بیومکانیک حرکت انسان

جلد دوم

جوزف هامیل، کاتلین ام. کناتزن، تیموتی آر. دریک

ترجمه: مهسا مصلحی، دکتر حمید طباطبائی

دانشجوی دکتری آسیب شناسی ورزشی دانشگاه تهران

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب
دکتری تخصصی آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی

۲۰۲۲
ویرایش پنجم

ناشر نمونه کشور در سال ۹۳

بیومکانیک حرکت انسان (جلد دوم)

مجموعهٔ حرکت‌شناسی و بیومکانیک ورزشی

تألیف: جوزف همیل، کاتلین ام. کناتزن، تیموتی آر.دریک

ترجمه : مهسا مصلحی، دکتر حمید طباطبائی

| مدیر گرافیک/راضیه امیری

| مدیر هنری و طراح جلد/ محمودرضا لطیفی

| نوبت چاپ/ اول ۱۴۰۴

| شمارگان/ ۵۰ نسخه

| شابک دوره / ۹۷۸-۶۲۲-۴۲۷-۰۳۷-۵

| شابک/ ۹۷۸-۶۲۲-۴۲۷-۲۸۲-۹

قیمت : ۴۵۹۰۰۰۰ریال

سرشناسه : همیل، جوزف، ۱۹۴۶ - م. Hamill, Joseph
عنوان و نام پدیدآور : بیومکانیک حرکت انسان/ جوزف همیل، کاتلین ام. کناتزن، تیموتی آر.دریک؛ ترجمه مهسا مصلحی، حمید طباطبائی.
مشخصات نشر : تهران: انتشارات حتمی، ۱۴۰۳ -
مشخصات ظاهری : ج.: مصور، جدول، نمودار. ؛ ۲۲×۲۹ س‌م.
شابک : ۹۷۸-۶۲۲-۴۲۷-۰۳۷-۵ :دوره ؛ ۹۷۸-۶۲۲-۴۲۷-۰۳۸-۲ :ج.۱ ؛ ج.۲:۹-۲۸۲-۴۲۷-۶۲۲-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی : فاپا
یادداشت : عنوان اصلی: .۵th ed,Biomechanical basis of human movement.,۲۰۲۲
یادداشت : ج.۲ (چاپ اول: ۱۴۰۴)(فیپا)./ یادداشت : کتابنامه.
موضوع : حرکت‌شناسی بدن انسان Human mechanics/ بیومکانیک Biomechanics
کالبدشناسی انسان Human anatomy/ انسان -- فیزیولوژی Human physiology
شناسه افزوده : ناتزن، کتلین/ شناسه افزوده : Knutzen, Kathleen
شناسه افزوده : دریک، تیموتی آر./ شناسه افزوده : Derrick, Timothy R.
شناسه افزوده : مصلحی، مهسا، ۱۳۶۸-، مترجم/ شناسه افزوده : طباطبایی، حمید، ۱۳۴۵-، مترجم
رده بندی کنگره : QP۳۰۳
رده بندی دیویی : ۶۱۲/۷۶
شماره کتابشناسی ملی : ۹۸۴۱۹۴۶
اطلاعات رکورد کتابشناسی : فاپا
تاریخ درخواست : ۱۴۰۴/۰۷/۰۶
کد پیگیری : ۱۰۲۳۷۳۲۱

مرکز پخش: تهران، خیابان انقلاب، بین خیابان ۱۲ فروردین و اردیبهشت، ساختمان ۱۳۶۰، طبقه پنجم، واحد ۲۳

۶۶۴۰۳۱۶۲ | ۶۶۴۰۳۱۷۰

hatmipg.com hatmipg

توجـــــه:

بـه موجـب مـاده ۵ قانـون حمایـت، از حقـوق مؤلفـان، مصنفـان و هنرمنـدان مصـوب ۱۳۴۸/۱۰/۱۱ کلیه حقوق ایـن کتـاب بـرای انتشـارات حتمـی محفوظ می‌باشـد و هیچ شـخص حقیقی یـا حقوقی حـق اسـتفاده از آن را ندارد و متخلفین به موجب این قانون تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

فهرست

فصل پنجم

آناتومی عملکردی اندام فوقانی ٤

فصل ششم:

آناتومی عملکردی اندام تحتانی ۷۳

فصل هفتم:

آناتومی عملکردی تنه ۱۷۵

فصل هشتم:

ملاحظات بالینی: تحلیل یا آسیب بافت ۲۳۸

فصل

۵

آناتومی عملکردی اندام فوقانی

اهداف

پس از خواندن این فصل، دانشجو قادر خواهد بود:

۱. ساختار، حمایت و حرکات مفاصل کمربند شانه، مفصل شانه، آرنج، مچ دست و دست را شرح دهد.
۲. ریتم اسکاپولاهومورال را در حرکت بازو توصیف کند.
۳. فعالیت‌های عضلانی مرتبط با حرکات کمربند شانه، آرنج، مچ دست و دست را شناسایی کند.
۴. تفاوت قدرت عضلانی در حرکات مختلف بازو را توضیح دهد.
۵. آسیب‌های رایج در شانه، آرنج، مچ دست و دست را شناسایی کند.
۶. مجموعه‌ای از تمرینات قدرتی و انعطاف‌پذیری برای عضلات اندام فوقانی طراحی کند.
۷. برخی از وضعیت‌های رایج مچ دست و دست را که در دقت یا قدرت استفاده می‌شوند، توضیح دهد.
۸. نقش عضلانی اندام فوقانی را در فعالیت‌های زندگی روزمره (مانند بلند شدن از روی صندلی، پرتاب کردن، شنا و تاب دادن چوب گلف) شناسایی کند.
۹. دیسکینزی کتف را شرح دهد و در مورد علل و نمونه‌های توانبخشی صحبت کند.
۱۰. در مورد علل مختلف و مدیریت بی‌ثباتی شانه بحث کند.

اندام فوقانی از دیدگاه آناتومی عملکردی به دلیل تعامل بین مفاصل و سگمان های مختلف برای ایجاد حرکت موزون و کارآمد بسیار جالب توجه است. حرکات دست از طریق قرارگیری صحیح دست توسط آرنج، مفصل شانه و کمربند شانه موثرتر می‌شود. همچنین، حرکات ساعد همزمان با حرکات دست و شانه اتفاق می افتد. اگر حرکات به صورت مجزا انجام شود، این حرکات نیمی از اثربخشی آنها را نخواهد داشت. به دلیل استفاده زیاد از بازوها و دست‌ها، شانه به حفاظت ساختاری و درجه‌ی بالایی از کنترل عملکردی نیاز دارد.

مجموعه شانه

مجموعه شانه شامل چند مفصل است که هر کدام از طریق اَعمال هماهنگ مفصلی به حرکت بازو کمک می‌کنند. حرکت در مفصل شانه شامل مجموعه تلفیقی از تثبیت‌کننده‌های استاتیک و دینامیک است. باید حرکت آزاد و اعمال هماهنگ بین هر چهار مفصل: مفاصل اسکپولاتوراسیک (کتفی سینه‌ای)، استرنوکلاویکولار (جناغی ترقوه‌ای)، آکرومیوکلاویکلار (آخرمی ترقوه‌ای) و گلنوهومرال (دوری بازویی) وجود داشته باشد. اگرچه امکان

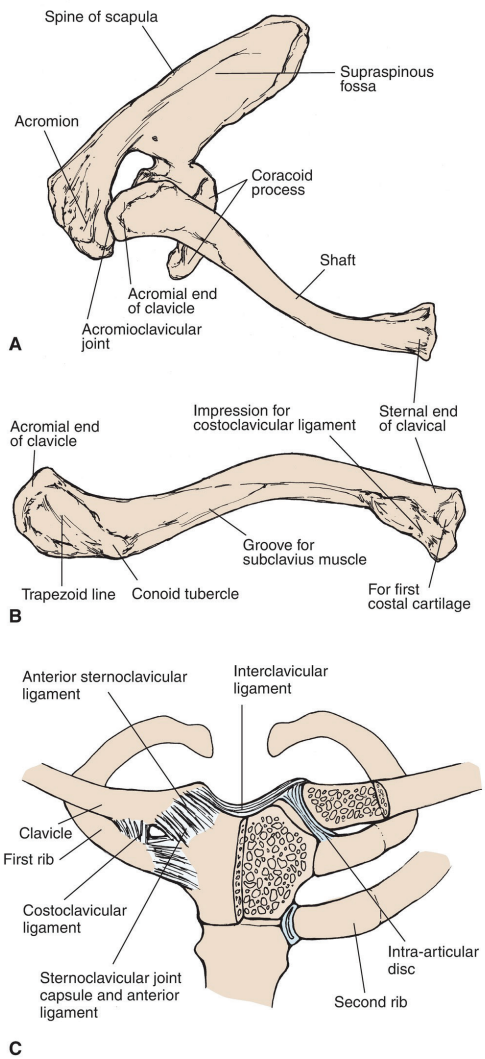
ایجـاد مقـدار کمـی حرکـت در هر یک از این مفصل‌ها به صـورت مجزا وجود دارد، اما حرکـت معمولاً در تمام این مفاصل همزمان با بالا بردن یا پایین آمدن بازو یا در صورت ایجاد هرگونه حرکت مهم بازو، ایجاد می‌شود.

ویژگی‌های آناتومیکی و عملکردی مفاصل شانه

مفصل استرنوکلاویکولار[1] (جناغی ترقوه‌ای)

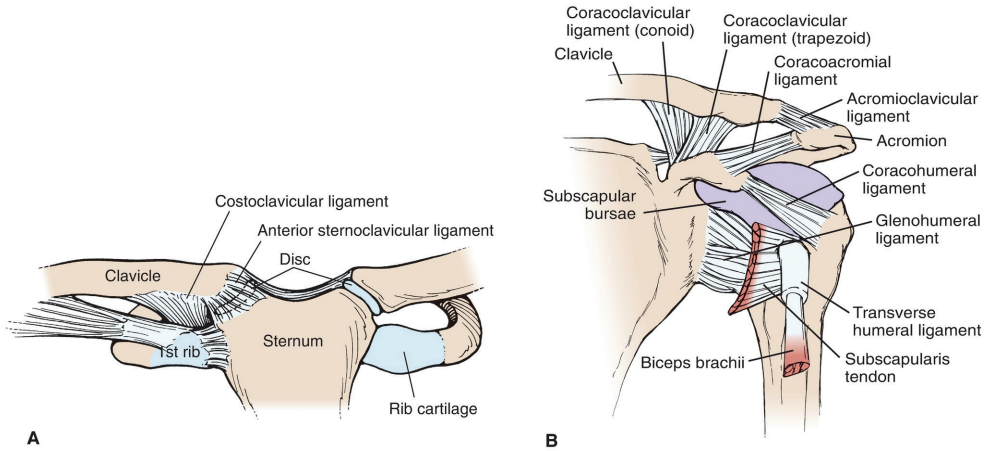
تنهـا نقطـه اتصال اسـکلتی انـدام فوقانی بـه تنه در مفصـل جناغـی ترقـوه‌ای وجـود دارد. در ایـن مفصل، ترقوه به دسته جناق متصل می‌شود. ترقوه چهار نقش را ایفا می‌کند که عبارتند از: محلی برای اتصالات عضلات اسـت، به عنوان مانعی جهت محافظت از سـاختارهای زیریـن قـرار گرفته، بـه عنوان پایه‌ای برای تثبیت شـانه عمـل می‌کنـد و همچنین از جابجایـی داخلی در هنگام انقبـاض عضـلات و تغییر مـکان تحتانی کمربند شـانه جلوگیـری می‌کند. قسـمت بـزرگ انتهایی ترقـوه که با سـطح کوچک جناغ در مفصل استرنوکلاویکلار مفصل می‌شـود، بـه ثبات قابل توجهـی از لیگامان ها نیاز دارد. نمای نزدیک ترقوه و مفصل جناغی ترقوه ای در شکل ۵-۱ نشان داده شده است. این مفصل سینوویال لغزنده، دارای یک دیسک غضروفی لیفی است.

مفصـل توسـط سـه لیگامـان حمایـت می‌شـود: لیگامان‌هـای اینترکلاویکـولار[2] (بیـن ترقـوه‌ای)، کاسـتاکلاویکولار[3] (دنـده‌ای ترقـوه‌ای) و اسـترنوکلاویکولار[4] (جناغـی ترقـوه‌ای)، کـه لیگامـان اسـترنوکلاویکولار حمایـت کننده اصلی مفصل اسـت (شـکل ۵-۲). مفصـل همچنین توسـط عضلاتـی مانند عضله کوتاه و قوی سـاب کلاویوس تقویت و حمایت می‌شـود. عـلاوه بـر این، یک کپسـول مفصلـی قوی به انعطاف‌پذیـری مفصـل در برابـر دررفتگـی یـا اختلال حرکتی کمک می‌کند.



شکل ۵-۱. ترقوه به زائده آخرومی روی کتف مفصل می‌شود و مفصل آکرومیوکلاویکولار A، را تشکیل می‌دهد. استخوان S شکل ترقوه B، نیز با جناغ مفصل می‌شود و مفصل استرنوکلاویکولار C، را تشکیل می‌دهد.

1 . Sternoclavicular (SC) joint
2 . Interclavicular ligament
3 . Costoclavicular ligament
4 . Sternoclavicular ligament



شکل ۵-۲. لیگامان‌های ناحیه شانه. نمای قدامی جناق A و شانه B، نشان داده شده است.

حرکات ترقوه در مفصل استرنوکلاویکولار در سه جهت انجام می‌شود و بنابراین با ۳ درجه آزادی صورت می گیرد. حرکت ترقوه به سمت سمت بالا و پایین، به ترتیب بالا رفتن و پایین آمدن نام دارد. این حرکات بین ترقوه و منیسک داخل مفصل استرنوکلاویکولار انجام می‌شود و دامنه حرکتی آن تقریباً بین ۳۰ تا ۴۰ درجه است.

ترقوه، همچنین می‌تواند به سمت جلو و عقب حرکت کند که به ترتیب دور شدن و نزدیک شدن نام دارد. این حرکات بین جناغ و منیسک داخل مفصل انجام می شود و دامنه حرکتی آن تقریباً ۳۰ درجه است.

مفصل آکرومیوکلاویکولار[1] (آخرمی ترقوه‌ای)

مفصل آکرومیوکلاویکولار از طریق مفصل AC به کتف در انتهای دیستال خود متصل می‌شود (شکل ۵-۱). این مفصل از نوع سینوویال کوچک و لغزنده است که اندازه آن در بزرگسالان ۹ میلی متر × ۱۹ میلی متر است، و اغلب دارای یک دیسک لیفی غضروفی شبیه به مفصل استرنوکلاویکولار است. در این مفصل، بیشتر حرکات کتف روی ترقوه اتفاق می‌افتد و مفصل تنش‌های تماسی بالایی را در نتیجه بارهای محوری زیاد که از طریق مفصل منتقل می‌شود، کنترل می‌کند.

مفصل AC بالای سر استخوان بازو قرار دارد و زمانی که حرکات بازو بالاتر از سر رخ می‌دهد، به عنوان محدودکننده استخوانی عمل می‌کند (شکل ۵-۲). لیگامان‌های AC عمدتاً در موقعیت‌های با بار کم و حرکت‌های کم از مفصل حمایت می‌کنند. نزدیک به مفصل AC لیگامان مهمی به نام کوراکوکلاویکولار[2] (غرابی ترقوه‌ای) قرار دارد که به حرکات کتف کمک می‌کند تا به عنوان یک محور چرخش عمل کند و در حرکاتی که نیاز به دامنه حرکت و جابجایی بیشتری دارند، پشتیبانی قابل توجهی ایجاد کند. کمربند شانه توسط این لیگامان به ترقوه متصل است و به عنوان مهار کننده اولیه برای جابجایی عمودی عمل می‌کند.

لیگامان دیگری در این ناحیه که از یک مفصل عبور نمی‌کند، لیگامان کوروکوآکرومیال[3] (غرابی آخرمی)

1 . Acromioclavicular (AC) joint
2 . Coracoclavicular ligament
3 . Coracoacromial ligament

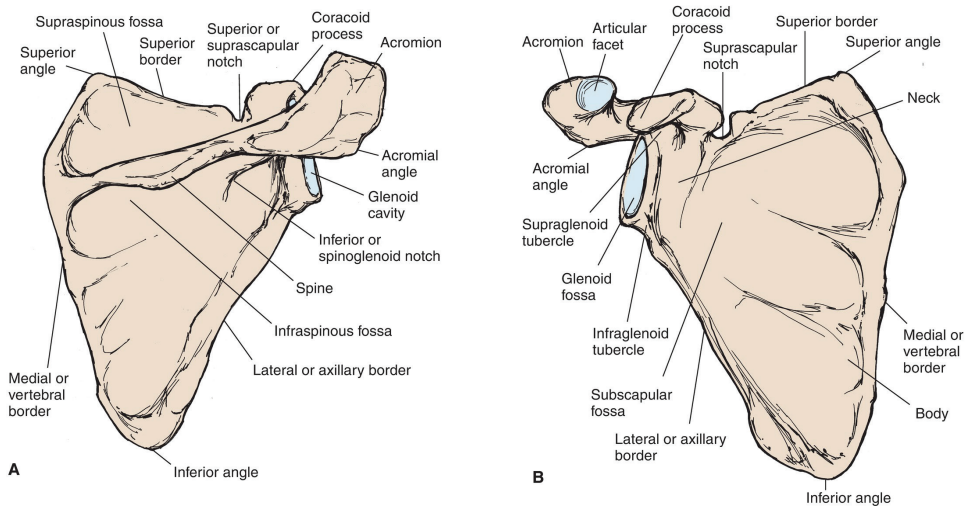
است. این لیگامان از ساختارهای زیرین شانه محافظت می‌کند و می‌تواند حرکت فوقانی بیش از حد سر بازو را محدود کند.

مفصل اسکپولاتوراسیک[1] (کتفی سینه‌ای)

کتف از طریق اتصال لیگامان های مفصل اسکپولاتوراسیک با قفسه سینه ارتباط برقرار می‌کند. این یک مفصل معمولی که از اتصال دو استخوان به یکدیگر تشکیل می شود نیست، بلکه یک مفصل فیزیولوژیک است که حاوی ساختارهای عصبی عروقی، عضلانی و بورس (کیسه‌ی زلالی) است که امکان حرکت مستقیم کتف روی قفسه سینه را فراهم می‌کند. کتف در واقع بر روی دو عضله سراتوس آنتریور و ساب اسکاپولاریس قرار دارد که هر دو به کتف متصل می‌شوند و هنگام حرکت کتف، روی یکدیگر حرکت می‌کنند. این دو عضله با استفاده از مکانیزم کشش، کتف را به سمت قفسه سینه می‌کشند تا کتف را در مجاورت قفسه سینه نگه دارند. عضلات اصلی تثبیت کننده‌های کتف عبارتند از: سراتوس آنتریور، رومبوئید، تراپزیوس و لواتور اسکاپولا. هر گونه ضعف عضلات کتف می‌تواند باعث ایجاد فشارهای غیرطبیعی به ساختارهای مفصل شانه شده و همچنین می‌تواند احتمال گیرافتادگی عضلات روتاتور کاف را افزایش داده و عملکرد عصبی عضلانی مجموعه شانه را کاهش دهد.

هفده عضله به کتف متصل می‌شوند یا از آن منشاء می‌گیرند. همانطور که در شکل ۵-۳ نشان داده شده است، استخوان کتف یک استخوان بزرگ، مسطح و مثلثی شکل با پنج برآمدگی ضخیم (گلونوئید[2]، ستون مهره‌ها[3]، لبه داخلی و خارجی[4]، و زائده کوراکوئید[5] یا غُرابی) و دو سطح باریک، محکم و چند لایه (حفره‌های تحت خاری و فوق خاری[6] است). در مقایسه با حرکت شانه دو عملکرد عمده را انجام می‌دهد. اول، مانند مفصل دیگری عمل می‌کند و به بازو اجازه می‌دهد که نسبت به قفسه سینه چرخش بیشتری داشته باشد. این چرخش بیشتر، دامنه حرکتی بازو را فراتر از ۱۲۰ درجه که فقط در مفصل گلنوهومرال رخ می‌دهد، افزایش می‌دهد. وقتی که بازو در مفصل گلنوهومرال بالا می‌رود، به ازای هر ۲ درجه بالارفتن در گلنوهومرال، مفصل کتف و قفسه قفسه سینه ۱ درجه به سمت بالا می‌رود.

1 . Scapulothoracic (ST) Joint
2 . Glenoid
3 . Spine
4 . Medial and lateral border
5 . Coracoid process
6 . Infraspinous and supraspinous fossae



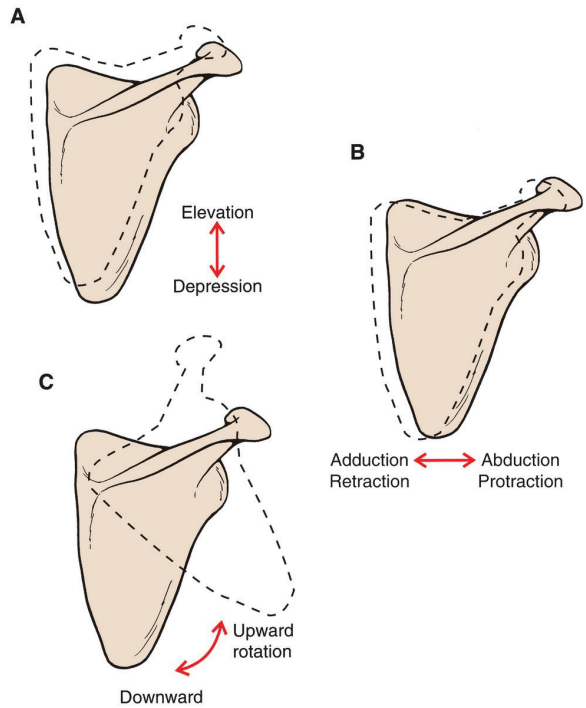
شکل ۵-۳. کتف یک استخوان پهن است که به عنوان محل اتصال عضلانی برای بسیاری از عضلات عمل می‌کند. سطوح پشتی A و جلویی B کتف سمت راست در شکل نشان داده شده است.

دومین عملکرد کتف، فراهم کردن یک اهرم بزرگ برای عضلاتی است که به آن متصل هستند. به دلیل اندازه و شکل خاص کتف، امکان حرکات بزرگی در اطراف مفصل AC و SC وجود دارد. حتی عضلات کوچک در این ناحیه می‌توانند مقدار کافی گشتاور را برای ایجاد حرکات قوی در مفصل شانه فراهم کنند.

حرکت‌های کتف روی قفسه سینه به عنوان فعالیت مفاصل آکرومیوکلاویکولار و استرنوکلاویکولار در دور کردن و خم کردن ۱۸۰ درجه‌ای بازو، موجب دامنه حرکتی کلی ۶۰ درجه در مفصل اسکپولاتوراسیک می‌شود. تقریباً ۶۵ درصد این دامنه حرکتی در مفصل استرنوکلاویکولار و ۳۵ درصد به عنوان نتیجه حرکت مفصل آکرومیوکلاویکولار رخ می‌دهد. عمل بالا رفتن و چرخش ترقوه باعث ایجاد محوری برای حرکت بالا رفتن کتف می شود.

همانطور که در شکل ۵-۴ نشان داده شده است، حرکت کتف می‌تواند در سه جهت انجام شود. کتف می‌تواند به جلو و عقب، حول محور عمودی حرکت کند. این حرکات به ترتیب به نام‌های پروتراکشن[1] یا دور کردن[2] و ریترکشن[3] یا نزدیک کردن[4] شناخته می‌شوند. پروتراکشن و ریترکشن زمانی که زائده آخرومی حول منیسک مفصلی حرکت کند و کتف حول لیگامان غرابی ترقوه‌ای بچرخد، رخ می‌دهد. میزان پروتراکشن و ریتراکشن می‌تواند از هر طرف ۳۰ تا ۵۰ درجه باشد.

1 . Protraction
2 . Abduction
3 . Retraction
4 . Adduction



شکل ۵-۴. حرکات کتف در سه جهت انجام می‌شود. A، الویشن (بالارفتن) و دیپرشن (پایین کشیدن) کتف با بالا انداختن شانه یا زمانی که بازو بالا برده می شود، اتفاق می‌افتد. B، پروتراکشن (دور کردن) و ریتراکشن (نزدیک کردن) زمانی اتفاق می‌افتد که کتف به ترتیب از ستون مهره ها دور یا به سمت آن نزدیک شود یا زمانی که بازو به ترتیب به جلو یا عقب بدن برده شود. C، چرخش بالایی و پایینی کتف زمانی است که بازوها به ترتیب به سمت بالا و پایین بروند.

دومین حرکت کتف زمانی اتفاق می‌افتد که قاعده کتف در سطح عرضی به داخل و خارج نوسان پیدا کند. این حرکات آپوارد روتیشن یا چرخش بالایی[1] و دانوارد روتیشن یا چرخش پایینی[2] نامیده می‌شوند. این حرکت زمانی رخ می‌دهد که ترقوه حول منیسک مفصلی و کتف حول بخش ذوزنقه ای لیگامان کوراکوکلاویکولار خارجی بچرخد. دامنه این حرکت حدود ۶۰ درجه است.

سومین و آخرین پتانسیل ظرفیت حرکتی یا درجه آزادی، حرکت کتف به سمت بالا و پایین است که به آن الویشن یا بالا کشیدن[3] و دیپرشن یا پایین کشیدن[4] می‌گویند. این حرکت در مفصل AC رخ می‌دهد و چرخش‌های حول لیگامان آکرومیوکلاویکولار آن نقشی ندارد و به آن کمک نمی کند. دامنه حرکت در مفصل AC برای بالا بردن و پایین کشیدن ۳۰ درجه است.

حرکات کتف نیز به حرکت و موقعیت ترقوه بستگی دارد. حرکات الویشن (بالا کشیدن) و دیپرشن (پایین کشیدن)، پروتراکشن (دور کردن) و ریترکشن (نزدیک کردن) در مفاصل آکرومیوکلاویکولار و استرنوکلاویکولار مخالف یکدیگر رخ می‌دهند. به عنوان مثال هنگامی که پایین کشیدن کتف در مفصل استرنوکلاویکولار رخ می‌دهد و بالعکس، این وضعیت در چرخش صادق نیست، زیرا ترقوه در همان جهت طولی خود می‌چرخد.

1 . Upward rotation
2 . Downward rotation
3 . Elevation
4 . Depression

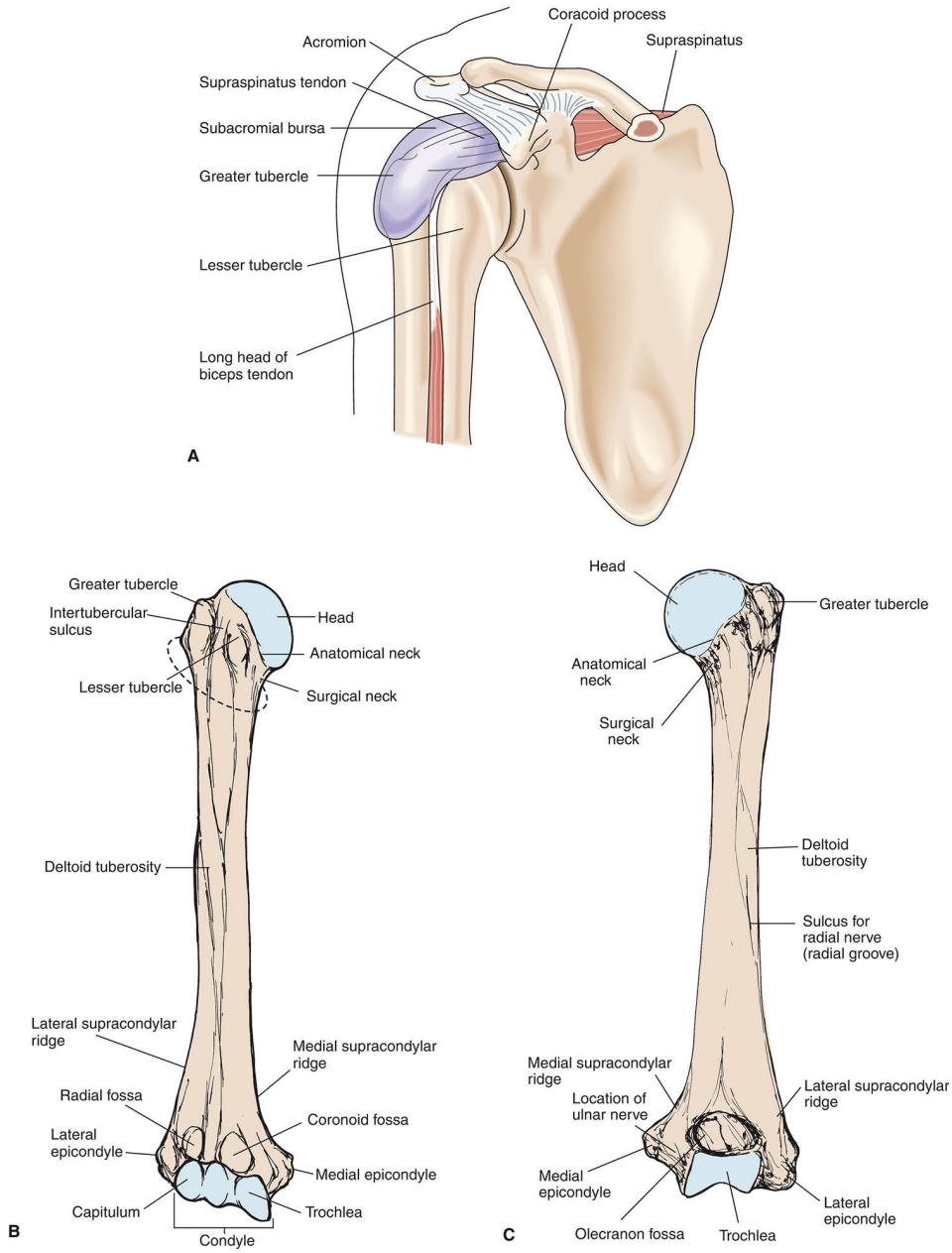
ترقوه برای منطبق شدن با حرکات کتف، در جهات مختلف می‌چرخد، به این صورت که با پروتراکشن و الویشن کتف به جلو و ریتراکشن و دیپرشن به عقب می‌چرخد.

کتف به دلیل حرکت ایجاد شده در مفصل AC و همراه با چرخش قدامی یا خلفی ترقوه در مفصل جناغی ترقوه‌ای به سمت جلو و عقب متمایل شود. تیلت قدامی[1] فقط در مفصل AC اتفاق می‌افتد که منجر به حرکت بالای کتف به قدام و بلند شدن زاویه تحتانی کتف می‌شود که می‌تواند به دلیل سفتی عضله پکتورالیس مینور رخ دهد. همچنین تیلت قدامی با حرکت دست به سمت پشت نیز اتفاق می افتد. این موضوع در بخش دیسکنزی کتف[2] بیشتر مورد بحث قرار خواهد گرفت.

مفصل گلنوهومرال[3]

آخرین مفصل در مجموعه شانه، مفصل گلنوهومرال (دوری بازویی) است که در شکل ۵-۵ نشان داده شده است. حرکات مفصل شانه با حرکات بازو توام است. این مفصل گوی و کاسه و از نوع سینوویال است که بیشترین دامنه حرکتی و پتانسیل حرکتی را نسبت به سایر مفاصل در بدن دارد.

1 . Anterior tipping
2 . Scapular dyskinesis
3 . Glenohumeral (GH) joint



شکل ۵-۵. سر استخوان بازو با حفره گلنوئید بر روی کتف مفصل می‌شود و مفصل گلنوهومرال را تشکیل می‌دهد. لندمارک‌های مجموعه شانه A و سطوح قدامی B، و خلفی C استخوان بازو در شکل نشان داده شده است.

این مفصل دارای یک حفره کوچک و کم عمق به نام حفره گلنوئید[1] (دوری) است. عمق این حفره به گونه‌ای است که یک چهارم سر استخوان بازو باید در آن قرار گیرد. یکی از دلایلی که مفصل شانه برای حرکات شدید مناسب است، تفاوت اندازه بین سر بازو و حفره کوچک گلنوئید در کتف است. در هر زمان، تنها ۲۵ تا ۳۰ درصد سر استخوان بازو با حفره گلنوئید در تماس است، اما این موضوع لزوماً منجر به حرکت بیش از حد نمی‌شود زیرا در ساختار طبیعی شانه، حرکت سر استخوان بازو توسط عضلات، بین ۱ تا ۲ میلی متر از مرکز حفره گلنوئید محدود می‌شود.

ثبات مفصل شانه

از آنجایی که حداقل تماس بین حفره گلنوئید و سر استخوان بازو وجود دارد، ثبات مفصل شانه، تا حد زیادی به ساختارهای لیگامانی و عضلانی بستگی دارد. ثبات مفصل شانه، توسط هر دو مؤلفه استاتیک و دینامیک فراهم می‌شود که سر استخوان بازو را در حفره گلنوئید مهار و هدایت می‌کنند. عضلات تثبیت کننده غیرفعال و فعال شامل سطح مفصلی، لابروم گلنوئید، کپسول مفصلی و لیگامان‌ها هستند. سطح مفصلی حفره گلنوئید کمی مسطح است و غضروف مفصلی ضخیم تری در اطراف آن وجود دارد. این شکل به سر استخوان بازو کمک می‌کند تا در جای خود قرار گیرد.

حفره مفصلی توسط غضروفی به نام لابروم گلنوئید[2]، حفره ای مفصلی عمیق‌تر می‌شود. لیگامان‌ها و تاندون‌های اطراف، نقش مکمل حمایتی این ساختار را ایفا می‌کنند. لابروم از فردی به فرد دیگر متفاوت است و حتی در برخی موارد وجود ندارد. لابروم گلنوئید سطح تماس را تا ۷۵ درصد افزایش می‌دهد و عمق مفصل را ۵ تا ۹ میلی‌متر افزایش می‌دهد.

حجم کپسول مفصلی تقریباً دو برابر حجم سر بازو است که به بازو اجازه می‌دهد تا از طریق دامنه وسیعی از حرکات به سمت بالا حرکت کند. کپسول در موقعیت‌های مختلف و حداکثری سفت می‌شود و در میانه حرکت شل است. به عنوان مثال، کپسول تحتانی در حین حرکات دور شدن و چرخش خارجی شدید، که در پرتاب دیده می‌شود، سفت می‌شود. به همین ترتیب، کپسول قدامی فوقانی با عضلات همکاری می‌کند تا جابه‌جایی تحتانی و خلفی سر بازو را محدود کند، و کپسول خلفی نیز جابه جایی خلفی استخوان بازو را زمانی که بازو خم و به داخل می‌چرخد محدود می‌کند.

آخرین مجموعه از تثبیت‌کننده‌های پاسیو یا غیرفعال شامل لیگامان‌ها می‌شود (شکل ۵-۲). لیگامان کوراکوهمورال[3] (غرابی بازویی) زمانی که بازو به سمت بدن نزدیک می شود، کشیده شده و به سر استخوان بازو کمک می‌کند تا در حفره گلنوئید قرار گیرد. این لیگامان از پایین رفتن سر اسنخوان بازو جلوگیری کرده و در حین حرکات بازو، از جابه‌جایی آن به سمت عقب نیز جلوگیری می‌کند. سه لیگامان گلنوهومرال[4] کپسول را تقویت کرده، از جابجایی قدامی سر استخوان بازو جلوگیری می‌کنند و هنگام چرخش خارجی شانه سفت می‌شوند.

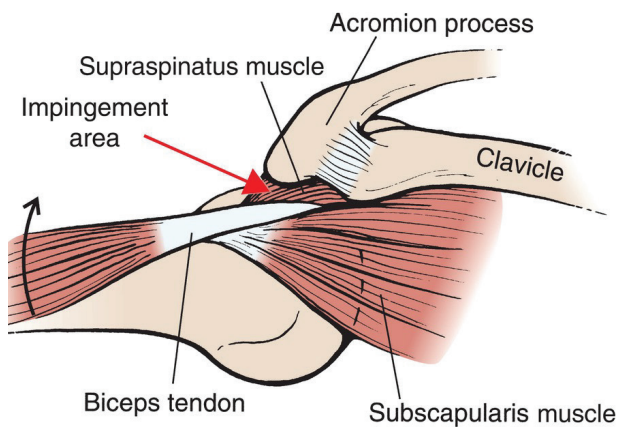
با توجه به اینکه حفره گلنوئید و سر استخوان بازو کم‌ترین تماس را با هم دارند، ثبات مفصل شانه تا حد زیادی متکی به ساختارهای لیگامانی و عضلانی است. عضلات خلفی روتاتور کاف[5] ثبات قابل توجهی را در ناحیه خلفی فراهم می‌کنند. عضله ساب اسکپولاریس[6] موجب ثبات در ناحیه قدامی می‌شود و سر بلند بایسپس[7]

1 . Glenoid fossa
2 . Glenoid labrum
3 . Coracohumeral
4 . Glenohumeral ligaments
5 . Rotator cuff
6 . Subscapularis muscle
7 . Long head of the biceps brachii

از جابه جایی قدامی و فوقانی سر استخوان بازو جلوگیری می‌کند. همچنین عضله دلتوئید[1] و سایر عضلات مفصل اسکپولاتوراسیک موقعیت کتف را طوری تنظیم می‌کنند که حداکثر ثبات گلنوهومرال را فراهم کنند. زمانی که تمام عضلات روتاتورکاف با هم منقبض می‌شوند؛ سر استخوان بازو به موقعیت مناسب هدایت می‌شود. این گروه عضلانی همچنین در طول بالا بردن بازو، سر استخوان بازو را چرخانده و پایین می‌آورد تا آن را در موقعیت مناسب نگه دارد.

در بخش قدامی مفصل، حمایت از کپسول به عهده کپسول، لیگامان کوراکوهمورال، تارهای عضلات ساب اسکپولاریس و پکتورالیس ماژور[2] است. این عضلات به داخل کپسول مفصلی ختم می‌شوند. دو لیگامان کوراکوهمورال و گلنوهمورال میانی از بازوی در حال استراحت بدون انقباض حمایت می‌کنند. همچنین هنگام حرکات دور کردن، چرخش خارجی و باز کردن نقش حمایت عملکردی دارند. بخش خلفی تر مفصل را کپسول، لابروم گلنوئید و تارهای عضلات ترس ماژور[3] و سوپرااسپیناتوس[4] که داخل کپسول می روند، تقویت می‌کنند.

بخش فوقانی این ناحیه، ناحیه ایمپینجمنت[5] (ناحیه گیرافتادگی) نامیده می‌شود. لابروم گلنوئید، لیگامان کوراکوهمورال و بخش فوقانی عضله سوپرااسپیناتوس و سر بلند عضله دوسر بازویی موجب تقویت کپسول می‌شوند. بورس های ساب آکرومیال[6] (تحت آخرمی) بالای عضله سوپرااسپیناتوس قرار دارند. این ساختارها، قوسی را در زیر مفصل آکرومی کلاویکولار تشکیل می‌دهند. شکل ۵-۵ این ناحیه و موقعیت برخورد را نشان می‌دهد.



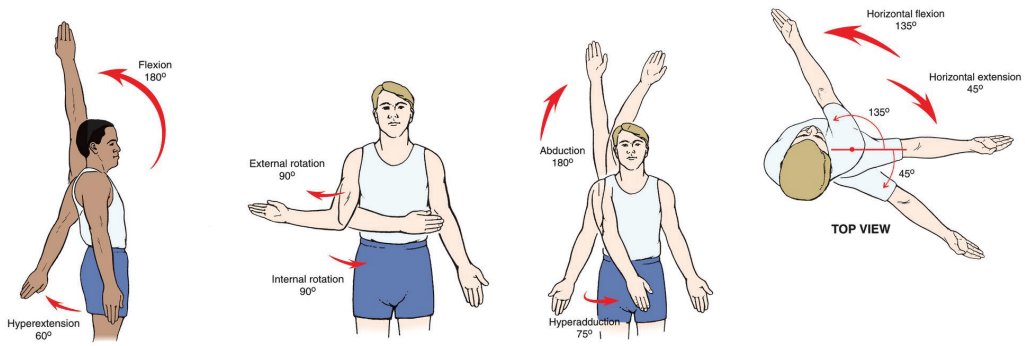
شکل ۵-۶. ناحیه ایمپینجمنت شانه شامل ساختارهایی است که هنگام فعالیت مکرر بیش از حد ممکن است آسیب ببینند. برخورد واقعی هنگام دور کردن و چرخش بازو رخ می‌دهد.

بورس[7] (کیسه زلالی)، کیسه‌ای پر از مایع است که در نقاط استراتژیک اطراف مفاصل سینوویال قرار دارد و اصطکاک در مفصل را کاهش می‌دهد. عضله سوپرااسپیناتوس و بورس این ناحیه هنگام بالا آوردن بازو به بالای سر، فشرده می‌شود و در صورتی که مقدار و مدت فشار تا اندازه ای زیاد باشد، می‌توانند تحریک شود. کپسول و سر بلند عضله تریسپس، بخش تحتانی مفصل شانه را به مقدار کمی تقویت می‌کنند.

1 . Deltoid muscle
2 . Pectoralis major muscle
3 . Teres minor muscle
4 . Infraspinatus muscle
5 . Impingement area
6 . Subacromial bursae
7 . Bursa

ویژگی‌های حرکتی

دامنه حرکت در مفصل شانه به دلایل ساختاری ذکرشده قابل توجه است (شکل ۵-۷). بازو می‌تواند از ۱۶۵ درجه تا ۱۸۰ درجه خم شدن تا حدود ۳۰ تا ۶۰ درجه بازشدن در سطح ساجیتال حرکت کند. اگر مفصل شانه به خارج نیز چرخش داشته باشد، میزان خم شدن آن محدود خواهد بود. بازو در وضعیت حداکثر چرخش خارجی تنها تا ۳۰ درجه می‌تواند خم شود. همچنین هنگام خم کردن و باز کردن غیرفعال بازو، هم زمان سر استخوان بازو در حفره گلنوئید به ترتیب به عقب و جلو جابه جا می‌شود.



شکل ۵-۷. شانه دارای دامنه حرکتی وسیعی است. بازو می‌تواند در ۱۸۰ درجه خم شدن یا دور شدن، ۶۰ درجه باز شدن بیش از حد، ۷۵ درجه نزدیک شدن بیش از حد، ۹۰ درجه چرخش داخلی و خارجی، ۱۳۵ درجه خم شدن افقی و ۴۵ درجه باز شدن افقی انجام دهد.

بازو همچنین می‌تواند از ۱۵۰ تا ۱۸۰ درجه دور شود. حرکت دور کردن می‌تواند براساس میزان چرخش داخلی که همزمان با دورکردن اتفاق می افتد، محدود شود. اگر مفصل حداکثر چرخش داخلی داشته باشد، بازو می‌تواند تنها حدود ۶۰ درجه دور شود، اما مقدار مشخصی چرخش برای رسیدن به ۱۸۰ درجه لازم است. همانطور که بازو به وضعیت آناتومیک یا خنثی نزدیک می‌شود، می‌تواند حرکت نزدیک شدن بیش از حد به داخل بدن را فراتر از وضعیت خنثی تا حدود ۷۵ درجه ادامه دهد.

بازو می‌تواند ۶۰ تا ۹۰ درجه به داخل یا خارج بچرخد و در مجموع ۱۲۰ تا ۱۸۰ درجه چرخش داشته باشد. دور کردن بازو، چرخش را محدود می‌کند. در موقعیت آناتومیک، بازو می‌تواند تا ۱۸۰ درجه کامل بچرخد، اما در ۹۰ درجه دور شدن، بازو فقط می‌تواند تا ۹۰ درجه بچرخد. در نهایت، بازو در عرض بدن می‌تواند در وضعیت بالا آمده با نزدیک شدن یا خم شدن افقی ۱۳۵ درجه و در دور شدن یا باز شدن افقی، ۴۵ درجه حرکت کند.

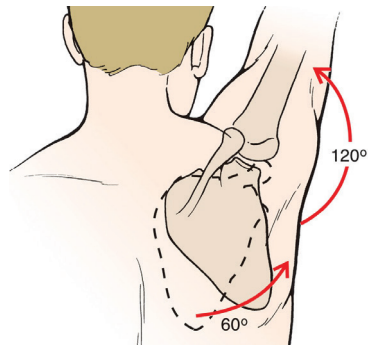
ویژگی‌های حرکات ترکیبی مجموعه شانه

پتانسیل حرکتی هر مفصل در قسمت قبل مورد بررسی قرار گرفت. این بخش حرکت مجموعه شانه را به طور کلی مورد بررسی قرار می‌دهد که گاهی اوقات به آن ریتم اسکپولوهومورال[1] (کتفی بازویی) گفته می‌شود. همانطور که قبلاً گفته شد، چهار مفصل مجموعه شانه باید در یک اقدام هماهنگ با هم فعالیت کنند تا حرکات بازو را ایجاد کنند.

هرگاه بازو همراه با خم شدن یا دور شدن، بالا آورده شود حرکات کتف و ترقوه همراه با آن انجام می‌شود.

1 . Scapulohumeral rhythm

کتف باید به سمت بالا بچرخد تا امکان خم کردن و دور کردن کامل در مفصل شانه را فراهم کند و ترقوه باید به سمت بالا رفته و بچرخد تا امکان حرکت کتف فراهم شود. نمای خلفی رابطه بین حرکات بازو و کتف در شکل ۵-۸ نشان داده شده است.



شکل ۵-۸. حرکت بازو با حرکات کمربند شانه همراه است. رابطه عملی بین این دو به عنوان ریتم اسکپولوهمورال شناخته می‌شود. بازو می‌تواند تنها در ۳۰ درجه دور شدن و ۴۵ تا ۶۰ درجه خم شدن با حداقل حرکات کتف حرکت کند. پس از این زاویه، حرکات کتف همزمان با حرکات بازو رخ می‌دهد. با ۱۸۰ درجه خم کردن یا دور کردن تقریباً ۱۲۰ درجه حرکت در مفصل کتفی بازویی رخ می دهد و ۶۰ درجه حرکت در نتیجه حرکت کتف بر روی قفسه سینه اتفاق می‌افتد.

در ۳۰ درجه اول دور کردن یا ۴۵ تا ۶۰ درجه اول خم کردن، کتف یا به سمت ستون مهره‌ها حرکت می‌کند یا از ستون مهره دور می‌شود تا موقعیت پایداری را روی قفسه سینه داشته باشد. پس از آن که ثبات کتف حفظ شد، کتف با حرکات چرخش بالایی و پروتراکشن و الویشن، به سمت خارج، جلو و بالا، حرکت می‌کند. وقتی بازو خم یا دور شود، ترقوه نیز به سمت عقب می‌چرخد، بالا می‌رود و دور می‌شود.

در مراحل اولیه دور کردن یا خم کردن، تمام حرکات به جز حرکات تثبیت کننده کتف، بیشتر در مفصل گلنوهومرال انجام می‌شود. پس از ۳۰ درجه دور کردن یا ۴۵ تا ۶۰ درجه خم کردن، نسبت حرکات گلنوهومرال به کتف پنج به چهار می‌شود. یعنی به ازای هر ۵ درجه حرکت بازو، کتف ۴ درجه روی قفسه سینه حرکت می‌کند. در دامنه کامل حرکت تا ۱۸۰ درجه خم کردن یا دور کردن، نسبت حرکت گلنوهومرال به کتف دو به یک است. بنابراین، ۱۲۰ درجه حرکت گلنوهومرال و ۶۰ درجه حرکت کتف، دامنه ۱۸۰ درجه را ایجاد می‌کند. اَعمال مفاصل مشارکت کننده برای تولید حرکات کتف عبارتند از: ۲۰ درجه در مفصل AC، ۴۰ درجه در مفصل SC و ۴۰ درجه چرخش خلفی ترقوه.

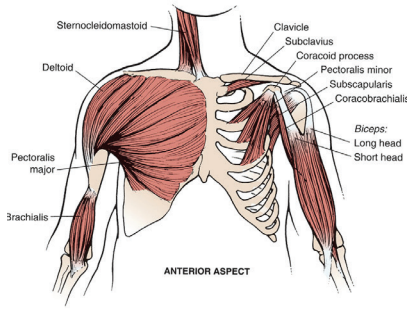
دامنه حرکتی مفصل آرنج	دامنه حرکتی مفصل شانه	فعالیت
۱۱۵ درجه خم کردن	۲۰-۱۰۰ درجه الویشن همراه با ۳۷/۷ درجه چرخش	شانه کردن مو
۱۱۶ درجه خم کردن با ۳۳ درجه پرونیشن	۳۶ درجه الویشن	غذا خوردن با قاشق
۲۰ درجه فلکشن با ۱۰۲ درجه پرونیشن	۵۷/۵ درجه الویشن همراه با ۵ درجه چرخش	مطالعه کردن

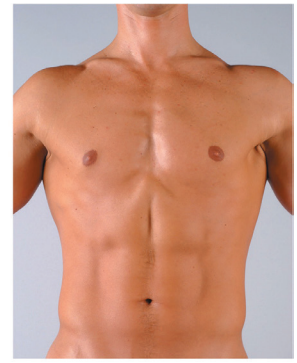
هنگامی که بازو با زاویه ۹۰ درجه دور می‌شود، برجستگی بزرگ سر استخوان بازو، به قوس کروکوآکرومیون نزدیک می‌شود، فشار وارد بر بافت نرم حرکت دور شدن را محدود می‌کند و برجستگی به زائده آخرمی برخورد می‌کند. اگر بازو به خارج چرخانده شود، از آنجایی که برجستگی بزرگ از زیر قوس به خارج حرکت می‌کند، می‌توان بازو را ۳۰ درجه بیشتر دور کرد. هنگامی که بازو چرخش داخلی دارد به دلیل این که برجستگی بزرگ

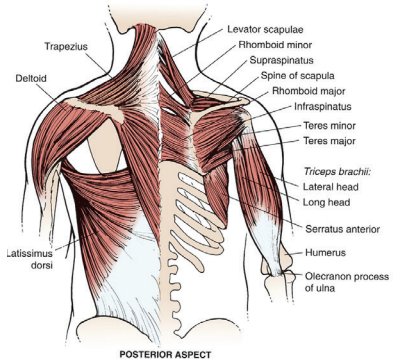
زیر قوس قرار دارد، محدودیت حرکت دور کردن بازو بیشتر خواهد شد و فقط تا ۶۰ درجه انجام می‌شود. به علاوه تا زمانی که بالاتنه برای کمک به حرکت مقداری باز نشده باشد، نمی‌توان بازو را به طور کامل دور کرد.

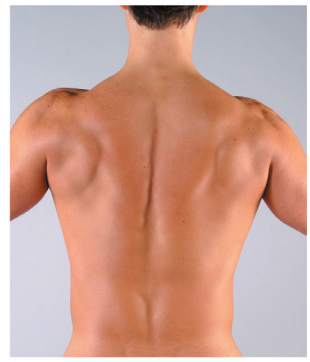
اَعمال عضلانی

مبداء، عملکرد و عصب رسانی عضلات برای هر عضله در مفصل شانه و کمربند شانه در شکل ۵-۹ نشان داده شده است. بیشتر عضلات در ناحیه شانه تثبیت کننده و باعث ایجاد حرکت می شوند. اثر متقابلی بین عضلات این ناحیه وجود دارد.









اَعمال اصلی عضله	عصب دهی	محل اتصال	عضله
خم شدن، نزدیک شدن، نزدیک شدن افقی شانه	ماسکلوکوتانئوس، C۵، C۶، C۷	زائده غرابی کتف تا بخش میانی داخلی تنه استخوان بازو	کوراکوبراکیالیس
تارهای قدامی: دور شدن، خم شدن، نزدیک شدن افقی، چرخش داخلی شانه تارهای میانی: دور شدن شانه تارهای خلفی: دور شدن، دور شدن افقی، چرخش خارجی شانه	آگزیلاری، C۵، C۶	یک سوم بخش خارجی بخش قدامی ترقوه، لبه تحتانی خار کتف تا برجستگی دلتوئید استخوان بازو	دلتوئید
چرخش خارجی شانه، دور شدن افقی استخوان بازو، تثبیت کننده سر استخوان بازو	ساب اسکاپولار، C۵، C۶	حفره تحت خاری تا برجستگی بزرگ استخوان بازو	اینفرااسپیناتوس

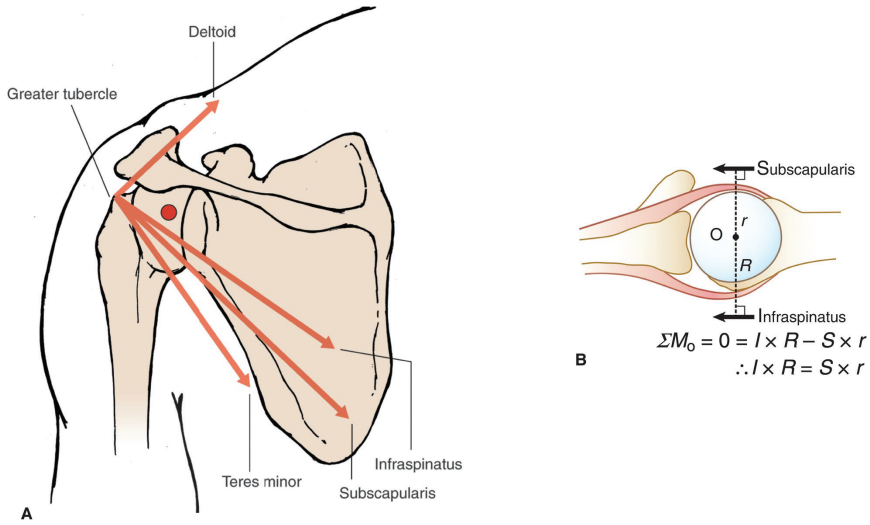
اَعمال اصلی عضله	عصب دهی	محل اتصال	عضله
نزدیک شدن، باز شدن، چرخش داخلی شانه	توراکودورسال، C۸ –C۶	زائده خاری مهره های پشتی T۶– T۱۲ و کمری L۱–L۵، تاج خاصره، زاویه تحتانی کتف، شیار بین دو برآمدگی استخوان بازو	لاتیسموس دورسی
الویشن کتف	شبکه گردنی از C۳ و C۴، دورسال اسکپولار C۵	زائده عرضی چهار مهره اول گردنی تا زاویه فوقانی کتف	لواتور اسکاپولا
بخش ترقوه ای: چرخش داخلی، نزدیک شدن افقی، خم شدن شانه بخش جناغی: چرخش داخلی، نزدیک شدن افقی، بازشدن، نزدیک شدن شانه	مدیال پکتورال C۸ –C۶	جناغ و ترقره، دنده اول الی ششم تا برجستگی بزرگ استخوان بازو، شیار بین دو برآمدگی استخوان بازو	پکتورالیس ماژور
نزدیک شدن، چرخش پایین، الویشن کتف	مدیال انتریور توراسیک، C۸، T۱	دنده ۳ الی ۵ تا زائده کروکوئید	پکتورالیس مینور
نزدیک شدن، چرخش پایینی کتف، الویشن کتف	دورسال اسکپولار، C۵	زائده خاری هفتمین مهره گردنی و سه مهره سینه‌ای تا لبه داخلی استخوان کتف	رومبوئید
دور شدن، الویشن، چرخش بالایی، چسباندن کتف به قفسه سینه	لانگ توراسیک، C۷ –C۵	دنده های اول الی هشتم در پهلوی سینه تا سراسر لبه داخلی کتف	سراتوس انتریور
دیپوشن ترقوه	براکیال، C۵، C۶	قسمت غضروفی دنده اول تا بخش پشتی استخوان ترقوه	ساب کلاویوس
چرخش داخلی، نزدیک شدن، باز کردن مفصل شانه، نزیک شدن افقی و تثبیت کننده سر استخوان بازو	ساب اسکپولار، C۷ –C۵	حفره تحت کتفی تا برآمدگی کوچک استخوان بازو	ساب اسکاپولاریس
دور کردن، چرخش خارجی شانه، تثبیت کننده سر استخوان بازو	ساب اسکپولار، C۷ –C۵	حفره فوق خاری تا برآمدگی کوچک استخوان بازو	سوپرااسپیناتوس
بازکردن، نزدیک کردن، چرخش داخلی شانه	ساب اسکپولار، C۵، C۶	سطح خلفی کتف در زاویه تحتانی تا برآمدگی کوچک استخوان بازو	ترس ماژور
چرخش خارجی، نزدیک شدن، تثبیت سر استخوان بازو	آگزیلاز، C۵، C۶	لبه خارجی خلفی کتف تا برآمدگی بزرگ استخوان بازو	ترس مینور
بخش بالایی: الویشن کتف بخش میانی: الویشن ، نزدیک کردن کتف بحش پایینی: دیپرشن، نزدیک کردن و چرخش بالایی کتف	اکسسوری– بخش سینه‌ای T۱۱ کرانیال، C۳، C۴	استخوان پس سری، لیگامان نوکه آ، زائده خاری اولین مهره گردنی تا دوازدهمین مهره پشتی تا لبه زائده آخرومی، خار کتف، بخش خارجی استخوان ترقوه	تراپزیوس

شکل ۵-۹. عضلاتی که بر روی مفصل شانه و کمربند شانه، بخش قدامی (بالا) و خلفی (پایین) عمل می‌کنند، همراه با مبداء و عصب‌دهی عضلات، عضلات مسئول حرکات مشخص شده (PM) و عضلات کمک کننده (Asst) در جدول صفحات بعد آمده است.

عضلات درگیر در حرکات دور کردن و خم کردن شانه مشابه هستند. دلتوئید حدود ۵۰ درصد از نیروی عضلانی را برای بالا بردن بازو در حین دور کردن یا خم کردن تولید می‌کند. هرچه دامنه دورکردن بیشتر شود، نقش عضله دلتوئید هم بیشتر می‌شود. این عضله در دامنه ۹۰ تا ۱۸۰ درجه بیشترین فعالیت را دارد. با این حال نشان داده شده که بیشترین مقاومت عضله دلتوئید در برابر خستگی در دامنه حرکتی بین ۴۵ تا ۹۰ درجه است، یعنی دامنه‌ای که در اکثر تمرین‌های بالا آوردن بازو متداول است.

هنگامی که بازو بالا آورده می‌شود، عضلات روتاتور کاف (ترس مینور[1]، ساب اسکپولاریس[2]، اینفرااسپیناتوس[3] و سوپرااسپیناتوس[4]) نیز نقش مهمی ایفا می‌کنند، زیرا عضله دلتوئید نمی‌تواند بازو را بدون تثبیت سر استخوان بازو خم کند. عضلات روتاتور کاف به طور کلی می‌توانند خم کردن یا دور کردن بازو را تا حدود ۵۰ درصد نیروی معمولی تولیدی، در این حرکات انجام دهند.

در مراحل اولیه خم‌کردن یا دورکردن بازو، خط کشش عضله دلتوئید عمودی است، بنابراین عضله سوپرااسپیناتوس موجب حمایت آن می‌شود. این عضله در حین عمل دور کردن، سر استخوان بازو را فشرده و حرکت آن را کنترل می‌کند. عضلات روتاتور کاف برای حفظ سر استخوان بازو در حفره گلنوئید منقبض می‌شوند. عضلات ترس مینور، اینفرااسپیناتوس و ساب اسکپولاریس با اعمال نیروی رو به پایین به تثبیت سر استخوان بازو کمک می‌کنند. لاتیسموس دورسی نیز به صورت برون‌گرا منقبض می‌شود تا به ثبات سر بازو کمک کند که فعالیت آن با افزایش زاویه افزایش می‌یابد. تعامل بین دلتوئید و روتاتور کاف هنگام دور کردن و خم کردن در شکل ۵-۱۰ نشان داده شده است. نیروی تحتانی و داخلی عضلات روتاتور کاف به دلتوئید اجازه می‌دهد تا بازو را بالا ببرد.

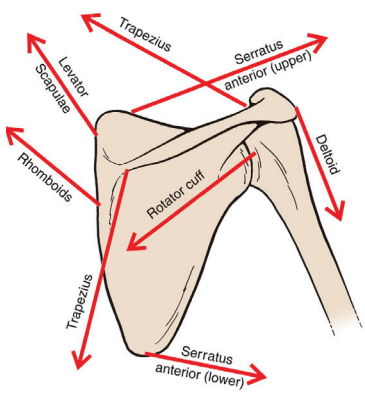


شکل ۵-۱۰. خم کردن یا دور کردن، توسط زوج نیرو بین دلتوئید و روتاتور کاف (A) ایجاد می‌شود. همچنین در صورتی که سر استخوان بازو در مفصل تثبیت شده باشد، بالا بردن بازو به بهترین وجه انجام می‌شود. از بالا نشان داده شده است که عضلات ساب اسکپولاریس و اینفرااسپیناتوس نیرویی را اعمال می‌کنند تا سر استخوان را تحت فشار قرار داده و موجب ثبات در مفصل شوند در حالی که دلتوئید، استخوان بازو را بالا می‌برد (B).

1 . Teres minor
2 . Subscapularis
3 . Infraspinatus
4 . Supraspinatus

هنگامی‌کـه خـم کـردن یا دور کردن از ۹۰ درجه فراتـر رود، نیروی عضلات روتاتـور کاف کاهش می‌یابد و مفصل شانه بیشتر مستعد آسیب دیدگی می شود. با این حال یکی از عضلات روتاتور کاف یعنی سوپرااسپیناتوس نقـش بسـیار مهمـی در خم کردن و دور کردن بالاتر از ۹۰ درجه ایفـا می‌کند. در دامنه حرکتی بالا، عضله دلتوئید سـر اسـتخوان بازو را به پایین و خارج حفره مفصلی می‌کشـد و در نتیجه نیمه دررفتگی ایجاد می‌کند. حرکت در دامنه ۹۰ تا ۱۸۰ درجه خم کردن یا دور کردن مستلزم چرخش خارجی مفصل است. اگر بازو ۲۰ درجه یا بیشتر به خارج بچرخد، عضله دوسر بازویی می‌تواند بازو را دور کند.

هنگامی که بازو خم یا دور می‌شود، کمربند شانه باید دور شود، بالا برود و با چرخش خلفی ترقوه به سمت بـالا بچرخـد تا وضعیت حفره گلنوئید در موقعیت مطلوب حفظ شـود. همانطور که در شـکل ۵-۱۱ نشـان داده شـده است، سراتوس انتریور و تراپزیوس به عنوان یک زوج نیرو برای ایجاد حرکات جانبی، فوقانی و چرخشـی کتـف منقبض می‌شـوند. ایـن اعمـال عضلانی زمانـی انجام می‌شـود کـه دلتوئید و تـرس مینور بالا آوردن بازو را شـروع کرده‌اند و حرکت تا ۱۸۰ درجه ادامه می‌یابد. بیشـترین دامنه فعالیت این عضلات از ۹۰ درجـه تـا ۱۸۰ درجـه ادامـه می‌یابد. سـراتوس انتریـور همچنین مسـئول نگـه داشـتن کتف بـر روی دیواره قفسـه سـینه و جلوگیری از هرگونه حرکت جداشدن لبه داخلی کتف از قفسه سینه است.



شکل ۵-۱۱. جهت های مختلف کشش عضلات کمربند شانه و دلتوئید و روتاتور کاف برای بازویی که بدون هیچگونه انقباضی باشد. به خط کشش تراپزیوس و سراتوس انتریور توجه کنید که با هم برای دورکردن، بالا بردن و چرخش بالایی کتف منقبض می‌شوند تا خم کردن یا دور کردن بازو عملی شود. به همین ترتیب، به کشش عضلات لواتور اسکاپولا و رومبوئید توجه کنید، که به بالا آوردن کتف نیز کمک می‌کند.

اگـر بـازو بـه آرامی پایین بیاید و باعث ایجاد نزدیک شـدن یا باز شـدن بازو همراه با ریترکشـن، دیپرشـن و چرخش به سمت پایین کمربند شانه با چرخش جلویی ترقوه می‌شود که اعمال این عضلات به صورت برون‌گرا صـورت مـی گیرد. بنابراین، حرکت توسـط عضلاتی کـه قبلاً در بخش دور کردن و خم کـردن بازو توضیح داده شـد، کنترل می‌شـود. اگر بازو به شـدت پایین بیاید یا اگر در برابر مقاومت خارجی مانند دستگاه تمرینات با وزنه پاییـن بیایـد، عمـل عضـلات بصـورت درون‌گرا خواهد بـود. هنگام حرکت نزدیـک کردن یا باز کـردن در برابر مقاومـت خارجی، مانند حرکت‌های مختلف شـنای کرال، عضلات مسـئول ایجاد حرکـت در این مفصل عبارتند از لاتیسـیموس دورسـی، ترس ماژور و بخش جناغی پکتورالیس ماژور. ترس ماژور فقط در برابر مقاومت فعال می‌شود، اما نشان داده شده است که لاتیسموس دورسی در این حرکات حتی زمانی که هیچ مقاومتی وجود نداشته باشد، فعال خواهد شد. همانطور که بازو نزدیک یا باز می‌شود، کمربند شانه همراه با چرخش جلویی ترقوه دور می‌شود، دیپرشن شده و به سمت پایین می‌چرخد. عضله رومبوئید، کتف را پایین می‌چرخاند و با عضله‌های ترس ماژور و لاتیسیموس دورسی به عنوان یک زوج نیرو برای کنترل حرکات بازو و کتف در هنگام پایین آمدن عمل می‌کنـد. سـایر عضلاتـی که در باز گرداندن کتف به وضعیت اولیه مشـارکت دارند، عبارتنـد از: پکتورالیس مینور (دیپرشـن و چرخش پایینی کتف) و قسـمت‌های میانی و تحتانی تراپزیوس (کتف را به همراه رومبوئید نزدیک می‌کند). این اثر متقابل عضلانی در شکل ۵-۱۲ نشان داده شده است.