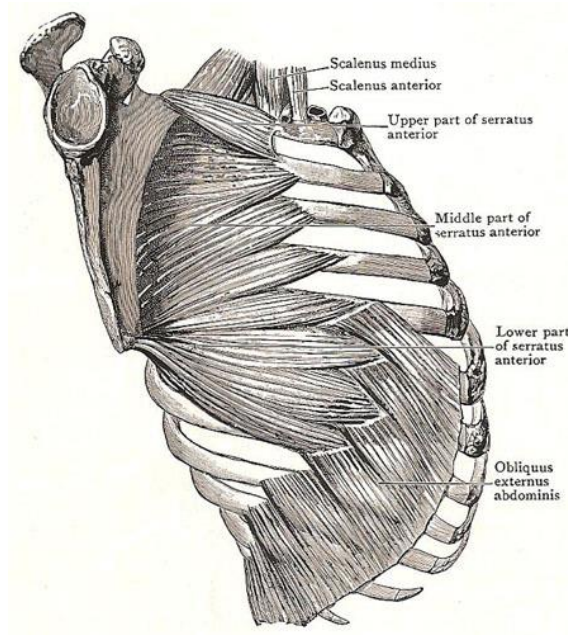


Figure 13. Functional anatomy in the 90° abducted shoulder in neutral rotation. The entire inferior glenohumeral ligament (AB + PB) cradles the humeral head preventing inferior translation, although the posterior band (PB) appears to be most important. SGHL, superior glenohumeral ligament; MGHL, middle glenohumeral ligament.

肩甲骨と上腕骨の位置関係

- 水平屈曲60° より水平屈曲角度が減少すると、三角筋中部および後部線維が上腕骨頭を関節窩に押し付ける作用にて肩甲上腕関節の安定化に参与する
- 水平屈曲60.9° 位にて肩甲骨面と上腕骨長軸が一致（scapula plane）し、肩関節屈曲90° では肩甲骨の角度は60° となる
- 下垂位での肩甲骨セットポジションと挙上中の外転、上方回旋の動きが重要となる



Observations of the Function of the Shoulder Joint. Clinical Orthopaedics and Related Research: September 1996 - Volume 330 - Issue - p 3-12

高濱 照・他：肩の自由挙上と肩甲骨面との関係，理学療法学 30 (Suppl): 157, 2003.

肩関節水平屈曲と大胸筋

□大胸筋は3つのパートに分かれる

Clavicular part/sternocostal part/abdominal part

□Clavicular part

肩関節屈曲0° -115° まで活動が増加し(三角筋前部線維と共に), 170° で下垂位と同程度の活動となる(120° 以降は三角筋前・中・後の活動が増大). 水平屈曲では70° 位以降で有意な増加が認められる

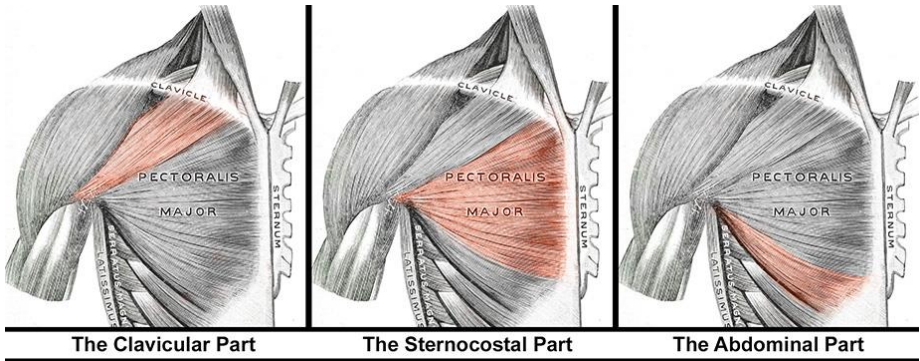
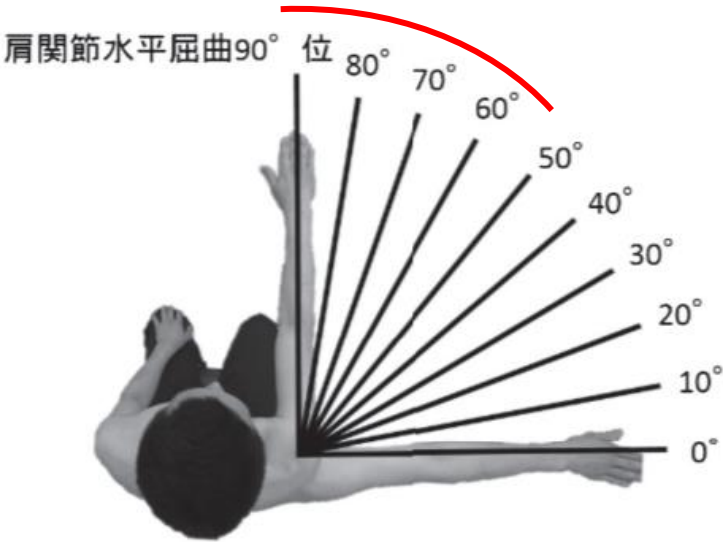


表 1 大胸筋鎖骨部線維の筋電図積分値相対値変化

肩関節水平屈曲角度 (単位: °)	筋電図積分値相対値
0	0.79 (0.67-1.02)
10	0.8 (0.67-0.95)
20	0.7 (0.6-0.97)
30	0.83 (0.7-1.06)
40	0.83 (0.7-1.1)
50	0.87 (0.74-1.04)
60	1.85 (1.43-2.15)
70	2.42 (2.19-2.67) *
80	3.62 (1.88-4.59) **
90	3.35 (2.62-5.14) **

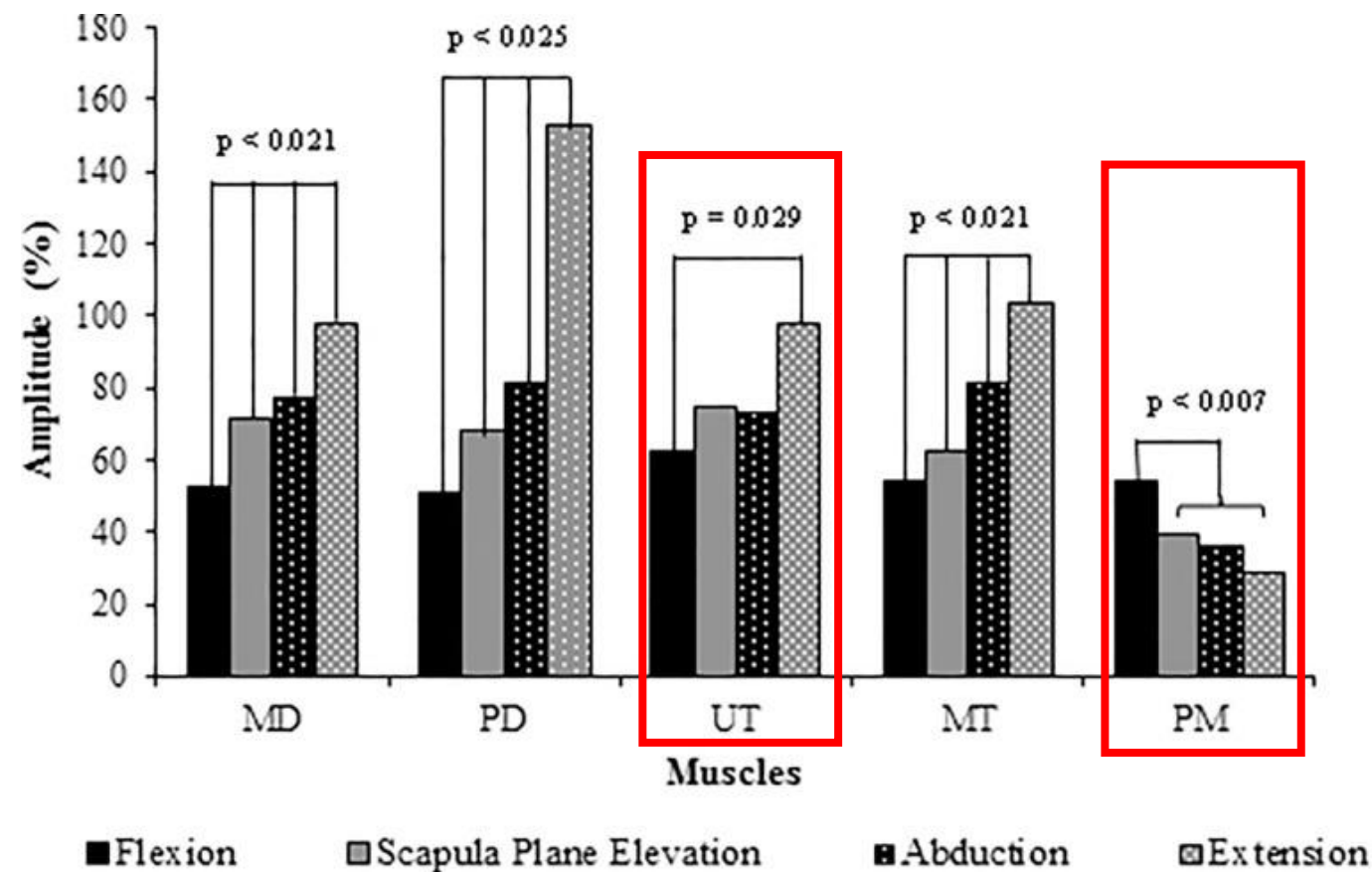
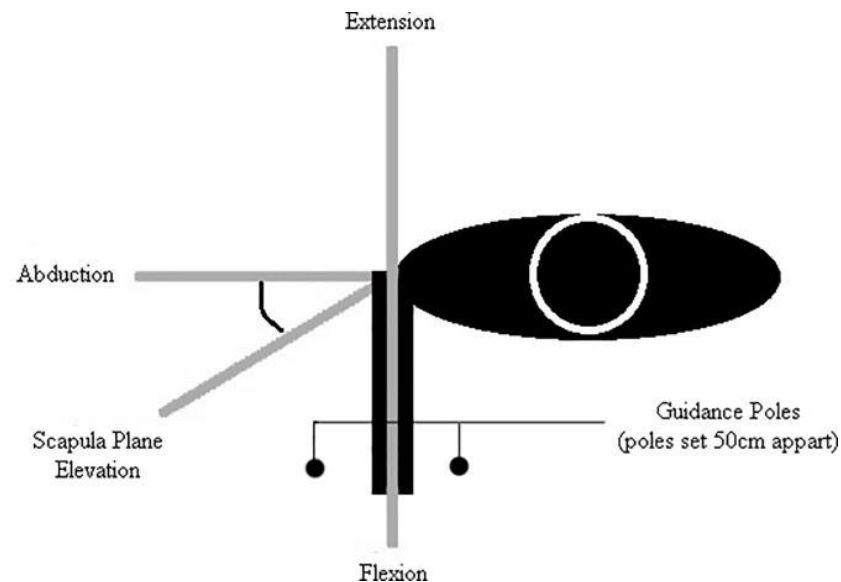
表 2 大胸筋胸骨部線維の筋電図積分値相対値変化

肩関節水平屈曲角度 (単位: °)	筋電図積分値相対値
0	0.85 (0.82-0.92)
10	0.85 (0.8-0.91)
20	0.85 (0.77-0.88)
30	0.88 (0.79-0.94)
40	0.8 (0.75-0.94)
50	0.81 (0.75-0.95)
60	0.82 (0.75-0.98)
70	0.77 (0.76-0.83)
80	0.79 (0.76-0.82)
90	0.79 (0.76-0.81)

肩関節の筋活動

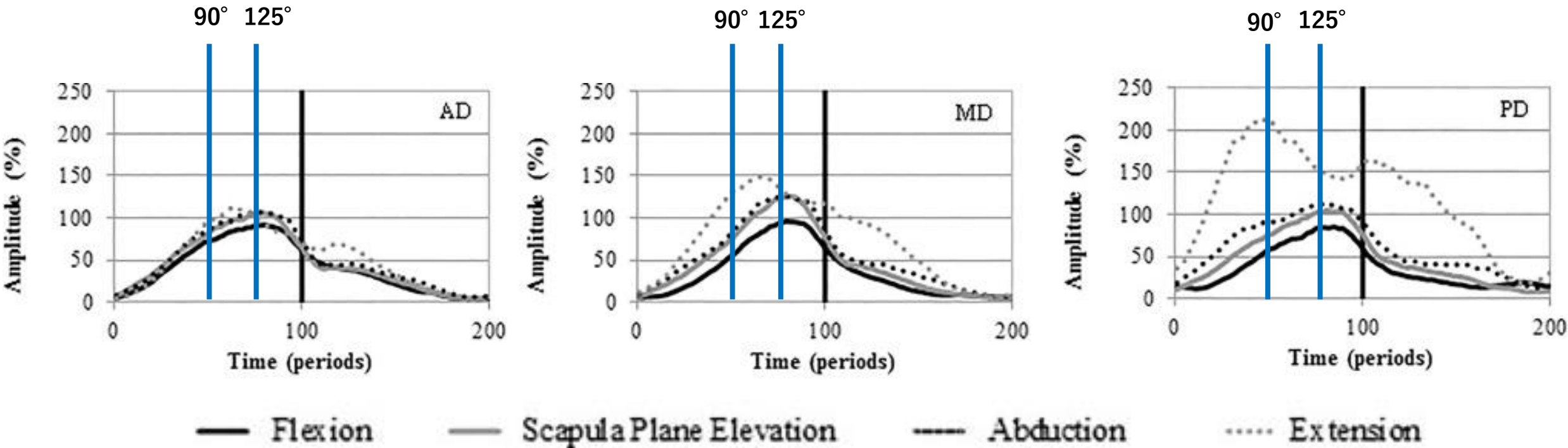
□UTは屈曲時よりも伸展時に有意に活動的

□PMは肩関節屈曲時に有意に活動的



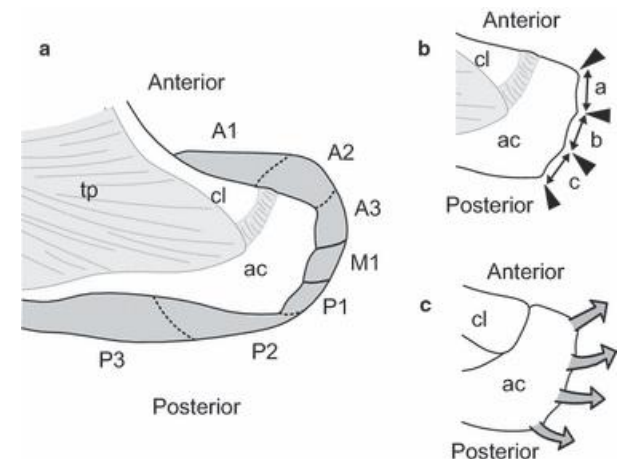
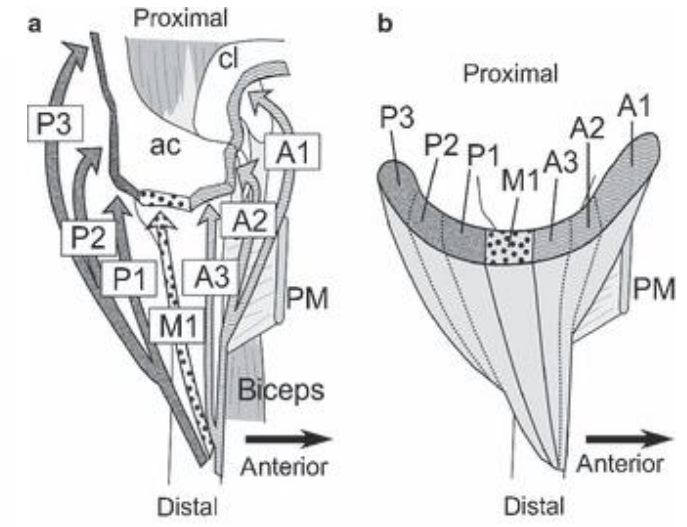
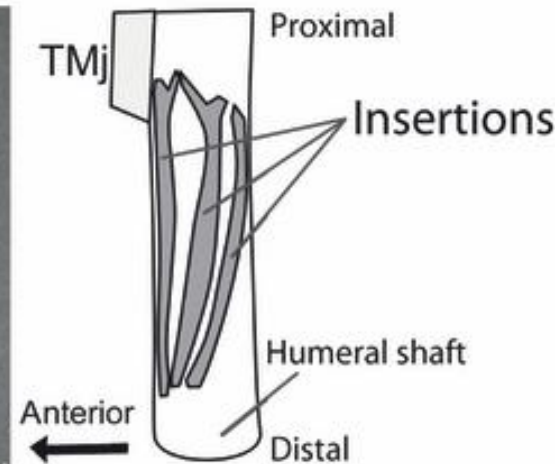
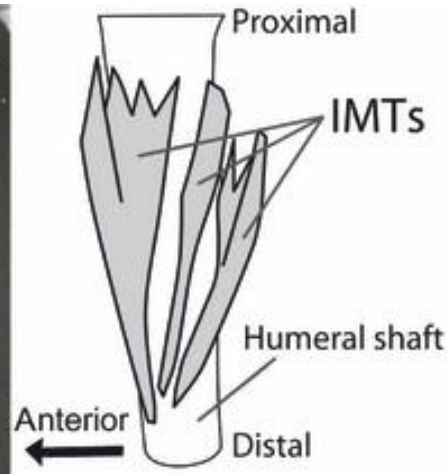
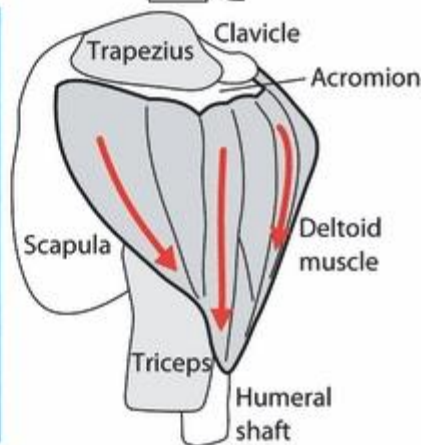
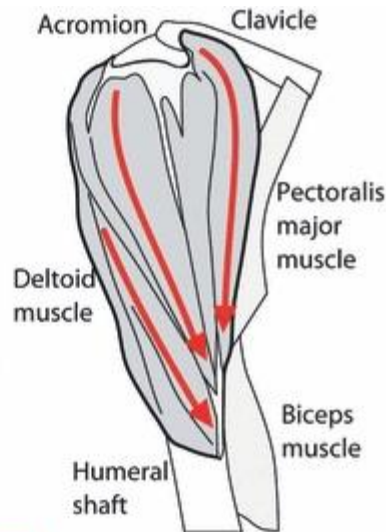
三角筋と大胸筋の関係性

- 三角筋前部線維は肩関節屈曲30° で筋活動が増え120° まで大胸筋鎖骨部と共に筋活動が増加する
- 肩関節屈曲120° 以降は三角筋前部 + 中部 + 後部の活動が増え，上腕骨頭と肩甲骨関節窩を求心的に引き付ける作用がある．反対に大胸筋鎖骨部の筋活動は減弱する



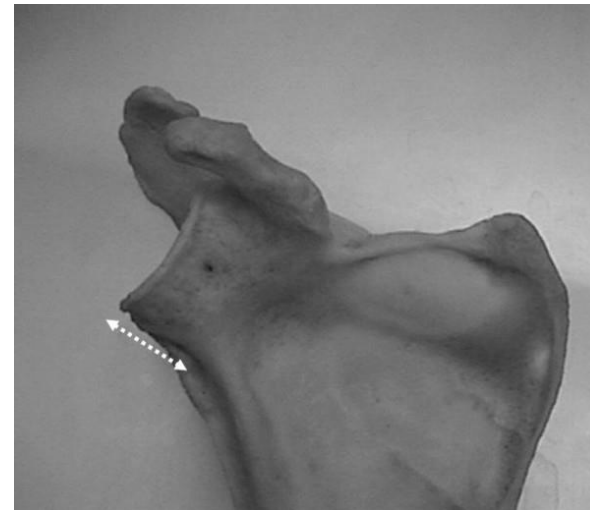
Tadato Kido et al. Dynamic stabilizing function of the deltoid muscle in shoulders with anterior instability. Am J Sports Med. May-Jun 2003;31(3):399-403.
David H. Hawkes. Patterns of muscle coordination during dynamic glenohumeral joint elevation: An EMG study. PLoS One. 2019; 14(2): e0211800. Published online 2019 Feb 8.

三角筋線維のセグメント



肩甲上腕関節の安定

- 上肢の挙上には前鋸筋、僧帽筋下部線維、菱形筋の協調的活動が重要となる
- 肩関節の不安定性は、棘上筋・上部関節包の緊張で補強されており、これらを担保するには肩甲骨のアライメントが重要
- 僧帽筋下部線維が機能不全に陥ると、肩甲骨が下方回旋となり、棘上筋・上部関節包が弛んだアライメントとなる。この状態が亜脱臼の原因となり、代償的な収縮を導いてしまう。棘上筋や上部関節包の代償として上腕二頭筋長頭が挙げられる。上腕二頭筋長頭は、上腕骨を上方へ牽引する機能がある
- 肩甲骨の関節窩には個人差があることも前提に考えておく必要がある

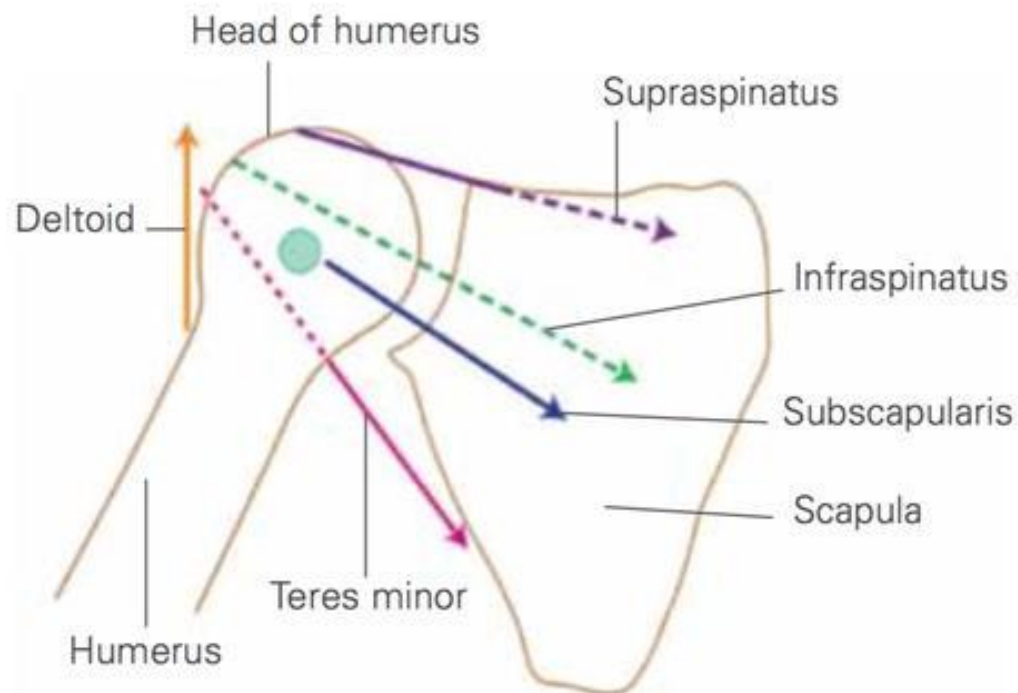


肩甲上腕関節の安定



肩関節の安定

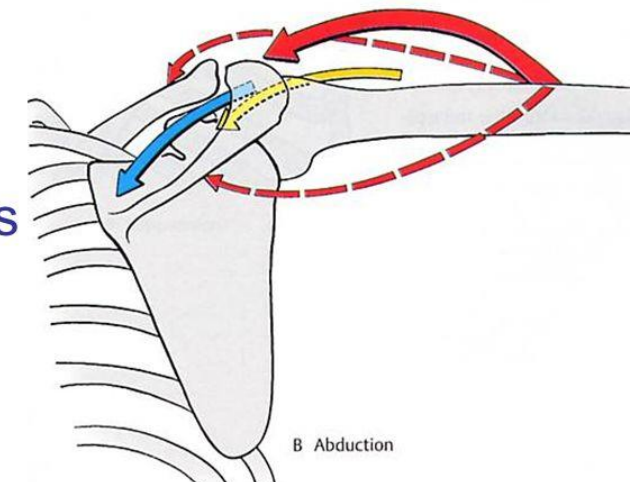
- 上腕骨頭：肩甲骨関節窩 = 3 : 1 のため肩関節は非常に不安定
- 三角筋は上腕骨を引き上げ、棘上筋が関節窩に引き付け上方偏位を防ぐ(90° まで)
- 肩関節屈曲90° 以上では上腕骨引き下げの作用を棘下筋が担う



B. Abduction

strongest to weakest: red, blue, yellow, orange, green, brown

1. **Deltoid**
2. **Supraspinatus**
3. (long head) **biceps** *



* Trail Guide does NOT list (long head) biceps

上腕三頭筋長頭と肩関節亜脱臼



Fig. 3. Electrical stimulation to posterior deltoid and supraspinatus muscles.



Fig. 4. Electrical stimulation to long head of biceps.

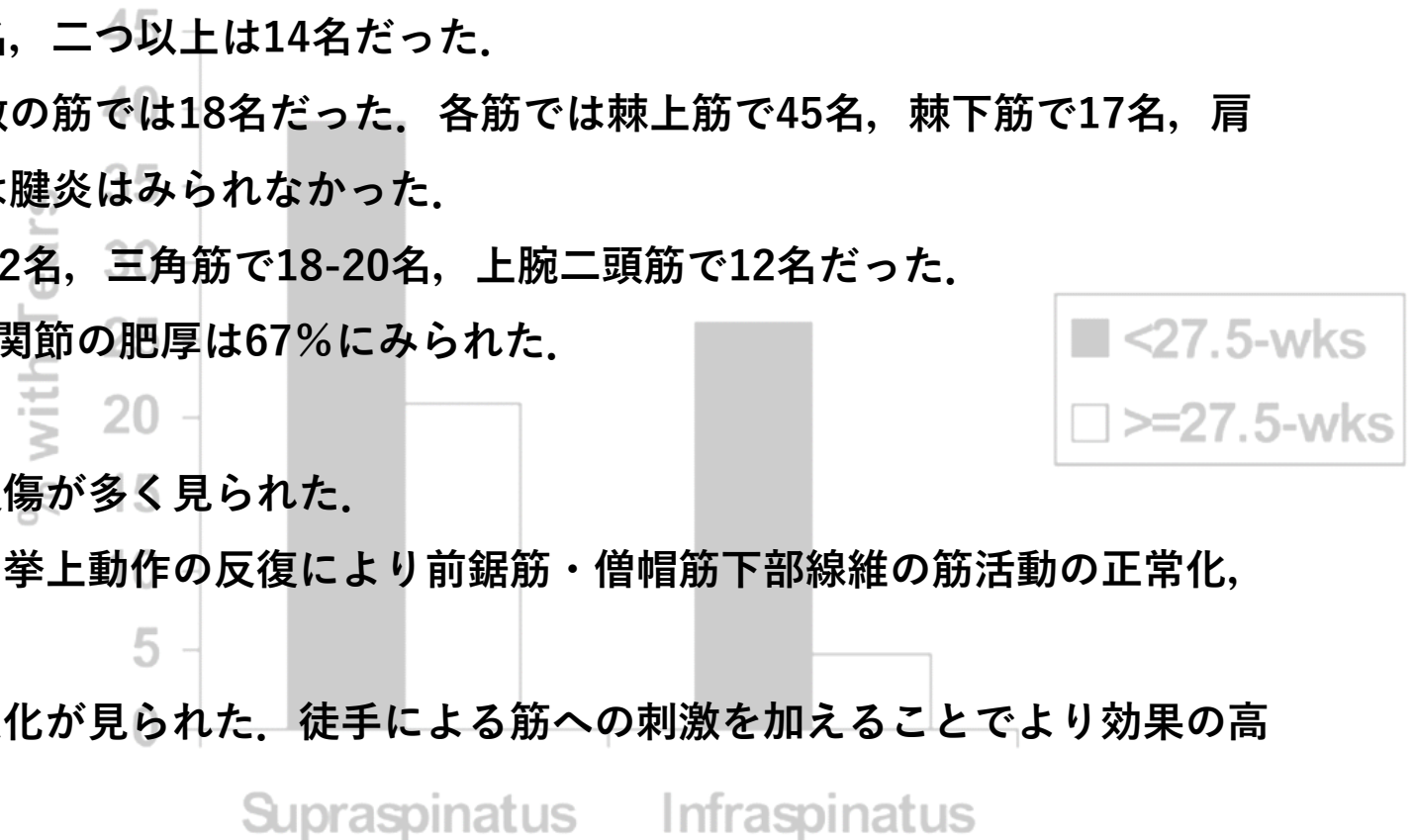
Effect of electrical stimulation to long head of biceps in reducing gleno humeral subluxation after stroke
J Bala Manigandan et al.(2014)より図引用

- 研究目的は、上腕二頭筋長頭への電気刺激が肩関節上腕骨亜脱臼をより効果的に軽減できるかどうかを判断すること。
- 24人の患者を選択し、グループ1（棘上筋および三角筋後部への電気刺激）およびグループII（棘上筋、三角筋後部および上腕二頭筋の長頭への電気刺激）が5週間定期的な理学療法および作業療法とともに継続的に割り当てました。
- 全ての患者は治療5週間後に、肩の亜脱臼、痛み、および肩の外転可動域について評価されました。

●両方の群で改善を示したが、棘上筋および三角筋後部、上腕三頭筋長頭への電気刺激でより肩の亜脱臼を軽減させることが示唆された。

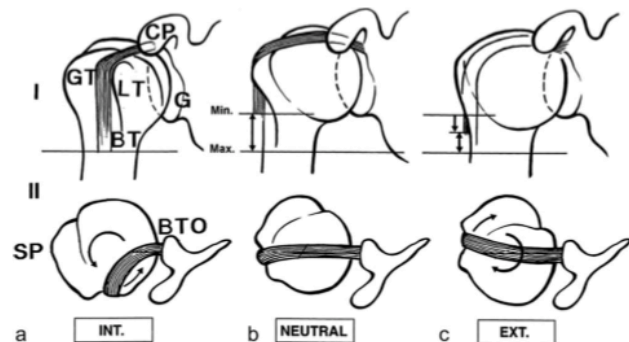
脳卒中者の肩関節痛

- 脳卒中患者で損傷のない腱板筋の割合は、89名中（棘上筋66名、棘下筋76名、小円筋88名、肩甲下筋88名）
- 完全断裂は棘上筋で5名、棘下筋で2名で小円筋、肩甲下筋の損傷はほぼみられなかった。また、二頭筋の断裂は1名でみられた。三角筋の断裂はなかった。
- 少なくとも一つの筋の断裂を示した被験者は31名、二つ以上は14名だった。
- 一つ以上の筋の腱炎を呈していたのは56名、複数の筋では18名だった。各筋では棘上筋で45名、棘下筋で17名、肩甲下筋で9名、上腕二頭筋で6名、その他の筋では腱炎はみられなかった。
- 筋萎縮は棘上筋で20名、棘下筋で18名、小円筋12名、三角筋で18-20名、上腕二頭筋で12名だった。
- 関節唇損傷は9%、肩峰下滑液包炎は26%、肩鎖関節の肥厚は67%にみられた。
- より高齢な患者に棘上筋損傷が多かった。
- 発症から27.5週未満の被験者に棘上筋、棘下筋損傷が多く見られた。
- 肩甲骨の正常なアライメントの学習、そこからの挙上動作の反復により前鋸筋・僧帽筋下部線維の筋活動の正常化、さらに痛みの緩和が図れることが示唆された。
- 自動運動中心の介入で肩甲骨周囲筋の筋活動に変化が見られた。徒手による筋への刺激を加えることでより効果の高い治療が展開できると考えられる



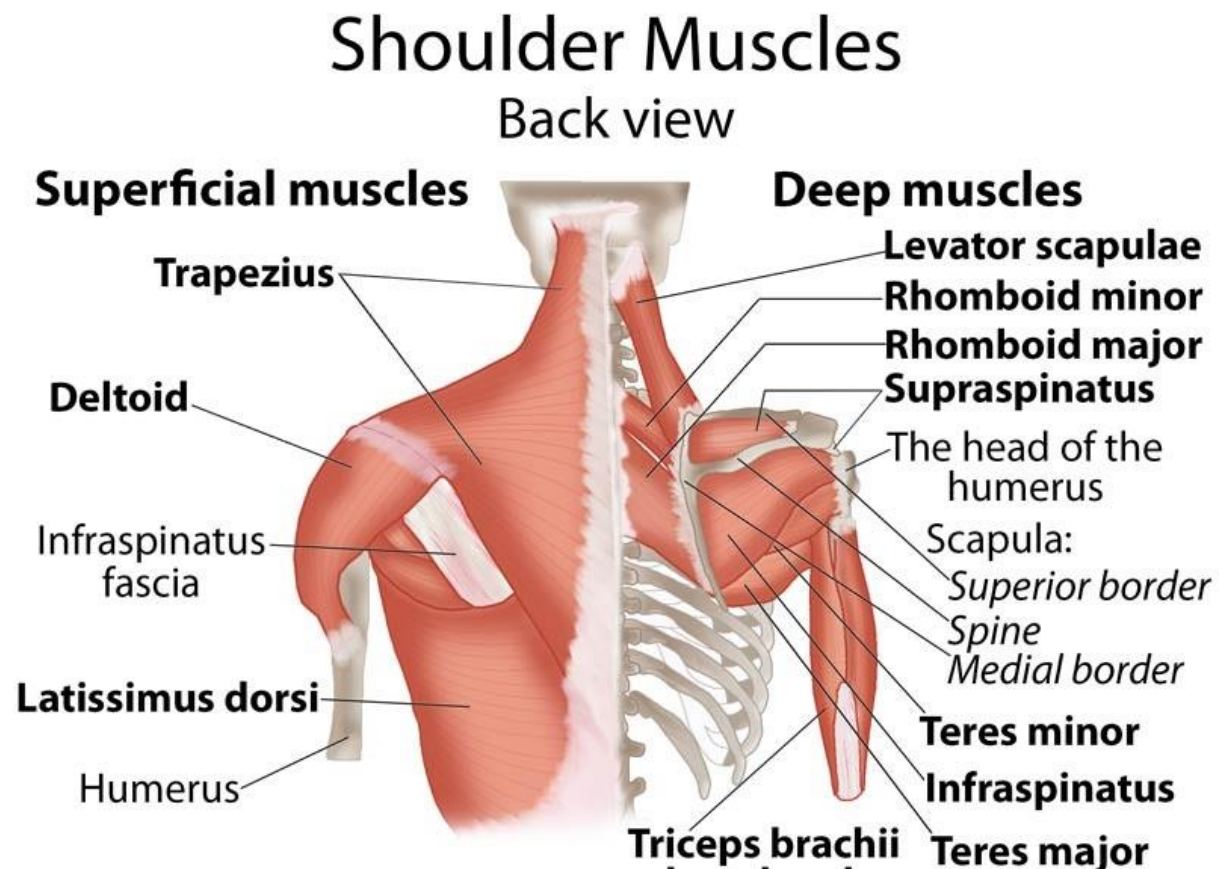
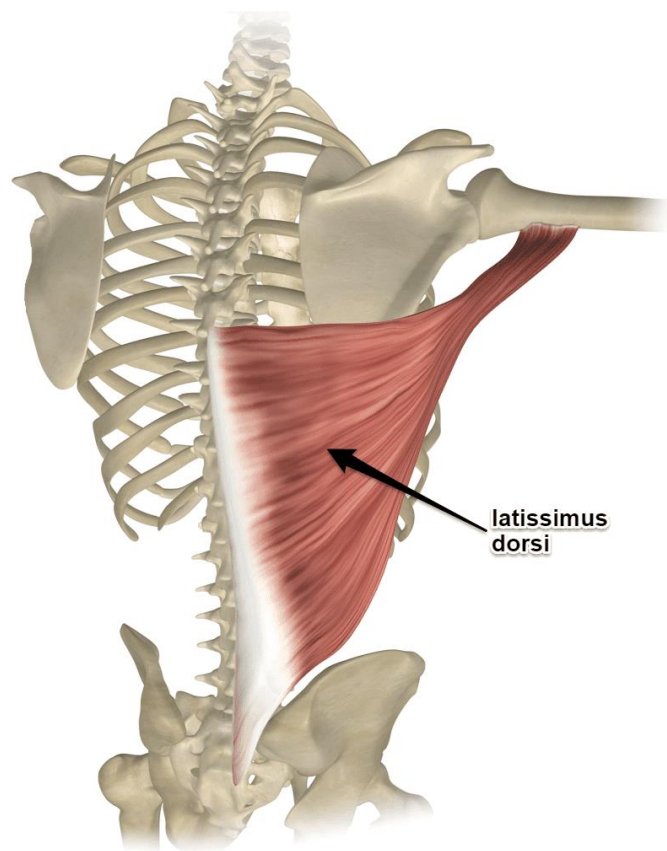
肩関節の安定と上腕二頭筋腱

- 両頭が緊張している間に長頭の腱を切断すると、上腕骨頭が著しく上方に移動したと報告あり
- 上腕二頭筋の長頭腱の重要な機能は強力な肘屈曲，主動作筋による前腕回旋中に関節窩に上腕骨頭を安定させることである
- 肩の外科的処置における上腕二頭筋腱の犠牲は不安定性および機能不全を生じ得ることが報告されている
- Itoiら(1994)， Rodoskyら(1994)は上腕二頭筋腱は，肩甲上腕関節のねじり剛性を増加させ，動的な前方安定要素として機能することを報告している
- 解剖学的位置において上腕二頭筋長頭腱への負荷が内旋に作用し，結果として外旋を制限することを示している
- 上腕骨の回旋に及ぼす上腕二頭筋腱の影響は，肩甲上腕関節の屈曲約45° 以上で変化する．上腕二頭筋腱の結節間溝が肩甲骨面の前方に位置する場合，内旋として作用し，肩甲骨面の後方に位置する場合外旋として作用すると示している



肩関節の安定

□肩関節伸展筋群やローテーターカフ(広背筋・棘下筋・小円筋・大円筋), 大胸筋胸腹部が挙上の妨げになる可能性がある。90°で三角筋がピークとならない要因にこれらが関係していると推測される。



Rotator caff

- 3つの回旋筋腱板（棘上棘，棘下棘および肩甲下筋）の筋はすべて摂動を予期して前・後三角筋よりも前に予備活性化を示した
- 肩甲下筋および棘下筋は，内外旋方向の摂動を受ける際に他の全ての筋の前に活性化された
- rotator cuffは肩の運動時に，先行的に働く必要性がある

脳卒中後肩痛との関連

Table 2
Normalized EMG activity 100 ms post perturbation (expressed as % of MVIC) (N = 17)*.

Condition ^a	Muscle ^b	External rotation perturbation		Internal rotation perturbation	
		Mean	(95% CI)	Mean	(95% CI)
UnExp	Anterior deltoid	3	(0.9 to 4.3)	3	(0.8 to 4.5)
	Posterior deltoid	5	(1.4 to 7.7)	6	(3.1 to 9.4)
	Infraspinatus	3	(2.0 to 4.5)	9	(6.1 to 11.8)
	Subscapularis	10	(5.1 to 15.3)	3	(1.8 to 3.9)
	Supraspinatus	1	(0.8 to 1.9)	2	(0.7 to 2.3)
Exp	Anterior deltoid	4	(2.3 to 5.9)	4	(2.1 to 6.2)
	Posterior deltoid	8	(4.4 to 10.9)	19 ^c	(13.4 to 25.1)
	Infraspinatus	9	(5.3 to 11.8)	28 ^c	(21 to 35.4)
	Subscapularis	37 ^c	(25.5 to 48.1)	8	(5.2 to 11.3)
	Supraspinatus	5	(2.2 to 7.0)	11	(6.3 to 16.4)

UnExp = unexpected, Exp = expected.
 *Loss of data due to displacement of electrodes resulted in incomplete data sets for some participants.
^a Significant difference between conditions for each perturbation direction $P < 0.001$.
^b Significant difference between muscles for each perturbation direction $P < 0.001$.
^c Main muscles opposing movement during rotational perturbations.

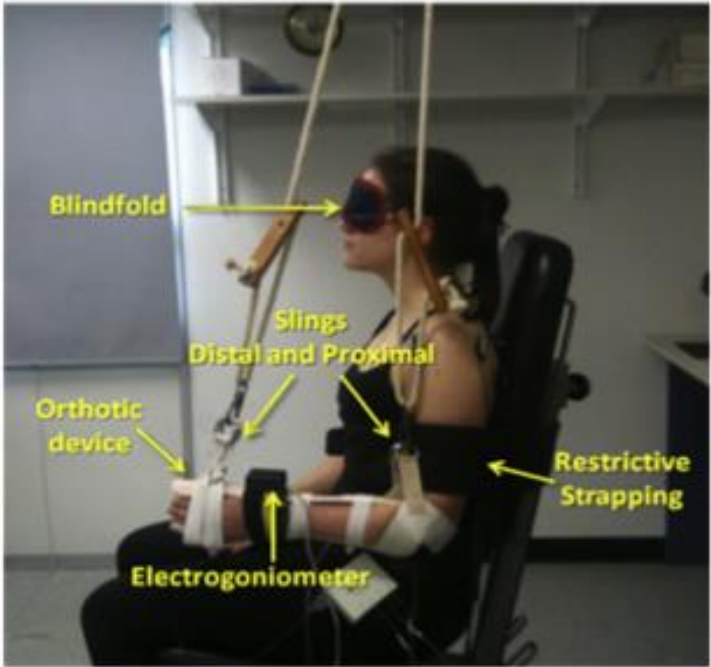
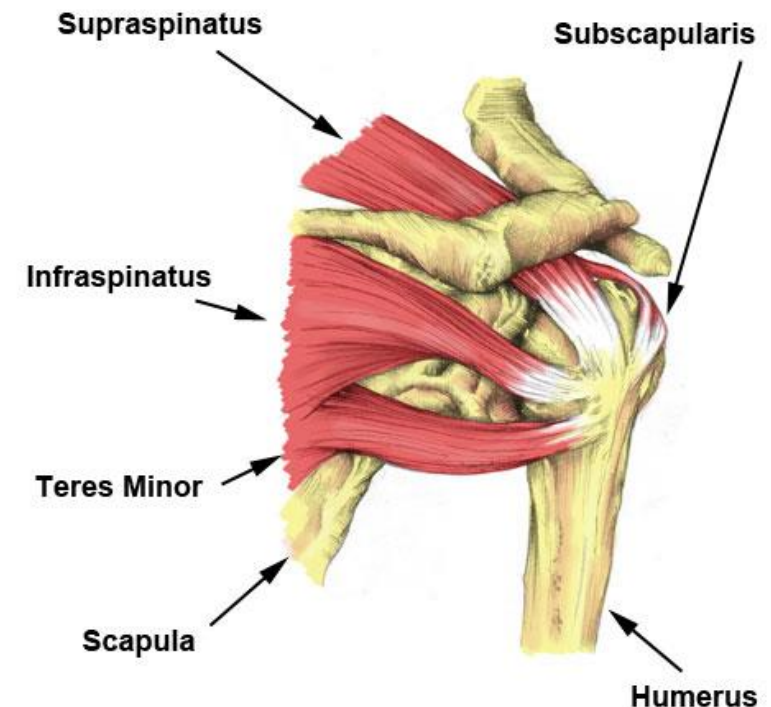
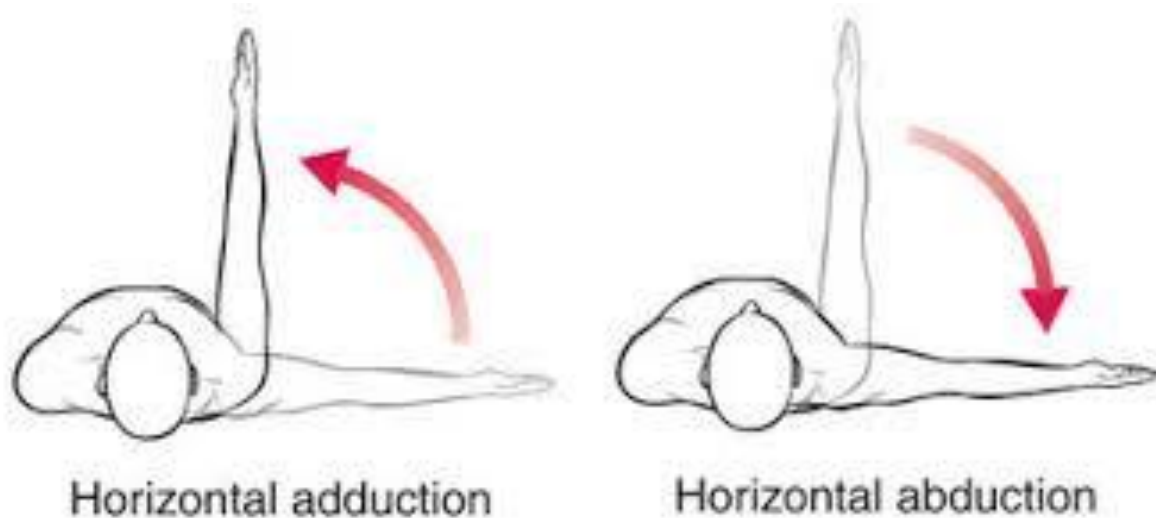


Fig. 1. Subject testing position during unexpected perturbation trials.

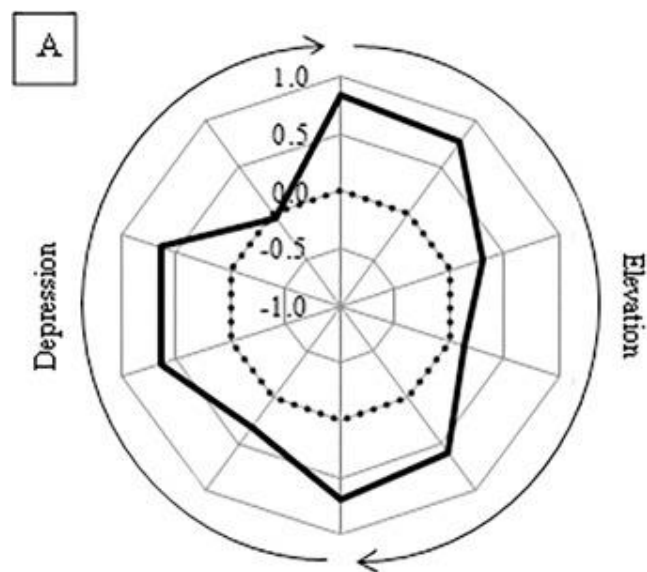
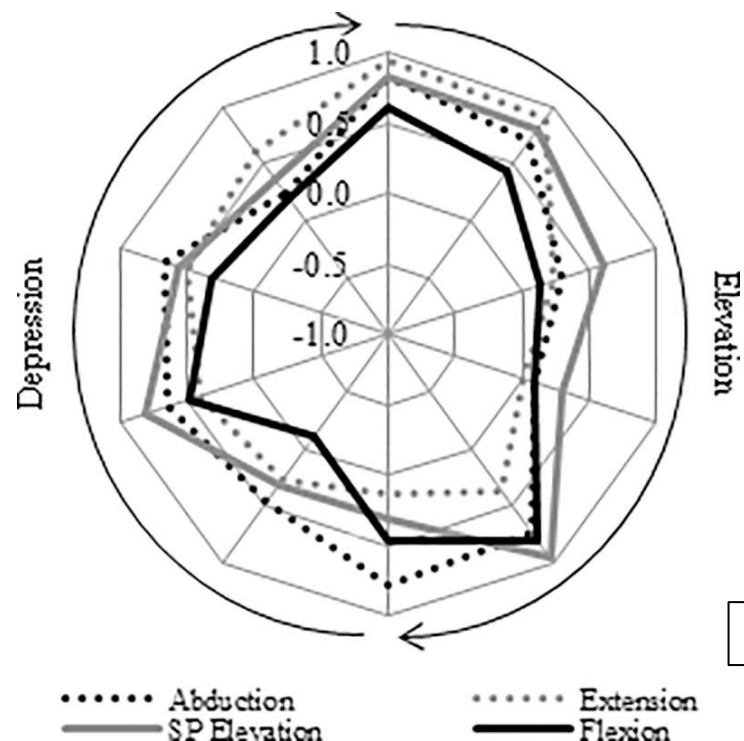
水平内転/外転における棘上・棘下筋

- 肩関節水平内転120° より150° の方が三角筋前部線維に加え大胸筋鎖骨部の筋活動が増加する
- 棘上筋は120° 以降で筋活動が減少
- 棘下筋は120° 以降で筋活動が増加(三角筋と棘上筋で安定させにくくなるため)。大胸筋鎖骨部の収縮で骨頭を引きあげられてしまうのを引き下げる作用もある



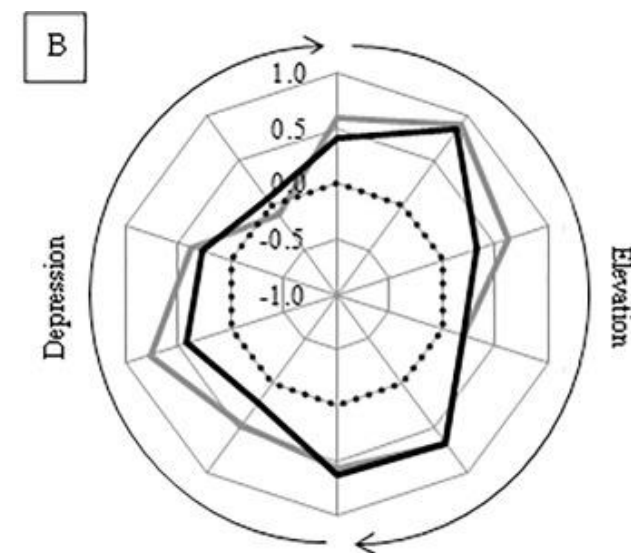
肩関節の協調的な関係

- 三角筋と回旋筋腱板との協調的な動きは重要（肩関節屈曲：mid-rangeと比較し，初動と最終域で相関が高い）．回旋筋腱板の活性化が三角筋の優れた亜脱臼力のバランスをとることで，筋肉が協調して働いている．
- 肩関節屈曲90°付近が他の角度と比べて三角筋/回旋筋腱板との協調性は低くなる



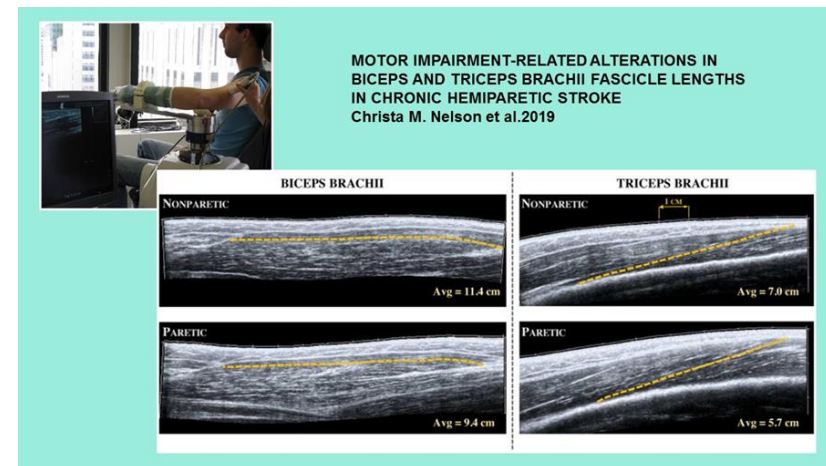
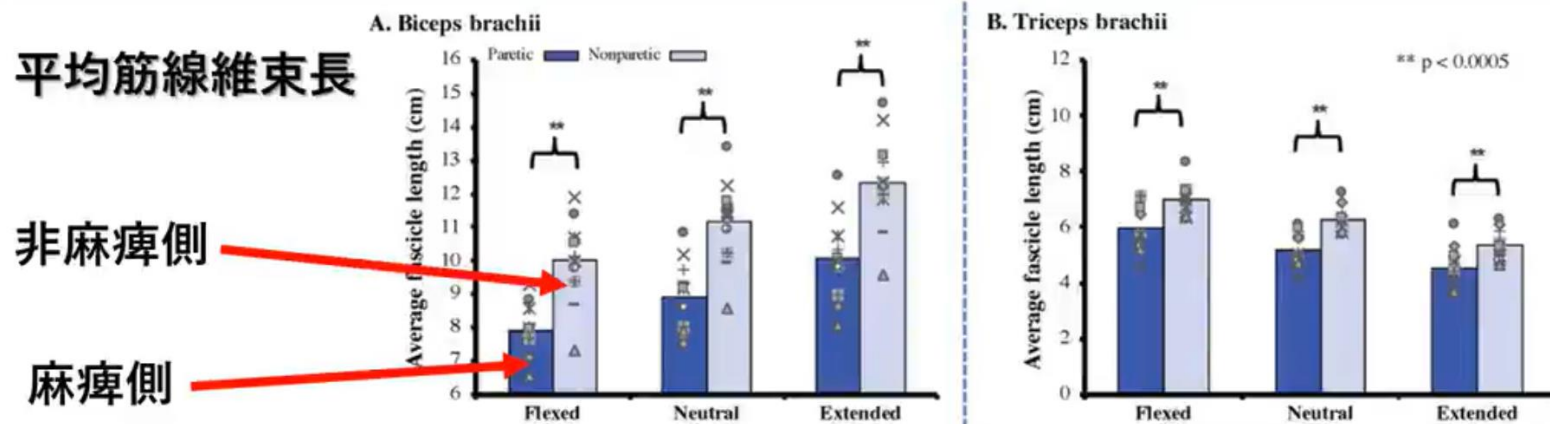
UT/SA筋群(挙上・上方回旋)とMT/LT筋群(下制・下方回旋)の連携

TMと三角筋（黒線），LDと三角筋（灰色線）の連携



上肢麻痺患者の上腕三頭筋・二頭筋の筋線維束長

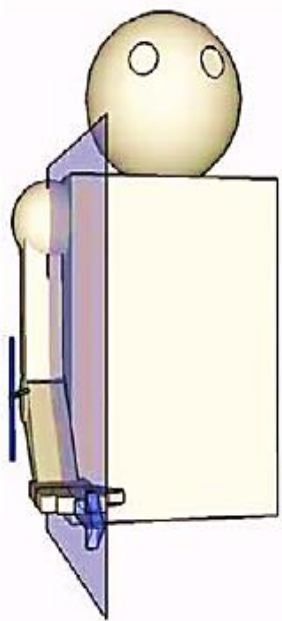
- 中等度から重度上肢麻痺慢性期脳卒中患者において、超音波を利用し、上腕二頭筋（長頭）と上腕三頭筋（外側頭の遠位部分）の筋線維束の長さを測定した。すべての参加者にわたって、受動的条件下で麻痺した四肢の上腕二頭筋と上腕三頭筋の両方で有意に短い筋線維束長が観察されました。
- より重度の障害のある参加者は、すべての肘の位置で上腕三頭筋と比較して、麻痺側上腕二頭筋の線維束の長さの大幅に短縮が観察されました。



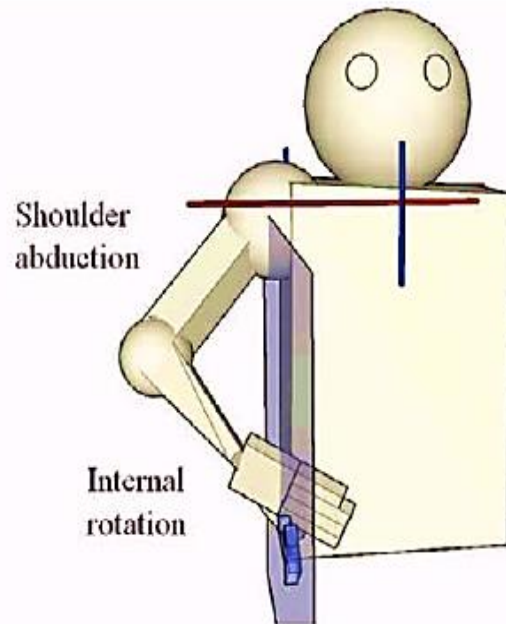
リーチの代償パターン

- 脳卒中患者は、上肢リーチに際して異常な肩関節外転/内旋、前腕回内および体幹の屈曲/回旋を示すことが多い
- セラピーにおいては、上記の代償を防ぎながら機能的上肢リーチの構成要素へと導くことが求められる

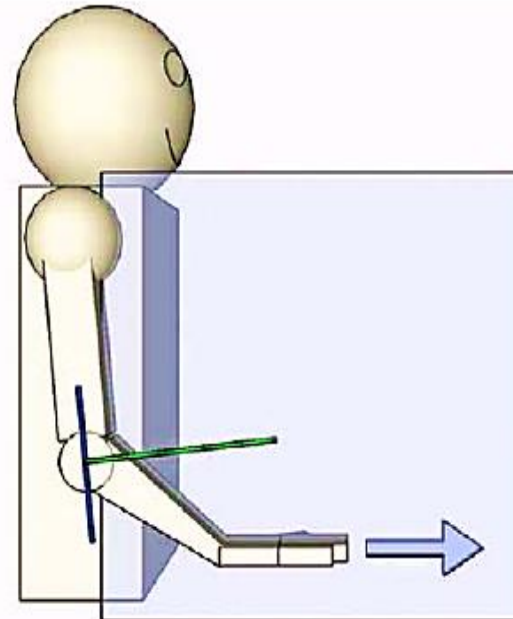
Control
Front



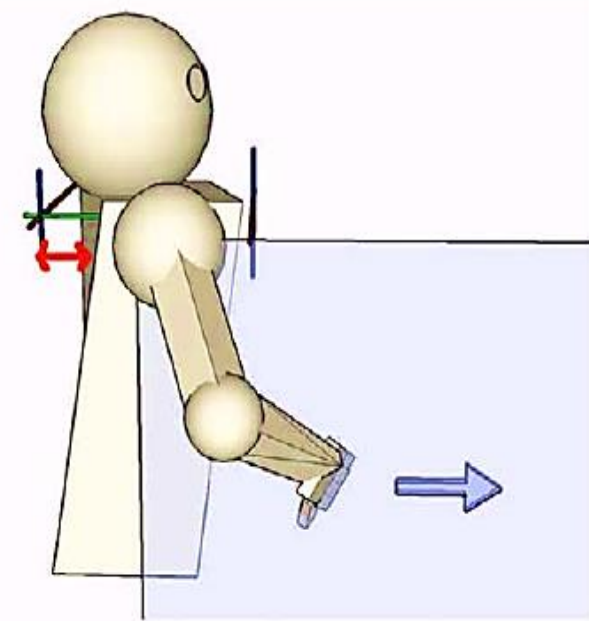
Stroke
Front



Control
Sagittal



Stroke
Sagittal



Compartmentalization

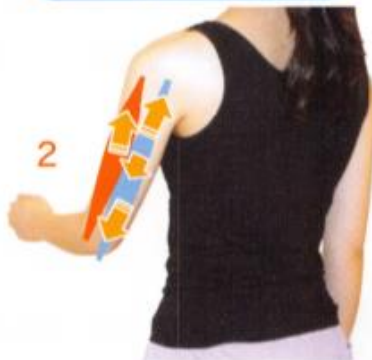
- 「コンパートメンタリゼーション(compartmentalization)」とは二関節筋で見られる特徴的な動きのこと
- 筋の区画・区分を調整する運動神経のメカニズムである
- 脳卒中患者はこのような神経的筋活動の切り替え時に障害を受けやすく、起始部と停止部と(mass pattern)に陥りやすい

上肢質量が上腕骨頭に負荷としてかかり始める段階



- ・骨頭を安定させるためのローテーターカフや上腕二頭筋、上腕三頭筋などによる二関節筋の起始部の求心性の活動が重要である

肘関節伸展に切り替わるまでの肩関節屈曲優位の段階

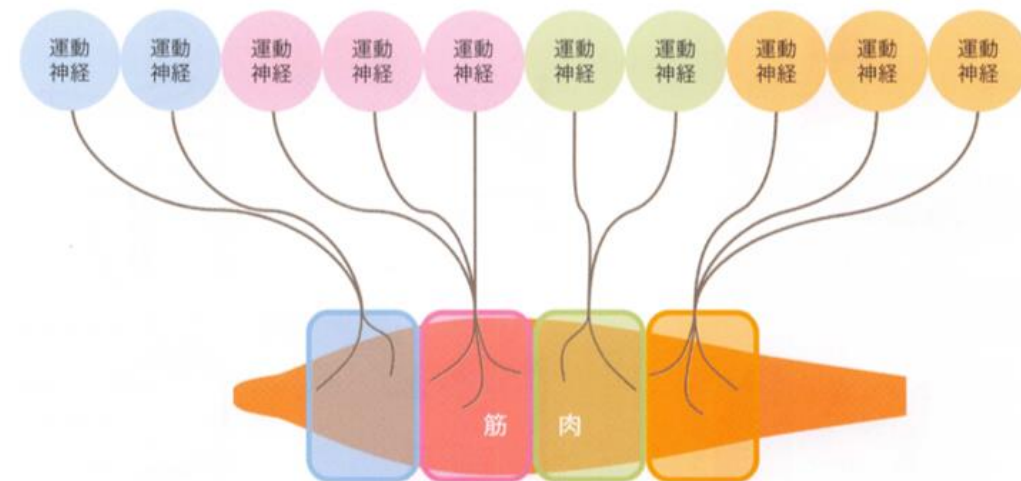


- ・上腕三頭筋は上肢をより前方に出すため、起始部は求心的に骨頭を安定させつつ、停止部は遠心的に活動する
- ・上腕二頭筋は求心的な働きが優位である

肘関節伸展に切り替わる段階

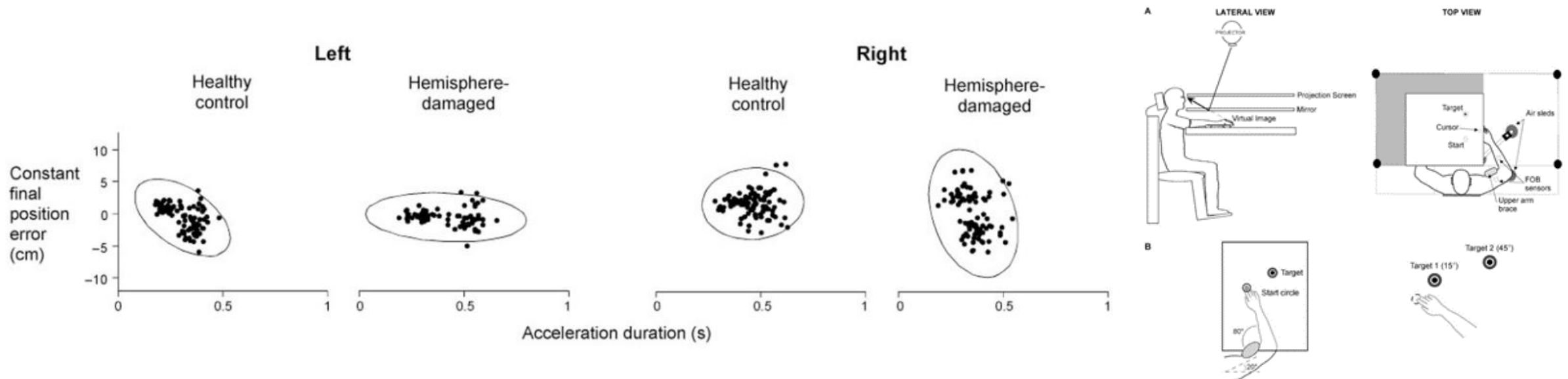


- ・上腕三頭筋は肘関節の完全伸展が可能となるよう全体的に求心性の動きを強める
- ・上腕二頭筋は上腕骨頭周囲においては常に求心性だが、全体的には遠心性の運動が優位に働き、肘の伸展をサポートする



非麻痺側のリーチ

- 左半球損傷と右半球損傷で異なるところは、加速度調節の減少が示された
- 右半球損傷患者で左半球損傷と異なるところは、最終ポジションで非常に大きなエラーが認められた
- 正常グループと患者において運動スピードは異ならなかった
- 代わりに、それぞれのスピードが詳細化され、加速度調整と加速持続時間の調整などが右と左半球損傷によって異なる影響を受けていたことが明らかであった
- これらの見解からそれぞれの半球が初期軌跡と最終位置で異なって貢献しているということがわかった



スリングを使用した方の運動効果

- 先行研究では、 9.5 mm未満の肩の亜脱臼の患者48人が、肩の正しいアライメント下で回旋筋腱板や三角筋の選択的強化運動を受け、亜脱臼が減少したと報告している。
- スリングサスペンションシステムを使用した能動的な肩の運動は、重力の影響を最小限に抑え、不随意の屈筋シナジーを減少させ、選択的な運動かつ集中的な訓練を促進出来た。
- それにより、肩の亜脱臼の軽減、FMAの有意な改善をもたらすことを示し、以前の研究を支持する。

Table 2. Comparison of shoulder function within the study and control groups and between the study and control groups.

Variables	Study group (n=18)		Control group (n=18)		Between-group P-values (95% CI)	Mean change	
	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test		Study group	Control group
SSD (mm)	10.86±0.64 ^a	6.21±1.64 ^{a*}	10.88±0.9	8.81±1.44 ^a	0.001 (-3.635–1.542)	4.71±1.72 ^a	2.86±2.16
SP (degree)	15.33±3.95	11.5±3.33 ^{a*}	14.01±3.49	12.44±3.39 ^a	0.046 (-3.224–1.335)	3.83±1.72 ^a	1.56±0.61
FMA (scores)	7.28±4.02	19.5±8.43 ^{a*}	6.67±5.32	10.5±7.77 ^a	0.002 (3.505–14.495)	12.22±6.31 ^a	3.83±2.87
MFT (scores)	4.01±1.87	10.39±4.04 ^{a*}	3.83±3.24	6.22±4.61 ^a	0.007 (1.229–7.104)	6.39±3.05 ^a	2.39±1.50

^a Mean ± standard deviation (SD). ^a Significance of the difference within groups; ^{*} significance of the difference between groups. Pre-test was performed before the intervention, and post-test was performed after four weeks. In the pre-test comparison between the study and control groups, there was no significant difference (P>0.05). The significance level was set at P<0.05 for differences between the two groups. CI – confidence interval; SSD – shoulder subluxation distance; SP – shoulder proprioception; FMA – Fugl-Meyer assessment; MFT – manual function test.