



Mens in beweging

Y.Bogaerts

Ergotherapie

De mens in beweging
fase 1 De mens in beweging

Woord vooraf

Het menselijk lichaam met zijn bewegingsmogelijkheden (of -beperkingen), is het onderwerp van fysieke revalidatie binnen de ergotherapie. Het is voor de ergotherapeut cruciaal om met een breed inzicht en correcte terminologie over "de mens in beweging" te kunnen redeneren en rapporteren. Om dit te kunnen doen is een zekere kennis van anatomie, bewegingsleer en biomechanica vereist. Deze cursus heeft tot doel om uit deze verschillende disciplines de nodige items aan te reiken en samen te brengen om de normale menselijke beweging op een professionele te kunnen beschrijven en analyseren.

Inhoudsopgave

1.1	Het skelet als referentiekader.....	7
1.1.1	Overzicht.....	7
1.1.2	Terminologie voor plaatsaanduiding.....	9
1.2	Gewrichten.....	11
1.2.1	Het synoviaal gewricht.....	11
1.2.2	Gewrichtsassen.....	14
1.2.3	Bewegingsterminologie: assen, vlakken en bewegingsrichtingen... ..	15
1.2.4	De Rol van ligamenten in een synoviaal gewricht.....	19
1.2.5	De rol van spieren in een functionele anatomische entiteit.	21
1.3	Inleidende begrippen uit de biomechanica.....	26
1.3.1	Het begrip kracht (symbool F).....	26
1.3.2	Wetten van Newton:.....	28
1.3.3	Voorwerpen in statisch evenwicht.	32

2 Het bovenste lidmaat in beweging.

2.1	Schouderregio.....	38
2.1.1	Osteologie van de schouderregio.....	38
2.1.2	Anatomische verbindingen in de schouderregio.....	43
2.1.3	Bewegingen in de schouderregio.....	48
2.1.4	Spieren van de schouderregio:.....	53
2.1.5	Biomechanica: invloed van de zwaartekracht op de belasting van een gewricht.	65
2.2	De elleboog en voorarm.....	79
2.2.1	Osteologie van de elleboogregio.....	79
2.2.2	Verbindingen in elleboog en voorarm.....	80
2.2.3	Bewegingen in de elleboog/voorarm.....	82
2.2.4	Spieren rond de elleboog/voorarm.....	88
2.2.5	Biomechanische benadering van soorten spierwerk.....	94
2.3	Pols en hand.....	98
2.3.1	Osteologie van de hand:.....	98
2.3.2	Verbindingen in de pols.....	101
2.3.3	Bewegingsamplitudo's in de polsregio.....	103
2.3.4	Verbindingen in de hand.....	104
2.3.5	Bewegingsmogelijkheden in de hand.....	106
2.3.6	Spieren van de pols en handregio.....	108
2.4	Biomechanica: analyse van spierwerk in het bovenste lidmaat. ..	118

3 Het onderste lidmaat in beweging:

3.1	De heupregio.....	121
3.1.1	Osteologie van de heupregio.....	121
3.1.2	Het heupgewricht – articulatio coxae.....	125
3.1.3	Bewegingen in de heupregio.....	125
3.1.4	Spiergroepen rond de heup.....	131
3.1.5	Biomechanica : compensaties bij heuppijn of abductorzwakte. ...	138
3.2	De Knie-regio.....	141
3.2.1	Osteologie van de knieregio.....	141
3.2.2	Het kniegewricht - Articulatio genus:.....	144
3.2.3	Beweging in het kniegewricht.....	147
3.2.4	Spiergroepen rond de knie.....	149

3.2.5	Biomechanica: de rol van de patella in het kniegewricht	152
3.3	De enkel-voetregio.....	153
3.3.1	Osteologie van de enkelvoetregio.....	153
3.3.2	Verbindingen in het de enkel-voetregio.....	160
3.3.3	Bewegingsamplitudes in de enkel-voetregio	164
3.3.4	Spiergroepen van de enkel-voet regio:	166

4 De romp in beweging

4.1	Osteologie van de romp	170
4.1.1	De wervelkolom, columna vertebralis.	170
4.1.2	Hoog cervicale regio (C1-C2).....	175
4.1.3	de thorax.....	177
4.2	Verbindingen in de romp.....	179
4.2.1	Verbindingen in de wervelkolom.	179
4.2.2	Hoogcervicale verbindingen.....	181
4.2.3	Gewrichten van de thorax	182
4.2.4	Bewegingen in de romp	185
4.3	Spieren in de romp en cervicale regio	188
4.3.1	Dorsale spieren: nek en rugspieren	188
4.3.2	Ventrale spieren in de hals.....	190
4.3.3	Rompflexoren de buikspieren	192
4.3.4	De dwarse buikspieren als rompkorset.....	193
4.4	Biomechanische benadering van belasting op de wervelkolom. rugschool en preventie van rugklachten	194
4.4.1	Inleiding:	194
4.4.2	Spieronevenwicht en rugklachten.....	194
4.4.3	Mechanische oorzaak van discusslijden	195
4.4.4	Mechanische oorzaak van facetlijden	197
4.4.5	Rusthouding voor de lumbale wervelzuil.	197
4.4.6	Hef-technieken ter preventie van rugklachten, een biomechanische benadering.....	198

5 De mens in evenwicht.

5.1	Zwaartepunt van het menselijk lichaam.....	201
5.1.1	Definitie zwaartepunt	201
5.1.2	Ligging van het lichaamszwaartepunt:	201
5.2	Evenwicht	208
5.2.1	inleiding.....	208
5.2.2	Statisch vs. Dynamisch evenwicht.....	208
5.2.3	Evenwichtstoestanden:	209
5.2.4	Toepassing:	212

6 Praktijklessen:

7 APPENDIX: VECTORREKENEN

1	Vectorbewerkingen	215
1.1	Gelijke vectoren.....	215
1.2	Tegengestelde vectoren.....	216
1.3	De som van vectoren	216
1.4	Een vectoriële som waarvan het resultaat nul is.....	217

1.5	Het verschil van vectoren	218
1.6	Vector ontbinden in factoren	218

Referenties

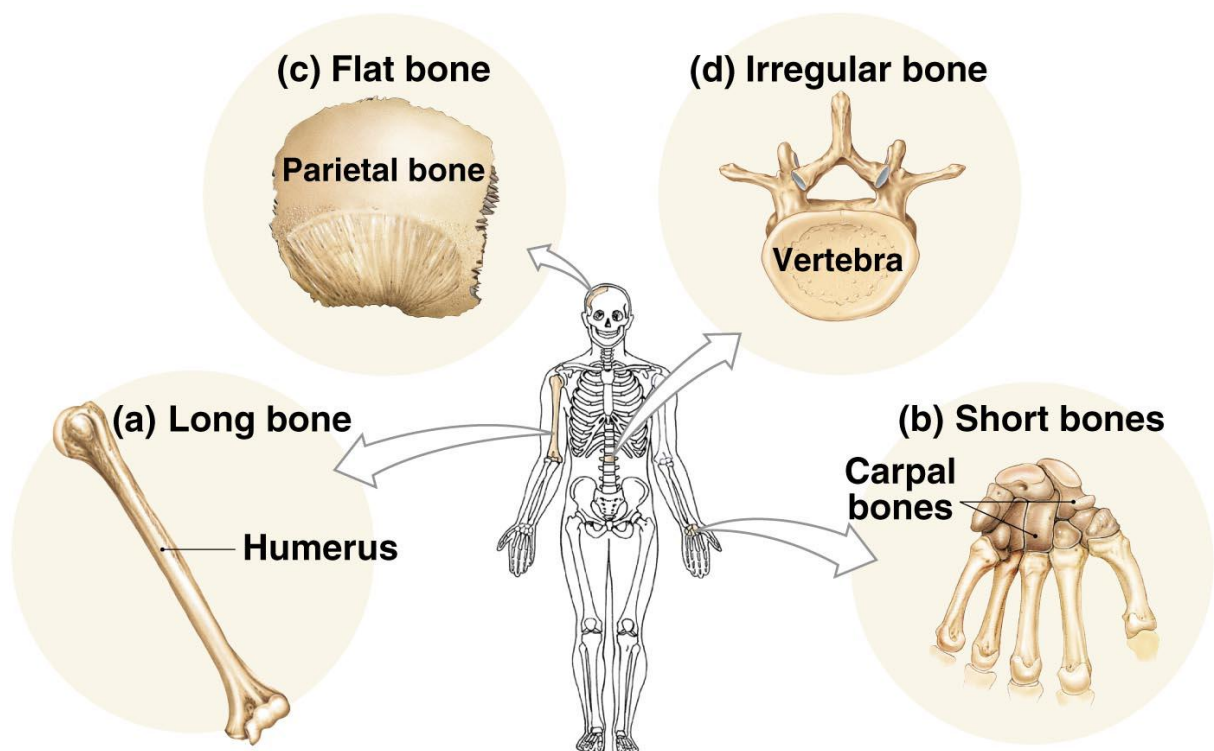
1. Inleiding

1.1 Het skelet als referentiekader.

1.1.1 Overzicht

De osteologie of studie van de botstukken, beschrijft de vorm en ligging van de verschillende botstukken in het menselijke lichaam. De verzameling van botstukken, of het skelet, vormt een referentiekader dat noodzakelijk is om de ligging en functie van andere anatomische structuren te kunnen beschrijven. Daarnaast heeft het skelet op zich uiteraard een belangrijke functionele rol in het locomotorische (=steun- en bewegings-)stelsel als rigide ondersteunde en beschermende structuur.

De botten worden onderverdeeld in 4 categoriën: lange, korte en platte en onregelmatige.



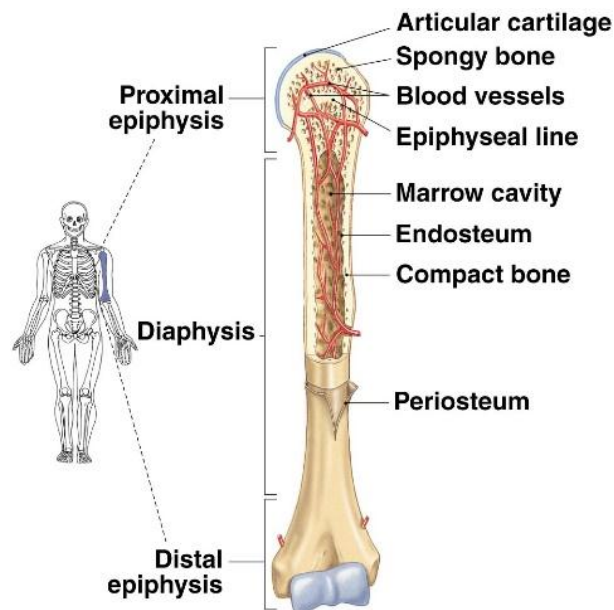
Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings

In de volgende hoofdstukken worden alle botstukken qua vorm en ligging beschreven.

Bij korte botstukken volstaat het om bij wijze van referentiekader de vorm en ligging te kennen (bijvoorbeeld de handwortelbeentjes...).

De lange botstukken hebben een botschacht (diafyse) die aan de uiteinden (de epifysen) breder wordt. De epifysen hebben aantal specifieke kenmerken

die essentieel zijn voor de bouw van een functioneel gewricht (gewrichtskop, gewrichtskom, kraakbeen, aanhechtingsplaatsen voor spieren...) Een aantal van deze structuren zullen in deze cursus aan bod komen.



Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings

De beschrijving van platte en onregelmatige botstructuren beperkt zich in deze cursus tot de elementen die essentieel zijn om de gewrichten te bespreken waar ze bij betrokken zijn.

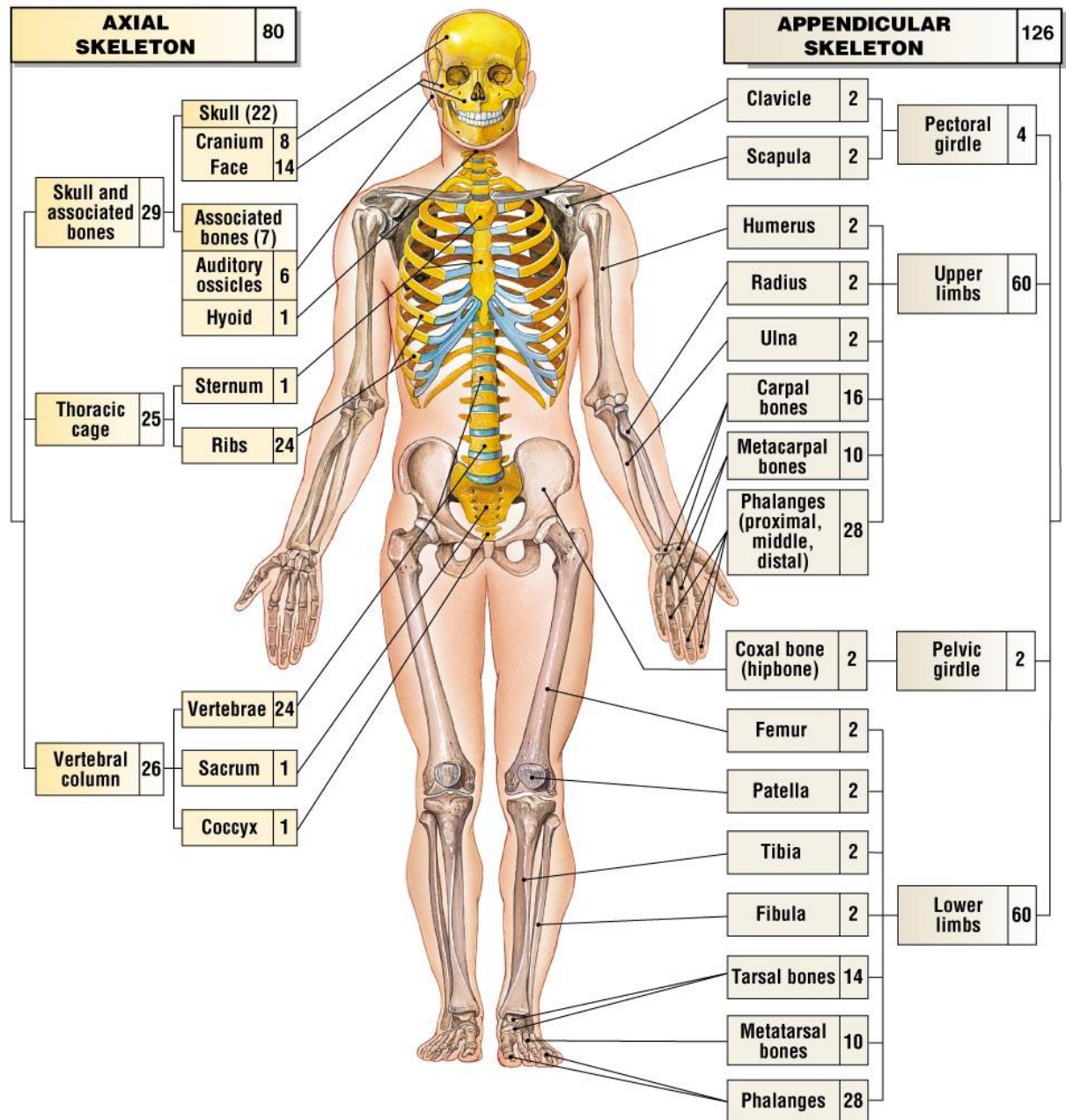
Daarnaast worden er in de klassieke osteologie nog heel veel andere details (vorm en reliëf) uitgebreid beschreven en benoemd. Om uiteindelijk inzicht te krijgen in de menselijke beweging is de kennis van deze details vaak minder relevant. (indien nodig zijn alle verschillende benamingen trouwens gemakkelijk op te zoeken in anatomische atlanten)

Volgende figuur toont en benoemt de 206 (!) verschillende skeletonderdelen.



Studietip

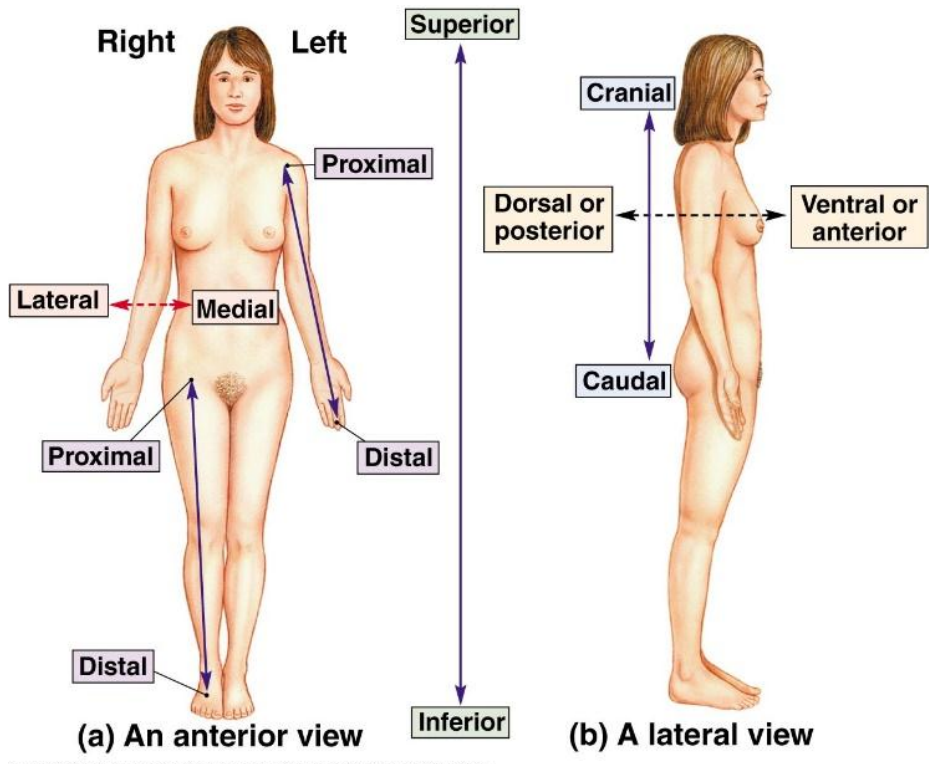
- Alle details kennen is geen vereiste, het is echter wel essentieel om het skelet als referentiekader goed te kennen. Het is raadzaam zelf schematisch (zonder details) botstructuren te leren tekenen, hun onderlinge verhoudingen te kennen en ze te kunnen benoemen.



Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings

1.1.2 Terminologie voor plaatsaanduiding

De houding waarin het skelet hier wordt voorgesteld staat bekend als "anatomische stand" (recht op staand, vooruitkijken, handpalmen naar voor...). Deze houding wordt altijd als referentie gebruikt bij het beschrijven van anatomische structuren. Begrippen als voor- en achterkant, boven en onderkant zijn op deze manier ondubbelzinnig vastgelegd. Voor dergelijke plaatsaanduidingen op het menselijk lichaam bestaat er bovendien een specifiek vakjargon...



(a) An anterior view

(b) A lateral view

Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings

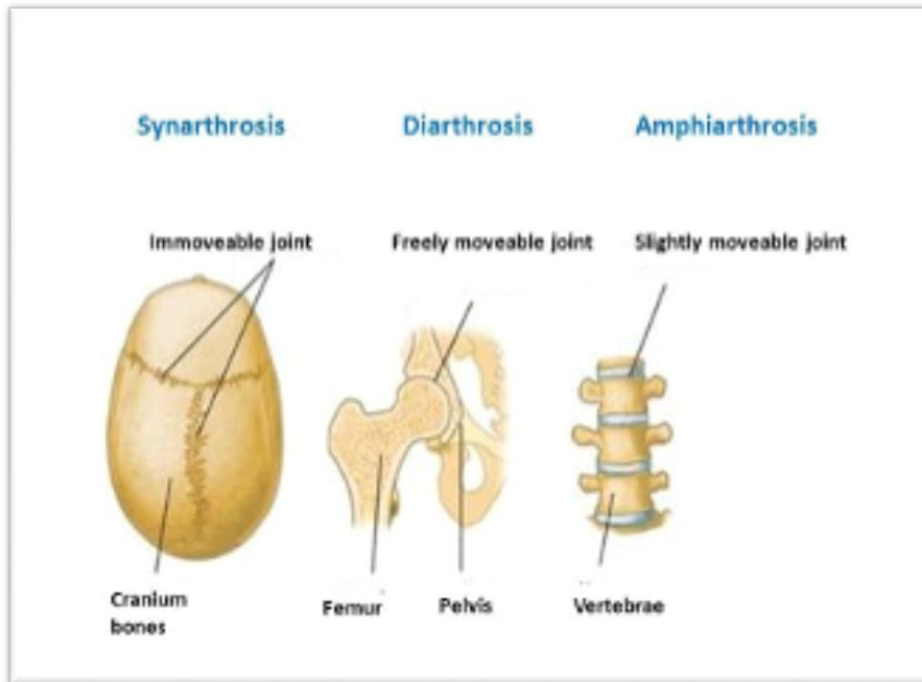
1.2 Gewrichten

1.2.1 Het synoviaal gewricht

Terwijl de botstukken een zekere stevigheid (rigiditeit) aan het lichaam bieden, is het de verbinding tussen botstukken die bepaalt of er onderling al dan niet (veel) beweging mogelijk is tussen de verschillende skeletdelen.

Elke verbinding tussen twee (of meer) skeletdelen wordt een gewricht genoemd. Afhankelijk van de bouw en de beweeglijkheid worden er binnen de artrologie (dit is de studie van de gewrichten) verschillende gewrichtstypes beschreven.

Synarthrose: laat geen beweging toe	Botstukken tegen elkaar, uitsluitend naden zichtbaar (sutura)
Amphiarthrose: laat zeer beperkte beweging toe	Botstukken via gemeenschappelijk kraakbeen aan elkaar verbonden (synchondrose) Kraakbeen eventueel versterkt met bindweefsel (symfyse) Duidelijk afzonderlijke botstukken aan (zonder kraakbeen) aan elkaar verbonden door middel van bindweefselige band (syndesmose)
Diarthrose: laat relatief ruime bewegingen toe	Synoviaal gewricht



In functie van de "mens in beweging" zijn de diarthrosen of synoviale gewrichten uiteraard de belangrijkste.

Synoviale gewrichten hebben volgende specifieke kenmerken:

- Gewrichtsvlakken bedekt met **hyalijn kraakbeen** (cartilago)
- Gewricht omvat door **gewrichtskapsel** (capsula)
- Gewrichtssmeer of **synoviaal vocht** (synovia)
- Relatief grote bewegingsamplitude
- Gewrichtsbanden of **ligamenten**
 - **Externe** ligamenten lopen buiten het gewrichtskapsel,
 - Soms ook **interne** ligamenten (binnen het gewrichtskapsel)
- Eventueel met bursa, discus, meniscus....

Schematische voorstelling van een synoviaal gewricht.



Het kraakbeen is zeer glad, sterk en een beetje elastisch waardoor het een ideale beschermlaag biedt voor de contactvlakken in een gewricht. In combinatie met het synovia of gewrichtsmeer laat het kraakbeen een quasi wrijvingloze beweging tussen de botstukken toe.

Synovia wordt aangemaakt door de cellen van het gewrichtskapsel. Het kapsel omhult het gewricht en houdt het synovia ter plaatse. Ligamenten of gewrichtsbanden zorgen voor een stevige verbinding tussen de verschillende botstukken.

Bij de meeste gewrichten passen de contactvlakken goed op elkaar. In sommige gewrichten wordt de congruentie vergroot door een afzonderlijk extra stukje kraakbeen tussen de botstukken. Een dergelijke meniscus (wigvormig) of discus (schijfvormig) vormt bovendien een extra schokdemper in het gewricht.

1.2.2 Gewrichtsassen

In synoviale gewrichten kunnen botstukken draaibewegingen maken rond bepaalde assen. Er bestaan per gewricht slechts 3 assen waarrond een botstuk zou kunnen draaien.

De **longitudinale as**, loopt volgens de lengte-richting van een botstuk. Als een botstuk rond de longitudinale as zou draaien draait het dus ter plaatse, om zijn eigen as.

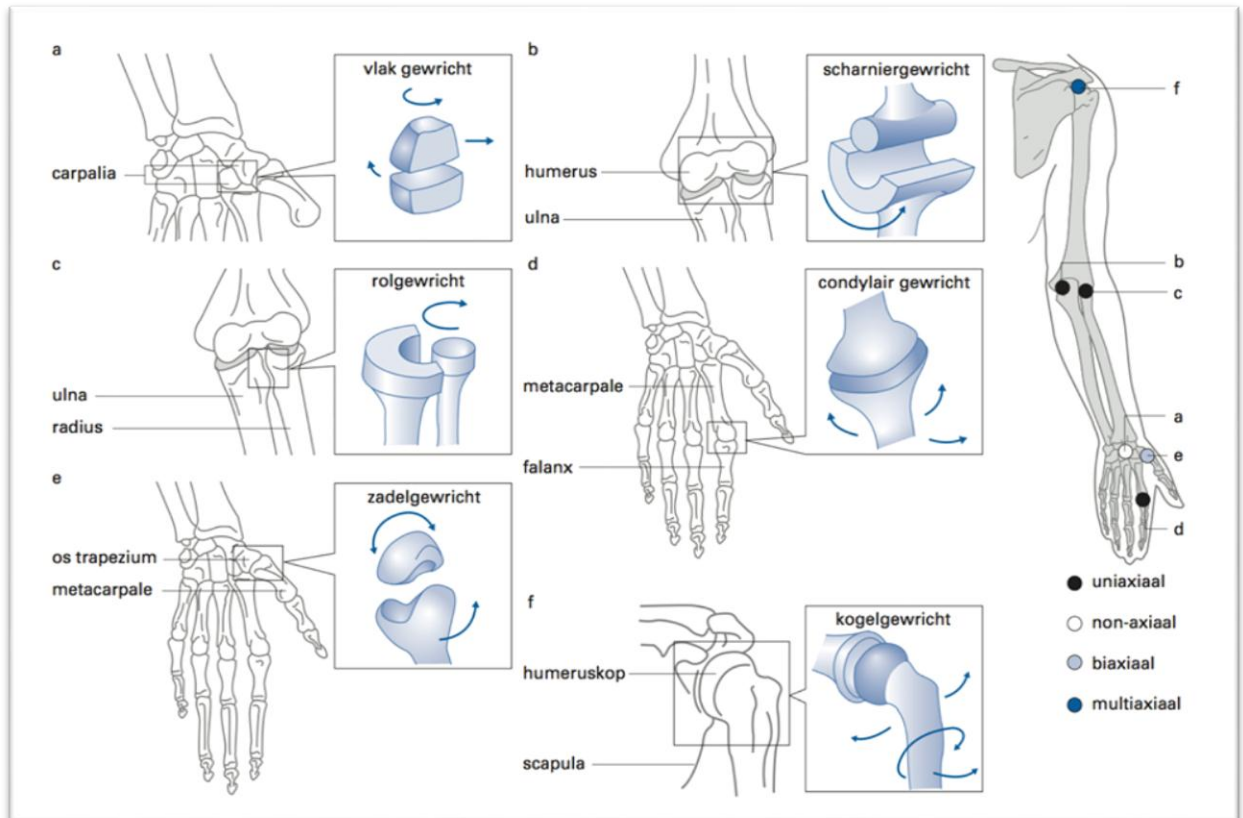
De **transversale as**, loopt in anatomische stand dwars (van links naar rechts) door een gewricht, loodrecht op de longitudinale as. Als een botstuk rond de longitudinale as draait, beweegt het dus naar voor of naar achter(!).

De **sagittale as**, loopt voor-achterwaarts door het gewricht. Als een botstuk rond de sagittale as zou draaien resulteert dit in een zijwaartse (!) beweging.

In principe kunnen bewegingen in een gewricht rond verschillende assen gelijktijdig verlopen. De vorm van de gewrichtsvlakken bepaalt rond welke as of assen er in een gewricht bewogen kan worden. Op basis hiervan wordt een onderscheid gemaakt tussen verschillende types van synoviale gewrichten.

Enkelassig gewricht (=Uni-axiaal)	Rolgewrichten: Beweging rond de longitudinale as Scharnier gewrichten: beweging rond de transversale as.
Twee-assig gewricht (=bi-axiaal)	Zadelgewricht en Ellipsoïde (ei-vormig) gewrichten: laten beweging rond de sagittale en de transversale as toe
3-assig gewricht (=tri-axiaal wordt ook wel multi-axiaal genoemd)	Bol-gewricht = kogelgewricht

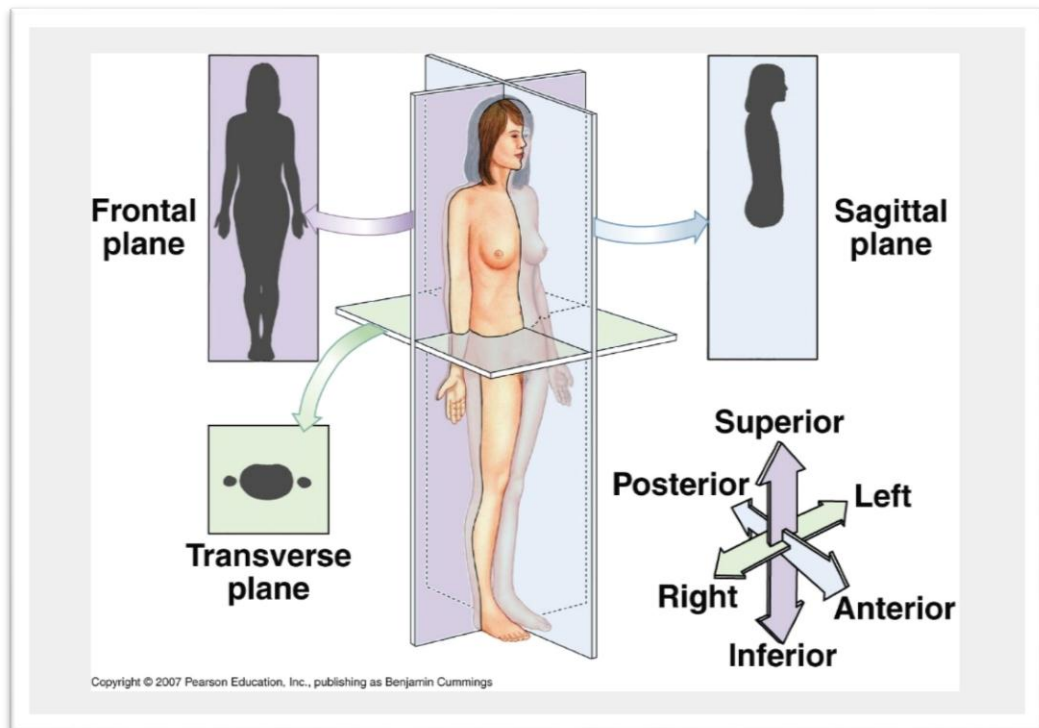
Non-axiale gewrichten of vlakke gewrichten vormen een uitzondering waarbij in het gewricht geen echte draaibewegingen, maar voornamelijk glijbewegingen optreden.



1.2.3 Bewegingsterminologie: assen, vlakken en bewegingsrichtingen

Naast de eerder vermelde assen, wordt bij de beschrijving van bewegingen of anatomische structuren vaak gebruik gemaakt van lichaamsvlakken. Het **frontale vlak** (=coronale vlak), het **sagittale vlak** en het **transversale vlak** (= horizontale vlak).

Merk op dat er een verband bestaat tussen gewrichtsassen en lichaamsvlakken. Bewegingen in een gewricht verlopen rond gewrichtsassen, en resulteren in bewegingen van lichaamssegmenten in een bepaald vlak.



Als er in een gewricht gedraaid wordt rond de sagittale as, beweegt het botstuk in een frontaal vlak (!)

Bijvoorbeeld. Als de arm vanuit anatomische stand zijdelings wordt opgeheven (weg van het lichaam) is er in het schoudergewricht een draaiing rond de sagittale as, en beweegt de arm in het frontaal vlak.

Als er in een gewricht gedraaid wordt rond de transversale as, beweegt het botstuk in een sagittaal vlak (!)

Bijvoorbeeld vanuit uit stand, één been vooruit steken: in de heup is er een draaiing rond de transversale as, het been beweegt in het sagittale vlak.

Als er in een gewricht gedraaid wordt rond de longitudinale as, beweegt een willekeurig punt op het botstuk in een transversaal vlak (!)

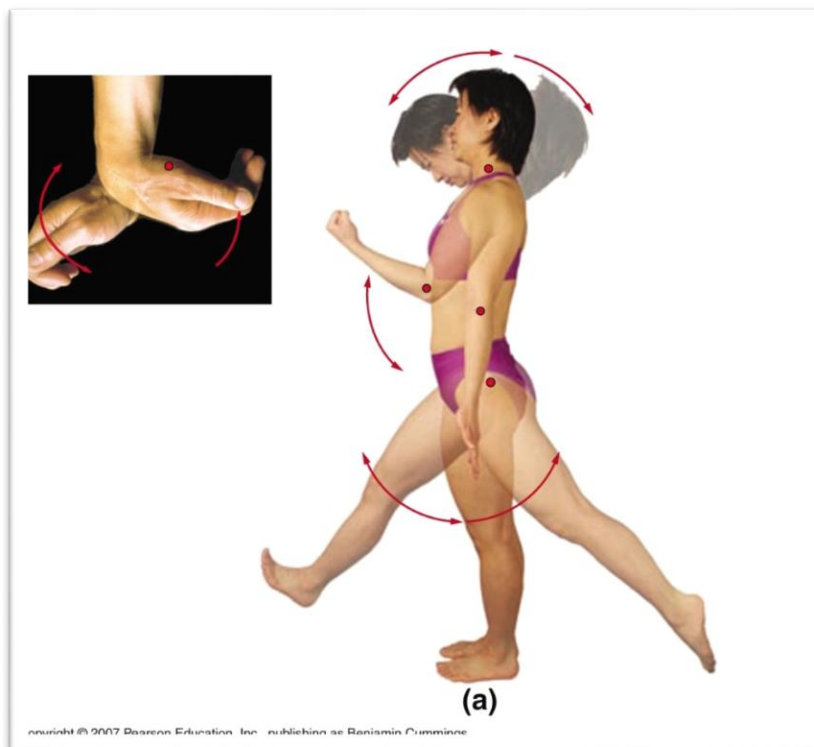
Een gewricht kan één-, twee-, of drie-assig zijn. Hetgeen kan resulteren in bewegingen van lichaamssegmenten in één, twee of drie vlakken. Combinatiebewegingen in twee of drie vlakken gelijktijdig zijn mogelijk.

Een beweging in een bepaald vlak (rond een bepaalde as) kan in twee tegenovergestelde richtingen verlopen. Bijvoorbeeld: in het sagittaal vlak kan een been naar voor of naar achter bewegen...

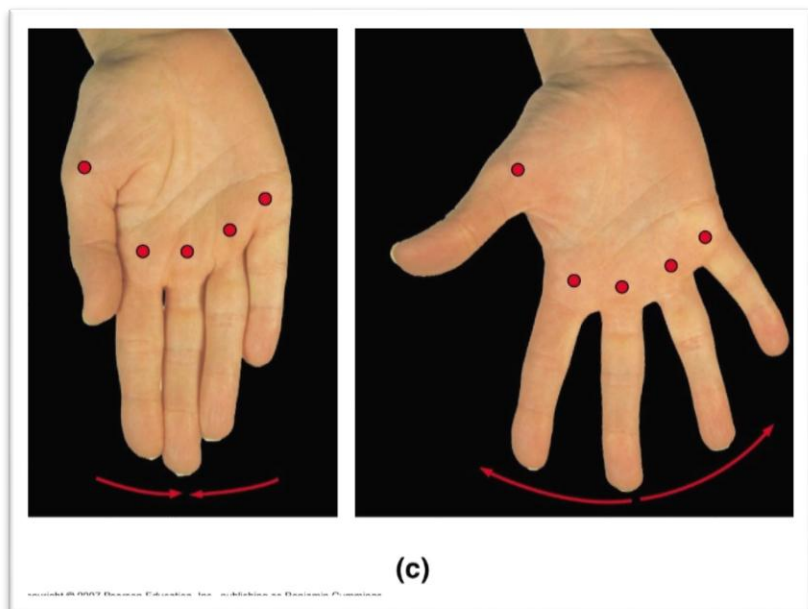
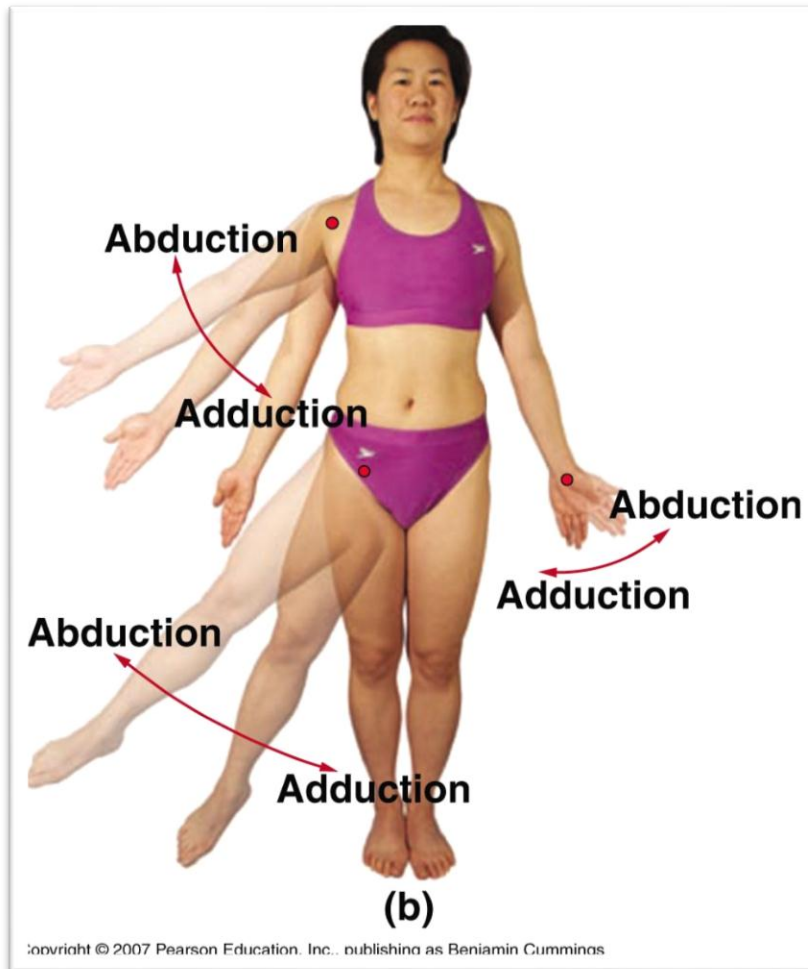
De assen, vlakken en bewegingsrichtingen laten een accurate beschrijving van bewegingen in gewrichten toe, maar voor praktisch gebruik wordt beroep gedaan op specifieke bewegingsterminologie.

De termen **flexie en extensie** worden algemeen gebruikt voor de bewegingen rond de transversale as (in het sagittaal vlak). Bij flexie verkleint de hoek tussen de gewrichtsdelen (=buigen, weg van de anatomische positie). Bij extensie vergroot de hoek (strekken, terug keren naar anatomische positie). Bijvoorbeeld flexie en extensie in de elleboog of knie...

In sommige gewrichten kan men moeilijk spreken over vergroten of verkleinen van de hoek. Hiervoor worden nog specifiekere termen gebruikt. Bijvoorbeeld anteflexie en retroflexie in de schouder, palmaire flexie en dorsiflexie in de pols, plantaire en dorsiflexie in de enkel...

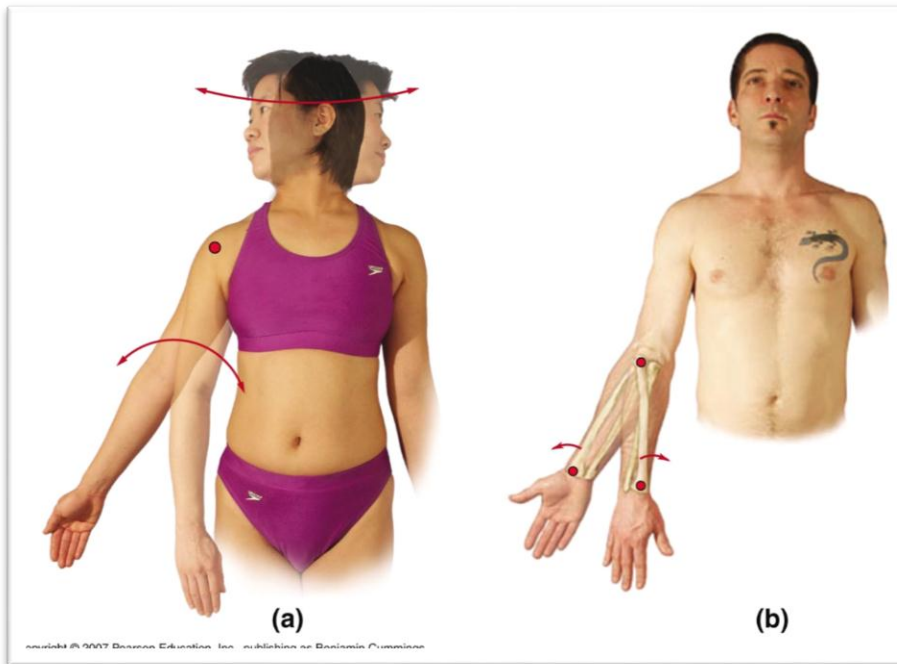


De termen **abductie en adductie** worden algemeen gebruikt voor bewegingen rond de sagittale as (in het frontale vlak). Abductie wijst op een beweging van een segment, weg van de middenlijn van het lichaam. Adductie staat voor een beweging naar de middenlijn toe. De arm vanuit de anatomische stand, zijwaarts opheffen is dus een schouder abductie. Zijwaartse bewegingen van de wervelkolom worden aangeduid met de term **lateroflexie**. (naar links of naar rechts)



Als een segment rond de longitudinale as draait, spreekt men over **exorotatie en endorotatie**. Bij exorotatie of uitwaartse rotatie wordt de voorzijde van het segment naar lateraal gekeerd. Bij endorotatie of inwaartse rotatie keert de voorzijde zich naar mediaal. Bewegingen van de voorarm rondom zijn eigen as worden **pro en supinatie** genoemd. Draaibewegingen

van de romp rond de longitudinale as worden rotaties naar links of naar rechts genoemd.



Bij de verdere bespreking van gewrichten komt deze terminologie uitgebreid aan bod. In een aantal situaties is echter nog specifiekere terminologie vereist om bewegingen of gecombineerde bewegingen te beschrijven.

1.2.4 De Rol van ligamenten in een synoviaal gewricht

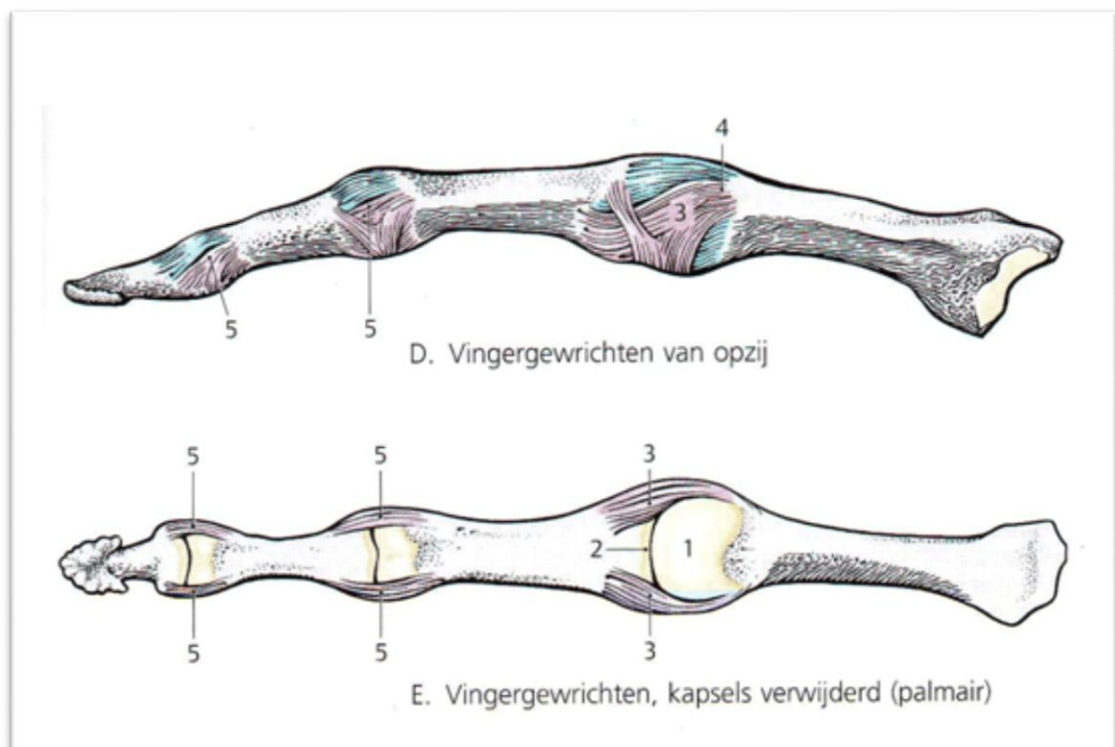
Eerder werd aangegeven dat ligamenten deel uitmaken van elk synoviaal gewricht. Ligamenten zijn bindweefselige banden die van de ene gewrichtspartner naar de andere lopen. Het zijn eerder **stugge structuren** die een **stevige verbinding** tussen beide botstukken van het gewricht vormen. Ligamenten doen echter veel meer dan alleen voor een stevige verbinding zorgen: **ze bepalen in grote mate de bewegingsmogelijkheden** van gewrichten.

Enkele principes worden geïllustreerd aan de hand van eenvoudige gewrichten:

Bekijk op onderstaande figuur de interphalangeale gewrichtjes (tussen vingerkootjes)

Beide kootjes zijn onderling verbonden door twee zijdelingse banden of collaterale ligamenten(nr 5).

In flexie- en extensierichting hebben deze banden geen enkele invloed op de beweging. De ligamenten worden niet echt uitgerekt of verkort bij flexie en extensie. Bij een poging tot abductie of adductie is dit enigszins anders. Bij een (poging tot) beweging van het distale kootje naar links, wordt de rechter band een als het ware uitgerekt terwijl de linker eerder in elkaar gedrukt wordt. Aangezien het om een stugge structuur gaat zal het rechter ligament niet erg ver kunnen uitrekken waardoor deze beweging quasi niet mogelijk is. Bij een beweging van het distale kootje naar rechts komt het linker ligament onder spanning te staan waardoor de beweging gelimiteerd wordt. Naast de vorm van de gewrichtsvlakken is het dus in belangrijke mate de positie van de ligamenten die de bewegingsmogelijkheid in het gewricht bepaalt. Men spreekt in deze context over ligament als **passieve stabiliserende structuur**.



Met hetzelfde principe kan nog een stap verder gedacht worden. In bovenstaand voorbeeld werd ervan uitgegaan dat de spanning in de

collaterale ligamenten in de neutrale gewrichtsstand al vrij hoog is. Bij ab- of adductie-beweging heeft de band dus niet veel mogelijkheid om te verlengen waardoor de beweging verhinderd wordt. Veronderstel nu een collaterale band die eerder losjes tussen de gewrichtspartners loopt. Bij een ab- of adductie beweging zal de band in eerste instantie de beweging niet limiteren, er is immers nog niet veel spanning in het ligament. Als de beweging verder gezet wordt zal de band stilaan op spanning komen, en vanaf moment dat het ligament helemaal aangespannen is zal de beweging stoppen. We kunnen een ligament eigenlijk vergelijken met een touwverbinding. Zolang het touw slap hangt verloopt de beweging ongestoord, als het touw opspant kan de beweging niet verder verlopen. Deze situatie komt bijvoorbeeld voor in het polsgewricht. De collaterale banden laten daar enigszins ab- en adductie toe, maar vanaf een bepaald moment **limiteren ze de beweging**.

Ligamenten zijn dus passieve structuren die, afhankelijk van hun ligging en spanning in de rustpositie, de stabiliteit en de bewegingsmogelijkheden van een gewricht in belangrijke mate bepalen.

1.2.5 De rol van spieren in een functionele anatomische entiteit.

Spieren vormen een verbinding tussen twee verschillende botstukken met één of meerdere tussenliggende gewrichten. De spier vertrekt met een pezige oorsprong (= **origo**) gaat over in een spierbuik en hecht opnieuw via een pees aan op het bot (= **insertio**)

De spierbuiken zijn de enige structuren in het lichaam die een actieve bijdrage kunnen leveren aan de beweging. Spierweefsel is in staat om onder invloed van een zenuwprikkel samen te trekken (= spiercontractie) en hierbij een spanning op te bouwen.

Spieren liggen anatomisch vaak heel dicht bij elkaar, hebben soms een gemeenschappelijke oorsprong of aanhechting, en hebben vaak identieke functies. Dergelijke gelijkaardige spieren worden toch individueel benoemd als ze omhuld zijn door een afzonderlijk spiervlies (facia) en afzonderlijk bezenuwd worden. Spieren worden met een Latijnse naam benoemd. Het Latijnse woord voor spier is "musculus". Dit komt in de naamvorming steeds terug (b.v. Musculus brachialis, musculus rectus abdominis, musculus sternocleidomastoideus...) Doorgaans wordt het woord musculus in de naamvorming van spieren afgekort als "m. " (m.brachialis, enz...)

1.2.5.1 Concentrisch spierwerk.

Als de spier vrij spel krijgt (dus als er voldoende bewegingsmogelijkheid is, en er geen andere significante krachten op het lichaam inwerken) gaat de spanningstoename gepaard met een verkorting van de spier. De spier trekt

letterlijk samen. Men spreekt in dit verband over concentrisch spierwerk. Dit wil zeggen dat de spier onder invloed van de spiercontractie zal verkorten. De term **con-centrisch** komt uit het Latijn en verwijst naar het feit dat oorsprong en aanhechting bij deze beweging **naar** het **midden** van de spier toe bewegen. Om de spier nadien terug zijn originele lengte terug te geven is een bijkomende kracht vereist, hetzij de zwaartekracht of een andere externe kracht, hetzij spierwerk van een spier met tegengestelde werking (= antagonist). Een spier is nooit in staat oorsprong en aan hechting zelfstandig van elkaar weg te duwen (!).

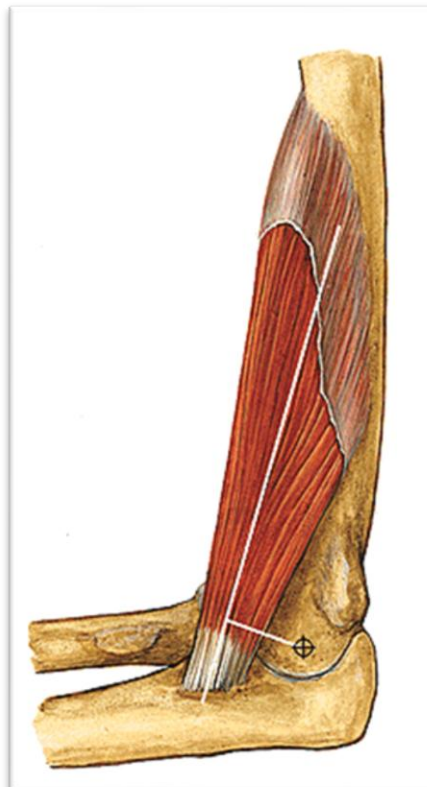
De beweging die optreedt in een gewricht bij concentrisch spierwerk hangt enerzijds af van de bewegingsmogelijkheden in het gewricht, maar uiteraard ook van het spierverloop ten opzichte van de gewrichtsas.

Om het effect van een concentrische spiercontractie te in te schatten gaan we als volgt te werk:

- Bepaal over welk(-e) gewricht(-en) de spier loopt
- Bepaal de bewegingsmogelijkheden van het gewricht
- Kijk langs welke zijde spier over de gewrichtsas loopt
- Doe dit in meerdere vlakken indien nodig.

In onderstaand voorbeeld wordt de analyse van concentrisch spierwerk voor de musculus brachialis gemaakt:

- Spier loopt over het ellebooggewricht
 - In de elleboog is in principe flexie- en extensie mogelijk
 - De spier loopt langs de voorzijde of flexiezijde over de gewrichtsas
- concentrisch spierwerk van m.brachialis leidt tot flexie van de elleboog.



1.2.5.2 Statisch spierwerk

Er zijn nog twee andere soorten van spierwerk mogelijk. Het gaat om situaties waarbij de spier wel een interne spanning opbouwt, maar deze niet tot verkorting van de spier leidt. In een eerste situatie zou het kunnen dat de spier spanning opbouwt, maar dat de spierlengte ondertussen niet verandert. De m.brachialis uit bovenstaand voorbeeld zou bijvoorbeeld gebruikt kunnen worden om een voorwerp in de hand vast te houden met de elleboog in 90° flexie. Om het voorwerp zo te houden is weldegelijk kracht nodig, maar het is de bedoeling dat het voorwerp niet beweegt, de elleboog moet dus stilgehouden worden. Men spreekt in dit verband over **statisch spierwerk**. Spierwerk waarbij er spanning in de spier is, maar geen lengteverandering. Het spierwerk moet heel precies gedoseerd worden zodanig dat de belasting (het voorwerp) en het spierwerk het gewricht mooi in een evenwichtstoestand houden.

Statisch spierwerk is dus uitsluitend mogelijk als er naast de actieve spier nog andere krachten op het gewricht inwerken (opmerking: deze andere krachten kunnen ook afkomstig zijn van andere spiergroepen)

Statisch spierwerk kan ook gebruikt worden om een gewricht te stabiliseren. Als twee spieren met een tegengestelde functie gelijktijdig werken, dan houden beide spierspanningen het gewricht in evenwicht. Men spreekt in dit geval over **actieve stabilisatie** van een gewricht. Dit lijkt op het eerste zicht misschien een weinig efficiënte manier van stabiliseren (kost meer energie dan passieve stabilisatie) maar het biedt toch een groot voordeel.

Een spier in rust is namelijk een pak elastischer dan ligamenten. Een passieve spier kan vrij ver uitgerekt worden, maar de spier is ook in staat om vanuit gelijk welke uitgerekte positie spanning op te bouwen en voor stabiliteit te zorgen. In vergelijking met de eerder besproken ligamenten zou een spier veel grotere bewegingsuitslagen toelaten en toch op gelijk welke gewrichtsstand voor statische stabiliteit kunnen zorgen indien gewenst.

Zo is de grote mobiliteit van de schouder bijvoorbeeld te danken aan het feit dat deze voornamelijk door spieren (rotator cuff spieren, zie verder) wordt gestabiliseerd, veel minder dan door ligamenten.

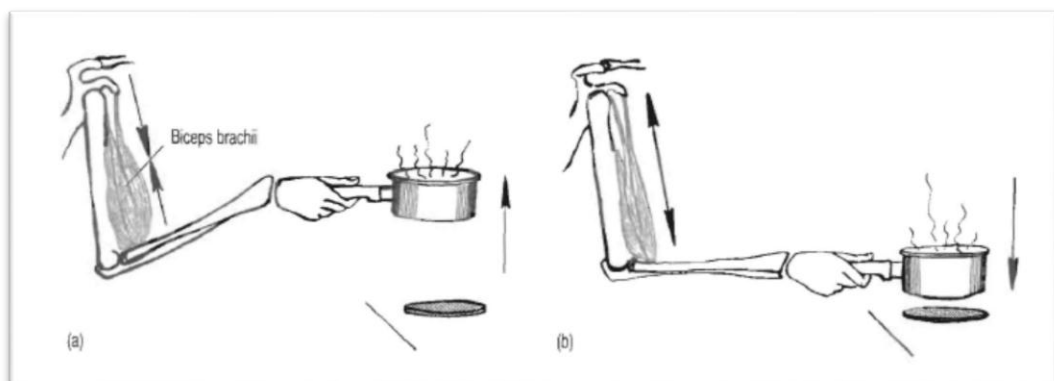
Bij veel handelingen is statisch spierwerk een vereiste om de uitgangshouding te garanderen. Iets op een bord schrijven vereist op het eerste zicht voornamelijk activiteit van de spieren rond de pols, maar als de spieren rond de schouder niet in staat zijn om de arm statisch voor het lichaam te houden dan zal er niet veel op het bord verschijnen...

1.2.5.3 Excentrisch spierwerk

Een laatste situatie is deze waarbij de spier wel een spanning opbouwt, maar waarbij deze spanning niet groot genoeg is om evenwicht in het gewricht te verkrijgen. Als een uitwendige kracht groter is dan de spierkracht zal de spier ondanks zijn inspanning toch uitrekken. De **term ex-centrisch** komt ook uit het Latijn en wijst op een beweging van oorsprong en aanhechting in de richting **weg** van het **midden**. Excentrisch spierwerk in m.brachialis komt bijvoorbeeld voor als iemand een zwaar voorwerp met gebogen elleboog voor zich uit wil houden. Aanvankelijk zal dit misschien lukken, en spreken we over statisch spierwerk, maar na enige tijd zal de spier wegens vermoeiing het voorwerp niet kunnen houden, en zal de arm stilaan strekken. Er is nog steeds spanning in de spier (anders zou de arm plots strekken) maar de spanning is niet groot genoeg om het gewricht stil te houden. De spier levert op dat moment excentrisch spierwerk.

Excentrisch spierwerk is niet alleen aan de orde bij zware belastingen. Het wordt gebruikt om bewegingen die ingezet worden onder invloed van een externe kracht gecontroleerd te laten verlopen (de beweging als het ware een beetje afremmen). De spierspanning wordt aangepast aan de belasting zodat de beweging gecontroleerd kan verlopen.

Op onderstaande figuur wordt een pot van het vuur genomen door concentrisch spierwerk van de m.biceps (a) en vervolgens gecontroleerd teruggezet door excentrisch spierwerk van diezelfde spier (b). Als dit excentrisch werk er niet was zou de pot letterlijk op het vuur vallen onder invloed van de zwaartekracht, het excentrisch spierwerk zorgt ervoor dat de beweging gecontroleerd afgeremd wordt.



Of een spier concentrisch, excentrisch of statisch werkt hangt dus af van de spanning in de spier, maar ook van de manier waarop het lichaam wordt belast. Analyse van spierwerk en beweging vereist inzicht in het samenspel van verschillende krachten die op het lichaam inwerken.

1.2.5.4 Spierenfunctie en spiergroepen

Rondom elk gewricht zitten meerdere spieren. Spieren kunnen een verschillende, maar ook een zeer gelijkaardige functie hebben. Spieren met een gelijkaardige functie zullen vaak samenwerken in een beweging. Men spreekt in dit verband over **synergisten** (spieren met zelfde functie). Spieren met een tegengestelde werking worden **antagonisten** genoemd.

Vanuit functioneel oogpunt is het nuttig om spieren met een gelijkaardige werking te klasseren in groepen. Onderverdeling in spiergroepen gebeurt op basis van hun concentrische functie.

Voor een drie-assig gewricht kan men de spieren dus indelen in 6 groepen (rond elke as zijn immers twee bewegingsrichtingen mogelijk.)

- **Flexoren** → veroorzaken bij concentrisch spierwerk een flexie (leveren een flexie-moment)
- **Extensoren** → veroorzaken bij concentrisch spierwerk een extensie (leveren een extensie-moment)
- **Adductoren** → veroorzaken bij concentrisch spierwerk een adductie (leveren een adductie-moment)
- **Abductoren** → veroorzaken bij concentrisch spierwerk een abductie (leveren een abductie-moment)
- **Endorotatoren** → veroorzaken bij concentrisch spierwerk een endorotatie (leveren een endorotatie-moment)
- **Exorotatoren** → veroorzaken bij concentrisch spierwerk een exorotatie (leveren een exorotatie-moment)

Rond een twee-assig gewricht vindt men vier functionele groepen en rond een enkelassig slechts twee.

Sommige spieren hebben meerdere functies waardoor ze in verschillende categorieën kunnen voorkomen.

Sommige spieren overspannen twee of meerdere gewrichten (bi- of pluriarticulaire spieren). Hun werking heeft uiteraard effect op alle gewrichten die ze overspannen. Per gewricht kunnen ze dus geklasseerd worden naar werking. (Het is trouwens niet uitzonderlijk dat spieren in verschillende gewrichten een verschillende functie hebben, b.v. de m. rectus femoris is een flexor van de heup, maar een extensor van de knie)

1.3 Inleidende begrippen uit de biomechanica

Een lichaam kan dus "bewegen" in de verschillende gewrichten, maar om het te "laten bewegen" is er kracht nodig. In het lichaam wordt spierkracht ontwikkeld die een beweging kan veroorzaken, maar de invloed van krachten uit de omgeving zal minstens zo belangrijk blijken te zijn. Denk bijvoorbeeld aan het verschil tussen een flexiebeweging in de elleboog met of zonder een zwaar gewicht in de hand. Het kan ook voorkomen dat er duidelijk krachten aanwezig zijn, maar dat dit net niet resulteert in een beweging: bijvoorbeeld, een zwaar gewicht met gestrekte armen voor het lichaam houden.

Voor een beter begrip van de menselijke beweging is het noodzakelijk om inzicht te hebben in aantal principes uit de (bio-)mechanica. Mechanica bestudeert de bewegingstoestand van materie. Gaande van een zuivere beschrijving van de beweging op zich, tot een studie van de oorzakelijke factoren van bewegingsveranderingen. Biomechanica is de discipline van mechanica die zich bezighoudt met de beweging van het menselijk lichaam.

In de volgende paragrafen wordt bij wijze van inleiding ingegaan op enkele essentiële begrippen. Later in de tekst (aan het einde van elk hoofdstuk) komen meer specifieke biomechanische principes uitgebreider en in concretere situaties aan bod.

1.3.1 Het begrip kracht (symbool F)

1.3.1.1 definitie

Een kracht is de fysische oorzaak van beweging. De inwerking van een kracht op een voorwerp resulteert in een verandering van de bewegingstoestand (=verandering van snelheid) van dat voorwerp.

1.3.1.2 Kracht als vector

In het dagelijkse leven wordt regelmatig het begrip KRACHT aangehaald. Mensen spreken bijvoorbeeld over "ergens veel kracht op zetten", "iets opzij duwen", "iets naar ons toe trekken", "Niet genoeg kracht hebben om..." enz.

Dit dagelijkse taalgebruik leert ons al veel over een kracht:

Een kracht heeft een grootte:
de **grootte** van een kracht wordt uitgedrukt in Newton (N).

Een kracht werkt altijd ergens op in:
het punt waar de kracht inwerkt noemen we **aangrijpingspunt**.

Een kracht heeft altijd een **richting** en **een zin**.

De eigenschappen van een kracht laten ons toe om deze voor te stellen als een pijl of vector.

(= Grafische voorstelling van de grootte, de richting en de zin.)

Doormiddel van vectoren kunnen complexe problemen op een overzichtelijke manier grafisch uitgewerkt worden (Zie appendix VECTORREKENEN)

1.3.1.3 Soorten krachten

Er bestaan twee grote groepen krachten. Enerzijds de **contactkrachten**, dit zijn krachten die ontstaan bij fysisch contact tussen twee voorwerpen (b.v. trekken, duwen, wrijving....)

Anderzijds zijn er **afstandskrachten**, die bestaan zonder fysisch contact tussen twee voorwerpen (b.v. zwaartekracht, magnetisme, aantrekking tussen positief en negatief elektrisch geladen deeltjes)

De krachten op het menselijk lichaam kunnen ook ingedeeld worden volgens de lokalisatie van hun aangrijpingspunt:

Uitwendige krachten: Zwaartekracht, lasten, weerstand...

Inwendige krachten: Spierkracht, spanningen in gewrichtsbanden, ...

De invloed van krachten op lichamen wordt beschreven in drie basisprincipes:

DE WETTEN VAN NEWTON.

1.3.2 Wetten van Newton:

1.3.2.1 Eerste wet van Newton

Zolang de resulterende kracht op een voorwerp nul is (d.w.z. dat de vectoriële som van de inwerkende krachten gelijk is aan nul), is de versnelling van dit voorwerp nul. De snelheid van het voorwerp is in dit geval constant.

Eerste wet van Newton: als $\Sigma F = 0$ dan $a = 0$ (dus $v = cte$)

Opmerking: Een voorwerp in rust heeft ook een constante snelheid, namelijk 0 m/sec

1.3.2.2 Het begrip massa (symbool, m)

Als men probeert om een voorwerp uit zijn toestand van constante snelheid te halen, zal dit voorwerp weerstand bieden. Deze weerstand noemen we 'inertie' of 'traagheid'.

Veronderstel dat we met een tennisracket hard op een tennisbal slaan en dit daarna met dezelfde kracht op een voetbal herhalen. De tennisbal zal tientallen meters wegvliegen terwijl de voetbal slechts een paar meter haalt. We kunnen zeggen dat beide ballen een verschillende inertie hebben.

De inertie van een voorwerp wordt weergegeven door zijn massa, uitgedrukt in kilogram. Hoe groter de massa, des te minder het zal versnellen onder invloed van een bepaalde uitwendige kracht.

De massa is een vaste eigenschap van een voorwerp, onafhankelijk van de omgeving, of de bewegingsrichting.

1.3.2.3 De Tweede wet van Newton.

Verandering van bewegingstoestand wordt uitgedrukt als de versnelling (a) van het voorwerp. Deze geeft aan hoeveel de snelheid wijzigt in een bepaald tijdsinterval. Versnelling wordt standaard uitgedrukt in meter/seconde² (m/sec^2). Een positieve versnelling wil zeggen dat de snelheid van het voorwerp vergroot, een negatieve versnelling duidt dus eigenlijk op een vertraging van het voorwerp.

De versnelling van een voorwerp is recht evenredig met de resulterende inwerkende kracht (F), en omgekeerd evenredig met de massa (m) van dit voorwerp.

$$a = \Sigma F/m \quad \text{of} \quad \Sigma F = m a$$

1.3.2.4 Eenheden van kracht en massa.

De internationale standaardeenheid van kracht is Newton. Ze wordt gedefinieerd als de kracht die nodig is om aan een massa van 1 kg een versnelling van $1\text{m}/\text{sec}^2$ te geven.

$$1\text{N} = 1 \text{ kg m}/\text{sec}^2$$

1.3.2.5 Massa versus gewicht.

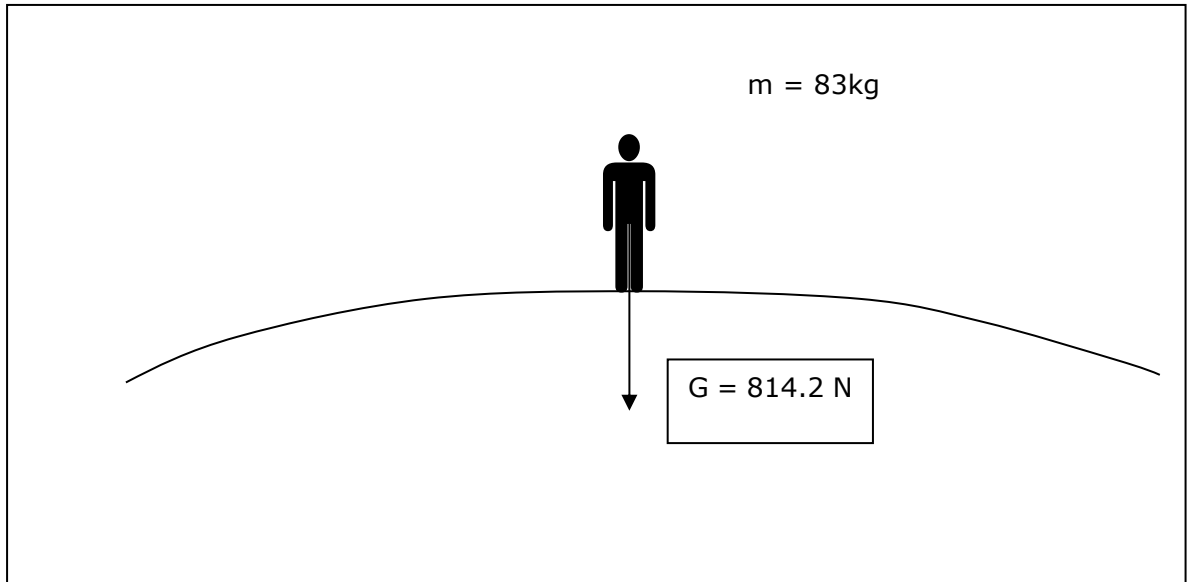
Het gewicht van een lichaam is eigenlijk de aantrekkingskracht die de aarde op het lichaam uitoefent. We weten dat elk vrij vallend lichaam onderhevig is aan dezelfde versnelling, de zogenaamde valversnelling of gravitatieversnelling ($g = 9,81 \text{ m}/\text{sec}^2$). Als we g invullen in de tweede wet van Newton dan kunnen we het gewicht van een gekende massa berekenen. Gewicht wordt ook aangeduid met de term 'zwaartekracht' (G).

$$G = m g$$

B.v. Een man met massa 83 kg wordt door de aarde aangetrokken met een kracht van:

$$83 \text{ (kg)} \cdot 9,81 \text{ (m}/\text{sec}^2) = 814,2 \text{ kg m}/\text{sec}^2 = 814,2 \text{ N}$$

De zwaartekracht is, net zoals de gravitatieversnelling, steeds naar het aardmiddelpunt gericht.



Opmerking:

Voor praktisch gebruik mag de gravitatieversnelling binnen deze lessenreeks afgerond worden naar 10 m/sec^2

Een massa van 83kg komt stemt dus overeen met een gewicht van 830N

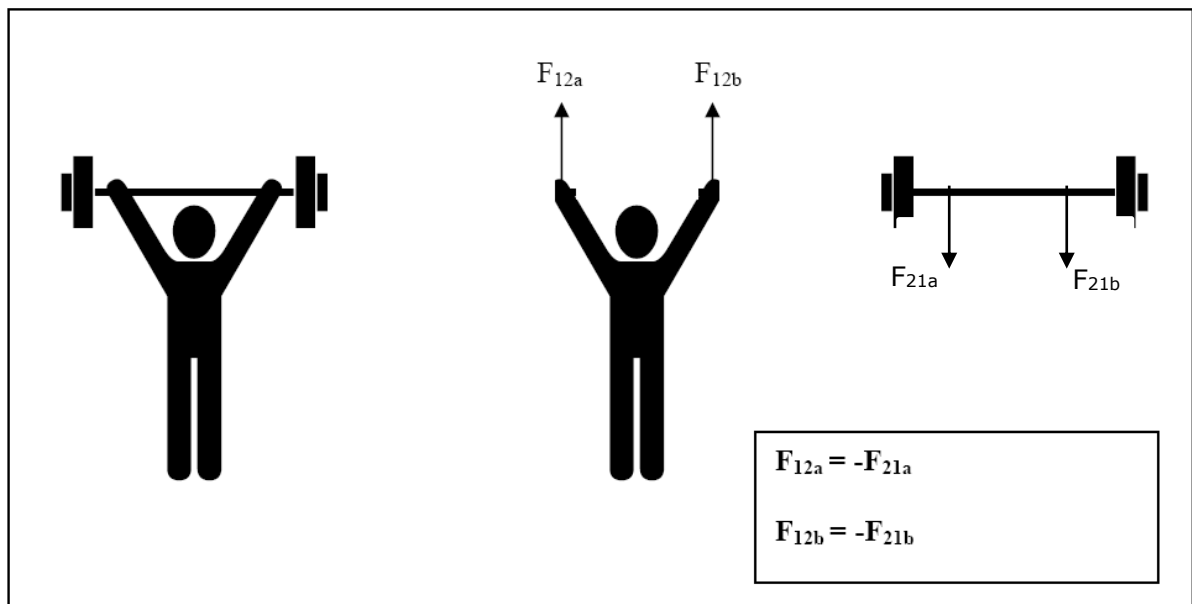
1.3.2.6 De derde wet van Newton.

Indien twee lichamen krachten op elkaar uitoefenen dan zijn deze krachten gelijk in grootte maar tegengesteld van teken (zin).

$$F_{12} = -F_{21}; \quad \text{of} \quad \text{actie} = - \text{reactie}$$

Dus krachten komen altijd in paren voor. Geïsoleerde krachten bestaan niet.

Deze wet wordt ook de "wet van actie en reactie genoemd".



1.3.3 Voorwerpen in statisch evenwicht.

1.3.3.1 Definitie:

Voorwerpen die in rust blijven (snelheid = 0), zonder te roteren noemen we voorwerpen in statisch evenwicht.

Een voorwerp kan pas in evenwicht zijn als het voldoet aan de twee evenwichtsvoorwaarden:

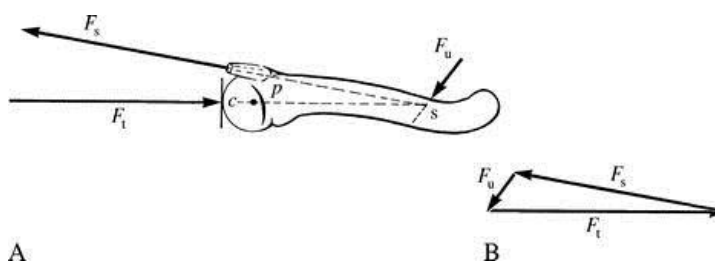
1.3.3.2 De eerste voorwaarde voor statisch evenwicht.

De eerste evenwichtsvoorwaarde wordt duidelijk beschreven in de eerste wet van Newton.

De snelheid van een voorwerp kan alleen gelijk blijven aan nul als de som van alle krachten die op het voorwerp inwerken gelijk is aan nul.

$$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n = 0$$

Het is meestal eenvoudig om grafisch te controleren of de som van alle krachten nul is. Dit kan door constructie van een zogenaamde krachten veelhoek. Als alle krachtvectoren aansluitend aan elkaar getekend worden en men op die manier een gesloten veelhoek bekomt, is de som van de krachten nul.

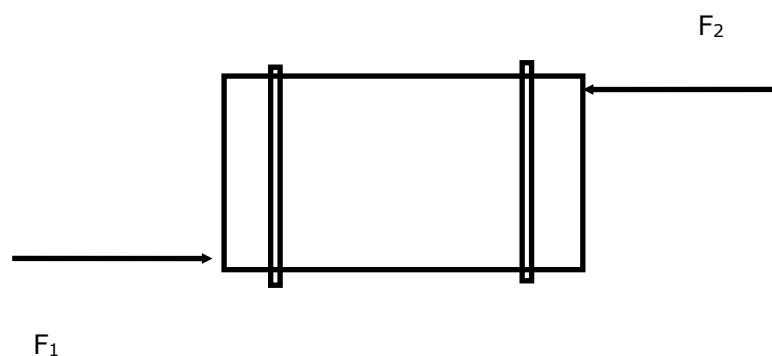


Voorbeeld: zonder zich af te vragen wat deze krachten (fig. A) voorstellen kan toch gesteld worden dat de som van de krachten gelijk is aan nul... De krachtenveelhoek (fig B) bewijst dit!

1.3.3.3 Torsie, momentwerking

De eerste voorwaarde voor evenwicht is niet voldoende om het volledige evenwicht te garanderen.

Stel: twee mensen duwen met gelijke maar tegengestelde kracht elk op een tegenovergestelde hoek van een stevige kist. Er is voldaan aan de eerste evenwichtsvoorwaarde. Als de krachten voldoende groot zijn, zal de kist echter niet stil blijven liggen. Ze zal roteren omdat de krachten niet door één punt samenlopen.



De mogelijkheid die een kracht (F) heeft om een voorwerp rond een as te doen roteren wordt gedefinieerd door het begrip torsie- of draaimoment (M_0).

Het moment van een kracht wordt altijd bepaald ten opzichte van een herleidingcentrum (o) (=rotatiecentrum.)

De **loodrechte afstand** tussen de drager van de **krachtvector** en het **herleidingcentrum** wordt **momentarm (d)** genoemd.

De **absolute waarde van het moment** van een kracht ten opzichte van een herleidingcentrum is gelijk aan het **product van die kracht en de momentarm**. (dus de LOODRECHTE afstand van het punt tot de draaglijn van de kracht).

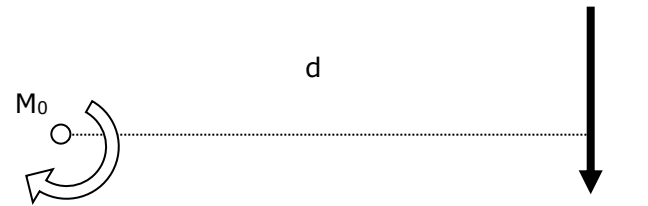
De **zin** van het moment wordt bepaald door de **draairichting** (dit wordt NIET alleen door de zin van de kracht bepaald!). Per conventie wordt de zin van het moment als positief genoteerd indien de kracht het voorwerp in tegenwijzerzin doet draaien, en negatief bij een rotatieneiging in wijzerzin.

$$M_0 = F \cdot d$$

met M_0 = moment t.o.v. herleidingcentrum 0

d = momentarm

F = kracht



Indien meerdere krachten op een lichaam inwerken kan elke kracht een rotatie t.o.v. een draai-as veroorzaken. Bij het menselijk lichaam zijn draai-assen altijd gewrichtsassen of steunpunten.

Om nu het totale effect van alle krachten te kennen, moeten we het resulterend moment van alle krachten berekenen. Dit is de som der momenten van alle inwerkende krachten t.o.v. eenzelfde herleidingcentrum, en geeft aan welke rotatiebeweging het lichaam zal uitvoeren. Volgens de algemene conventie is een moment positief bij draaiing in tegenwijzerzin en negatief bij draaiing in wijzerzin, dus:

Als we de krachten F_1 en F_2 op de kist in bovenstaand voorbeeld beschouwen blijkt dat de kist onder invloed van de kracht F_1 de neiging krijgt om in tegenwijzerzin te draaien. Ook kracht F_2 zal de kist de neiging geven om in tegenwijzerzin te roteren.

Het resulterende moment is dus de som van momenten van F_1 en F_2 en zal dus ook positief of tegenwijzerzin zijn

$$\Sigma M_0 = M_{1,0} + M_{2,0} = F_1 d_1 + F_2 d_2$$

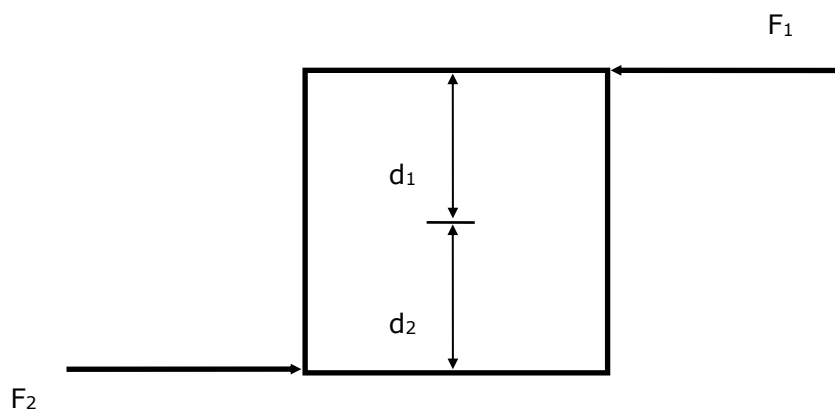
De grootte van een draaimoment wordt volgens de internationale standaard uitgedrukt in Nm.

Cijfervoorbeeld 1:

Twee gelijke maar tegengestelde krachten werken in op een kist zoals voorgesteld op de figuur. Zoek het resulterende draaimoment op de kist ...

$$d_1 = d_2 = 0,5 \text{ m}$$

$$F_1 = -500 \text{ N} \quad F_2 = 500 \text{ N}$$



De absolute waarde van het moment door de kracht F_1 veroorzaakt is:

$$|M_{0,1}| = |F_1| \cdot d_1 = 500 \cdot 0,5 = 250 \text{ Nm.}$$

F_1 veroorzaakt een tegenwijzerzin georiënteerd moment. Volgens de eerder vermelde tekenconventie is $M_{0,1}$ dus positief

De absolute waarde van het moment door de kracht F_2 veroorzaakt is:

$$|M_{0,2}| = |F_2| \cdot d_2 = 500 \cdot 0,5 = 250 \text{ Nm}$$

F_2 veroorzaakt eveneens een tegenwijzerzin georiënteerd moment (positief).

Elke kracht veroorzaakt een draaiing in tegenwijzerzin (twee positieve momenten).

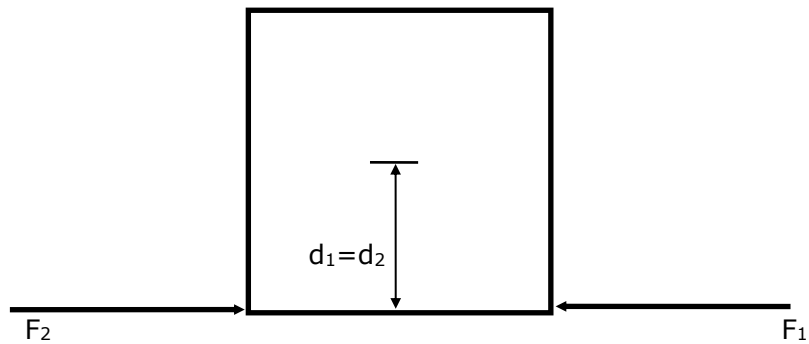
Het totale resulterende moment op de kist is dus 500Nm.

Cijfervoorbeeld 2

Dezelfde krachten in een iets andere situatie

$$d_1 = d_2 = 0,5 \text{ m}$$

$$F_1 = -500 \text{ N} \quad F_2 = 500 \text{ N}$$



De absolute waarde van het moment door de kracht F_1 veroorzaakt is:

$$|M_{0,1}| = |F_1| \cdot d_1 = 500 \cdot 0,5 = 250 \text{ Nm.}$$

F_1 veroorzaakt een wijzerzin georiënteerd moment. Volgens de eerder vermelde tekenconventie is $M_{0,1}$ dus negatief

De absolute waarde van het moment door de kracht F_2 veroorzaakt is:

$$|M_{0,2}| = |F_2| \cdot d_2 = 500 \cdot 0,5 = 250 \text{ Nm}$$

F_2 veroorzaakt eveneens een tegenwijzerzin georiënteerd moment (positief).

Het totale resulterende moment op de kist is dus $-250 \text{ Nm} + 250 \text{ Nm} = 0 \text{ Nm}$.

1.3.3.4 Tweede voorwaarde voor statisch evenwicht

Om statisch evenwicht te bereiken moet niet alleen de som van de krachten (de resulterende kracht) nul zijn, ook de som van de momenten t.o.v. eenzelfde herleidingcentrum (resultierend moment) moet nul zijn, anders zal het lichaam een rotatiebeweging uitvoeren.

De tweede voorwaarde voor statisch evenwicht is dus $\Sigma M_0 = 0 \text{ Nm}$

Samengevat:

Een voorwerp is in statisch evenwicht als het aan de volgende twee voorwaarden voldoet:

1. De resulterende uitwendige kracht moet gelijk zijn aan nul

$$\Sigma F = 0$$

2. Het resulterend uitwendige moment moet gelijk zijn aan nul.

$$\Sigma M_{0F} = 0$$

2 Het bovenste lidmaat in beweging.

2.1 Schouderregio

De termen "schouder" en "schouderbewegingen" zijn vanuit anatomisch standpunt eigenlijk zeer vaag. De schouders "optrekken" of een arm "voorwaarts opheffen" zijn allebei "schouderbewegingen", maar toch zijn er verschillende botten en gewrichten bij betrokken. Om een goede bewegingsanalyse te kunnen maken is het correcter om te spreken over de schouderregio en een onderscheid te maken tussen alle botstukken en verbindingen die in deze regio voorkomen.

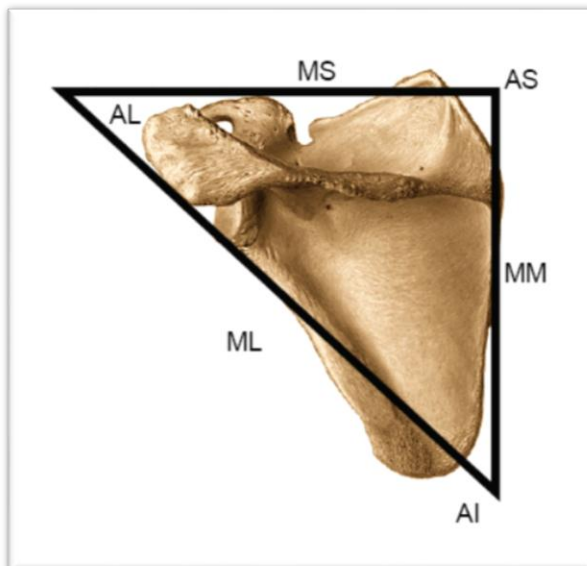
2.1.1 Osteologie van de schouderregio

De schouderregio omvat
scapula (schouderblad),
clavicula (sleutelbeen),
humerus (opperarmbeen)

2.1.1.1 Scapula:

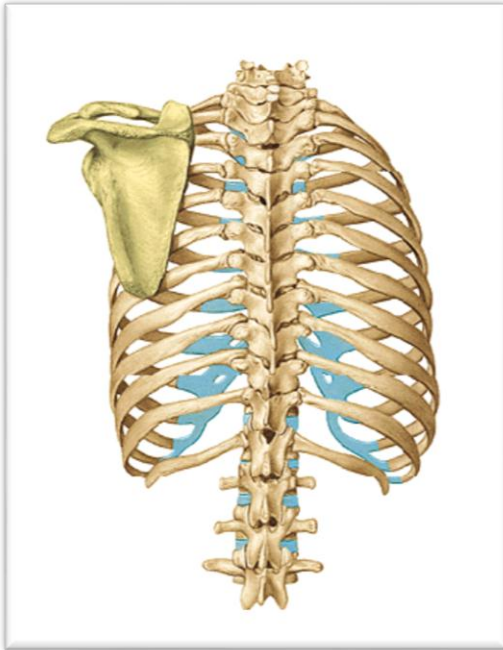
Vorm en ligging

Het schouderblad is een driehoekig plat botstuk, met een lichte anterieure concaviteit. De zijden en hoeken worden benoemd:

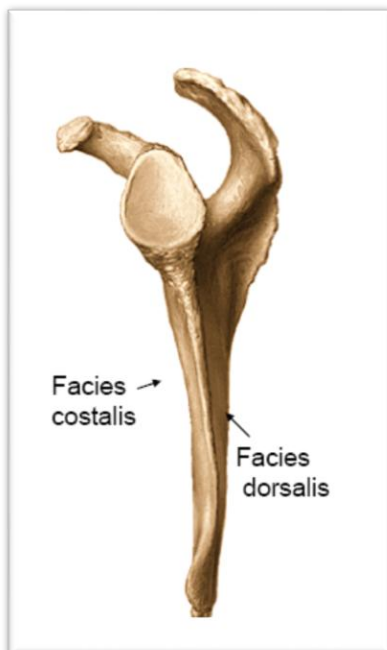


- 3 randen: margo medialis (MM)
margo superior (MS)
margo lateralis (ML)
- 3 hoeken: angulus superior (AS)
angulus inferior (AI)
angulus lateralis (AL)

Bij anatomische houding bedekt het schouderblad rib 2 tot 8, en ligt de mediale zijde evenwijdig met de wervelkolom.

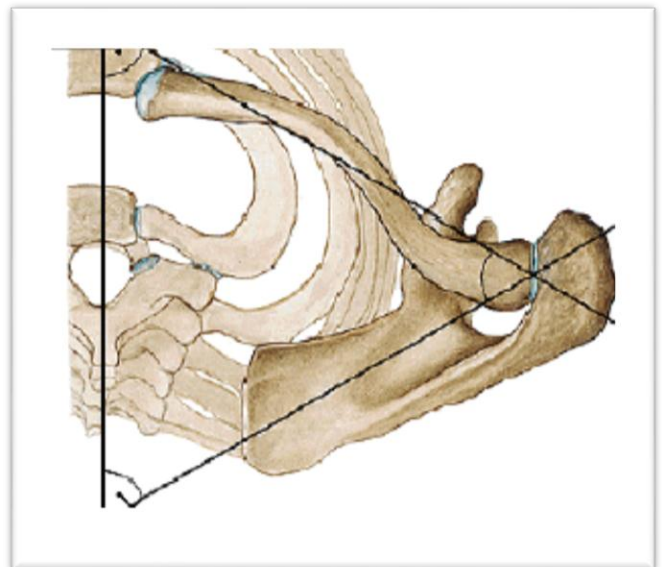
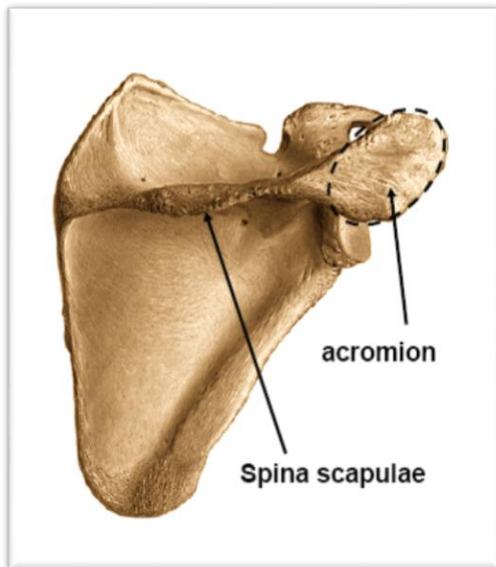


De holle voorzijde, de facies costalis, is naar de ribben toe gekeerd.

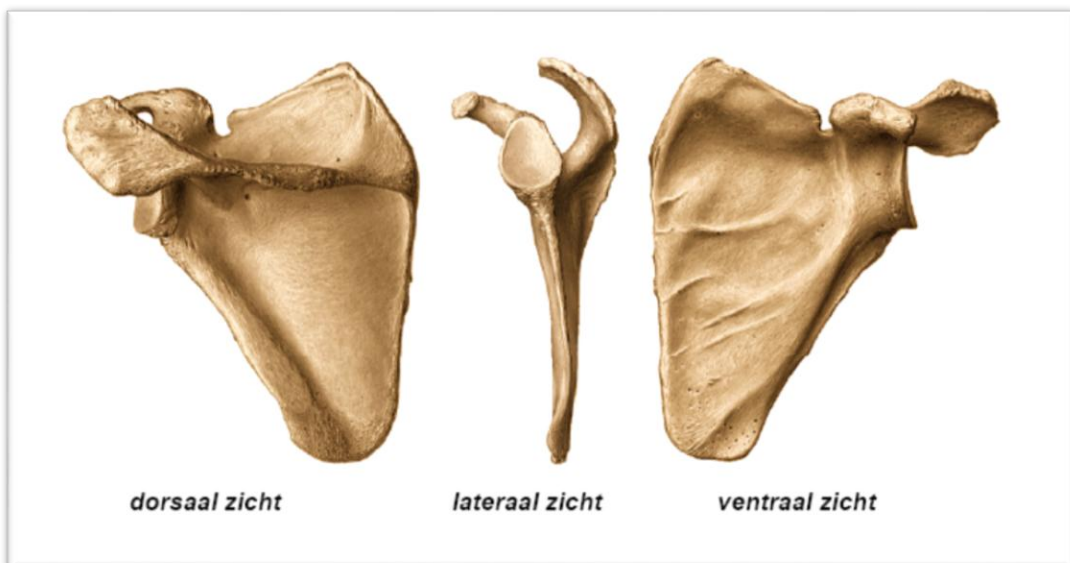


Anatomische structuren:

Aan de mediale rand vertrekt de spina scapulae, een botkam die dorsaal dwars over de scapula loopt en aan het laterale uiteinde breed uitloopt in het acromion. De spina scapulae verdeelt de facies dorsalis in een fossa suprascapulae (1/3) en een fossa infraspinale (2/3). T.h.v. het acromion wordt de verbinding met het sleutelbeen gemaakt.

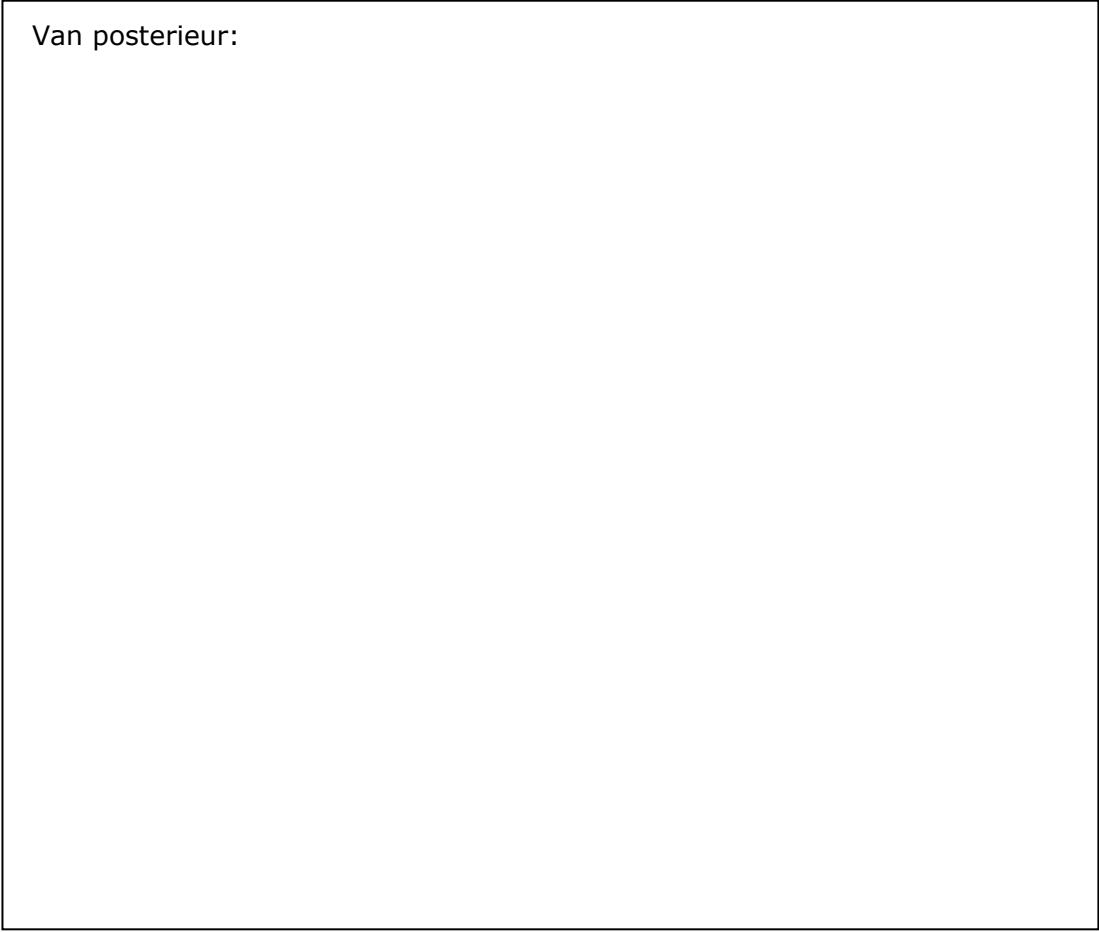


Ter hoogte van de laterale hoek heeft het schouderblad een anterieur uitstekende processus coracoideus, een aanhechtingsplaats voor spieren en gewrichtsbanden. De margo lateralis loopt bovenaan uit in een gewrichtsvlak voor de bovenarm, de cavitas glenoidalis.




Schematische voorstelling scapula:

Van posterieur:



Van lateraal:



2.1.1.2 De Clavicula:

Vorm en ligging:

De clavicula of het sleutelbeen is een S-vormig botstuk dat in anatomische houding horizontaal ligt tussen scapula en sternum (borstbeen). De mediale 2/3 zijn anterior convex, het laterale 1/3 anterior concaaf.

Anatomische structuren:

Het laterale en mediale uiteinde zijn respectievelijk extremitas acromialis en extremitas sternalis. Aan de bovenzijde is het oppervlak van de clavicula volledig gaaf, aan de onderzijde zijn hechtingsplaatsen voor ligamenten en spieren.



2.1.1.3 Humerus:

Vorm en ligging

De Humerus of het opperarmbeen is een typisch lang botstuk dat proximaal, met zijn caput humeri, gewricht maakt met de cavitas glenoidalis van de scapula. De distale epifyse staat ter hoogte van het complexe ellebooggewricht in verbinding met de voorarmbeenderen. Lateraal in het ellebooggewricht zit de radius, mediaal de ulna. De humerusschacht is proximaal in doorsnede vrij rond, distaal is de doorsnede eerder driehoekig, met een scherpe laterale en mediale rand, de voorste rand is minder scherp.



Anatomische structuren aan de proximale epifyse:

Onder het caput (gewrichtskop), bevinden zich tweedruppelvormige tuberculi (verhevenheden) die naar beneden toe uitlopen in een smalle crista of botkam. De meest laterale is tuberculum majus en loopt uit in de crista tuberculi majoris. Meer anterior liggen tuberculum minus en crista tuberculi minoris. De groeve tussen beide tuberculi is de sulcus intertubercularis, die als het ware een kanaal vormt voor een bicepspees.



2.1.2 Anatomische verbindingen in de schouderregio

De schouder als functionele regio omvat de onderlinge verbindingen tussen:

- Clavicula en Scapula
- Clavicula en sternum
- Scapula en thorax
- Scapula en Humerus

2.1.2.1 Verbinding tussen sternum en clavicula, articulatio sternoclavicularis

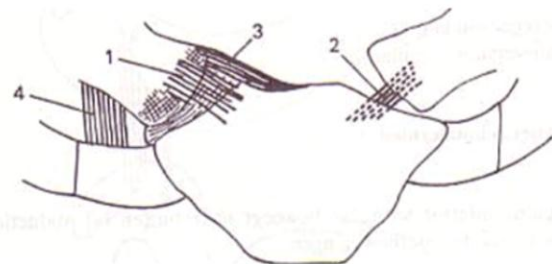
Het mediale uiteinde van de clavicula vormt een gewricht met de bovenzijde van het sternum (borstbeen). Een discus articularis vergroot de congruentie van de gewrichtspartners.

Voor aan en achteraan wordt het nauwsluitende gewrichtskapsel verstevigd door een ligament.

Aan de bovenzijde is zijn de claviculae ligamenteair verbonden met het manubrium en aan de onderzijde met de eerste rib.



1. lig.sternoclavicularis anterieus
2. lig.sternoclavicularis posterius
3. lig. Interclaviculare
4. lig. costoclaviculare

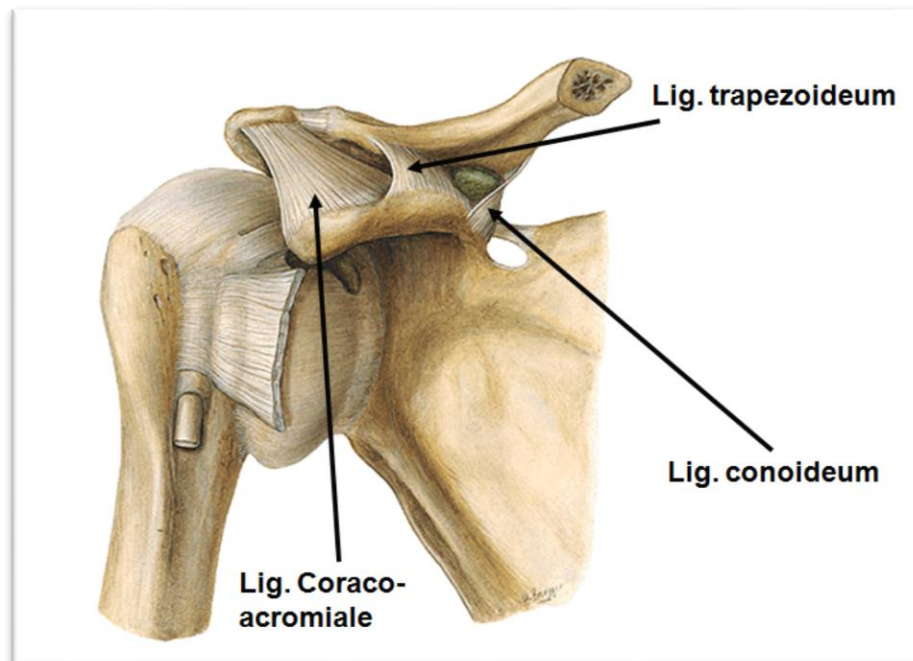


Hoewel dit gewricht vrij mediaal in het lichaam gelegen is, maakt het op functioneel vlak toch deel uit van de schouderregio. Bewegingen van de schoudertop resulteren immers in bewegingen van clavicula en scapula. (In tegenstelling tot de heupgordel (zie verder) vormt de schoudergordel hierdoor een zeer dynamisch geheel.)

2.1.2.2 **Verbinding tussen clavicula en scapula, het articulatio acromioclavicularis**

Aan de laterale kant staat de clavicula in contact met het acromion van het schouderblad. Ook hier wordt de congruentie vergroot door een discus.

Twee ligamenten verbinden de onderzijde van de clavicula met de scapula.



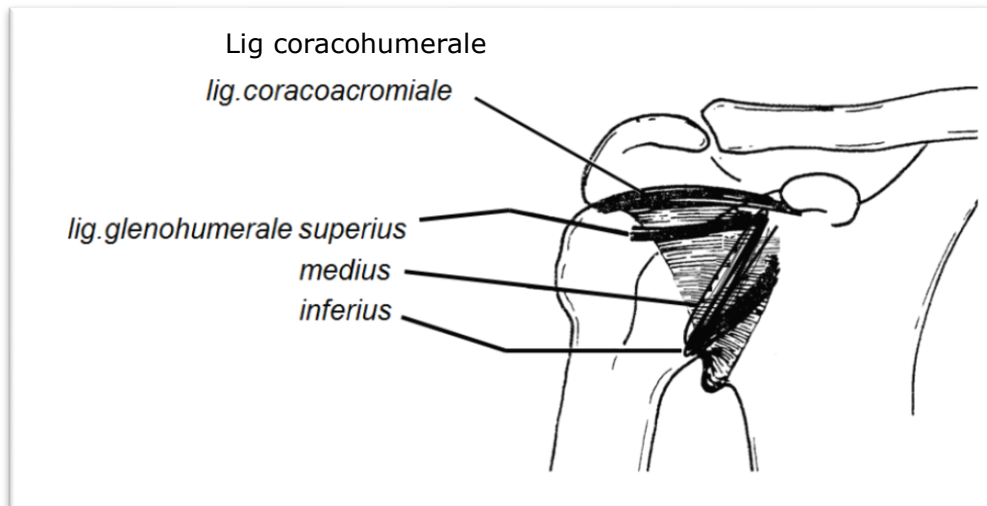
Het ligamentum coracoacromiale heeft eigenlijk niets met het gewricht te maken, het beschermt de ondergelegen structuren (zie verder)

2.1.2.3 **Gewricht tussen scapula en humerus, articulatio glenohumerale.**

Cavitas glenoidalis, het gewrichtsvlak op de scapula is omringd door een kraakbenige labrum glenoidale. De oppervlakte van het kraakbeen op caput humeri is ongeveer vier keer groter dan de cavitas glenoidalis. Dit in combinatie met een los gewrichtskapsel, relatief weinig passieve stabiliserende structuren (ligamenten) en een goede dynamische stabiliteit geven de humeruskop een grote bewegingsvrijheid in de ondiepe gewrichtspan.

Het gewricht wordt **passief gestabiliseerd**:

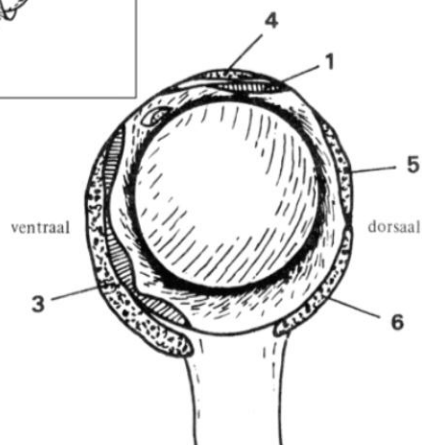
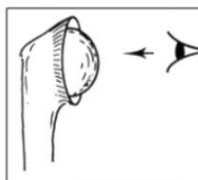
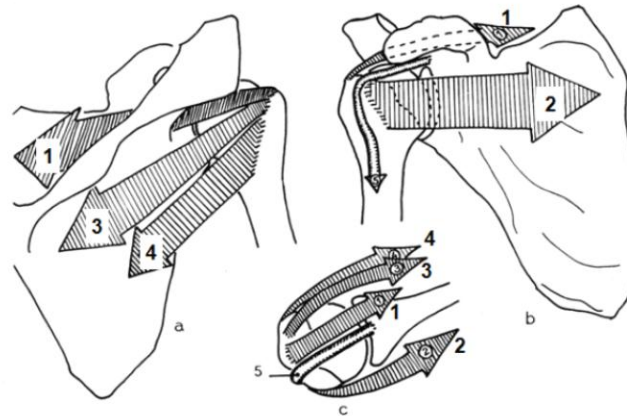
- Aan de bovenzijde door Lig.coracohumerale, tussen processus coracoideus en tuberculum majus en minus
- Aan de voorzijde door de glenohumerale ligamenten die in Z-formatie tussen labrum en humerushals lopen.



Naast de passieve stabilisatie is er ook een goede **dynamische of actieve stabiliteit** die gegarandeerd wordt door de zogenaamde rotator cuff. Dit is een groep spieren die het gewricht nauw omsluiten. Ze zorgen voor stabiliteit in het gewricht, ongeacht de armpositie. De lengte en spanning in de spieren wordt immers continu aangepast i.f.v. de gewrichtsstand, en dit zowel in een stilstaande houding als tijdens de beweging.

De rotator cuff bestaat uit:

1. **M. supraspinatus**
2. **M. subscapularis**
3. **M. infraspinatus**
4. **M. teres minor**



1. **Lig. Coracohumerale**
4. **m. supraspinatus**
3. **m. subscapularis**
5. **m. infraspinatus**
6. **m. teres minor**

Opmerking:

Bij dysfunctie (verlamming) van de schoudermusculatuur is de stabiliteit in het gewricht ernstig verstoord. Het gewicht van de arm hangt dan letterlijk aan het zwakke lig. coracoacromiale waardoor de schouder dreigt te subluxeren. Dit fenomeen verdient bijzondere aandacht bij revalidatie, positioneren van patiënten,...

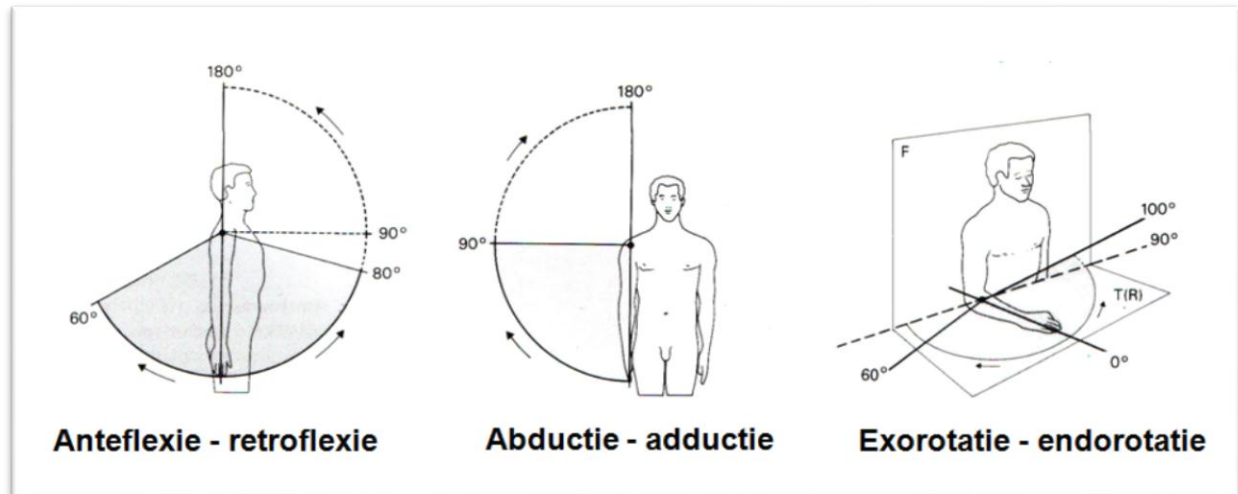
2.1.2.4 **Verbinding tussen scapula en thorax?**

Het schouderblad is niet d.m.v. een echt gewricht verbonden met de thorax. Het schouderblad wordt letterlijk opgehangen door een aantal spieren (schouderbladvestigende spieren). Deze maken het mogelijk dat de scapula mee beweegt met de bewegingen in de schouderregio (zie verder)

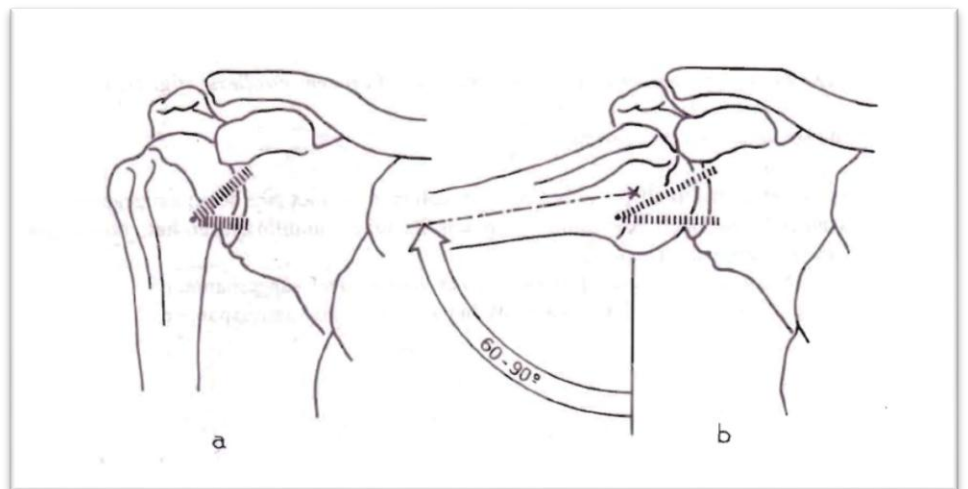
2.1.3 Bewegingen in de schouderregio

2.1.3.1 Bewegingen in het glenohumerale gewricht:

Het glenohumerale gewricht is een drie-assig gewricht, het laat volgende bewegingen toe:



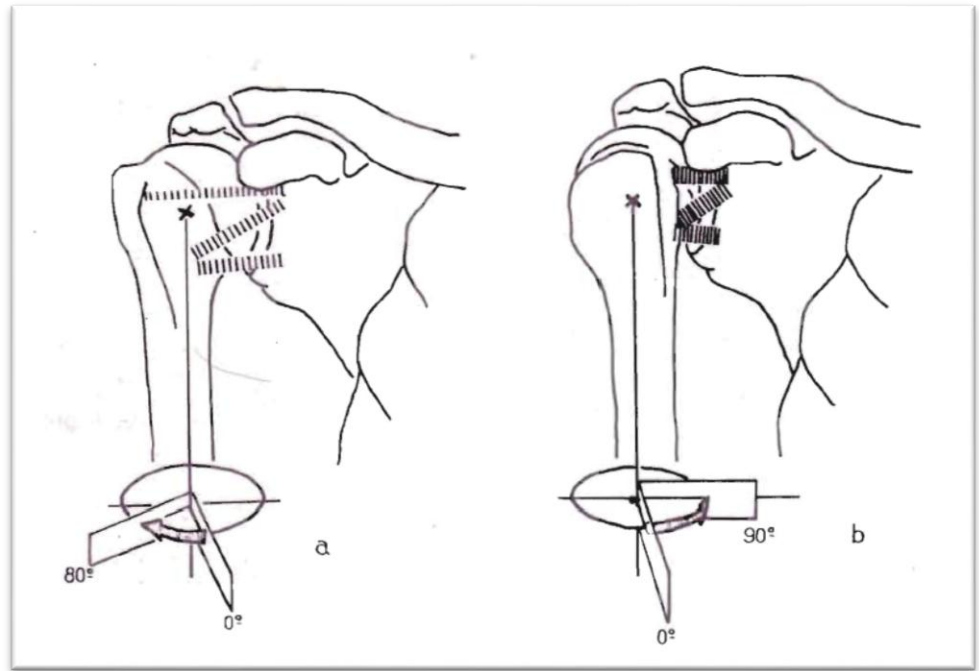
Abductie en exorotatie worden door de glenohumerale ligamenten gelimiteerd.



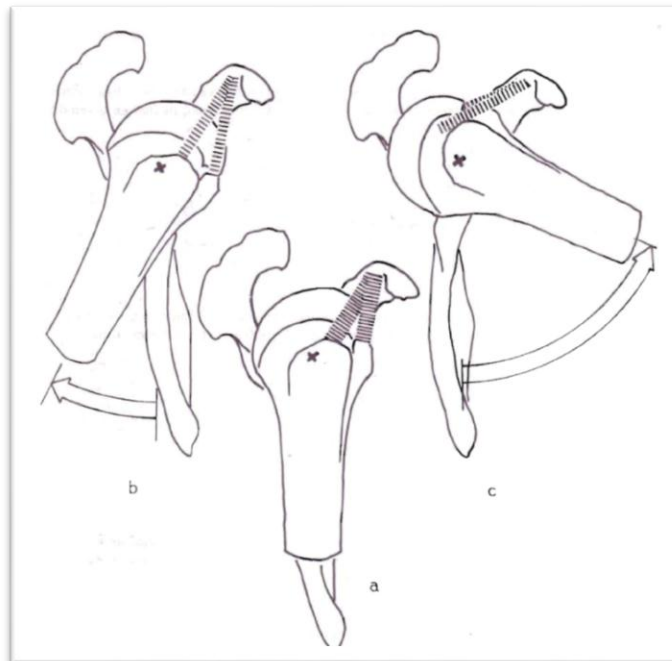
Endorotatie wordt gelimiteerd door de exorotatoren van de van de rotator cuff, dit zijn:

- m.supraspinatus
- m.infraspinatus
- m.teres minor

(Voor een verdere beschrijving van deze spieren zie verder)



Anteflexie en retroflexie worden gelimiteerd door het lig coracohumerale



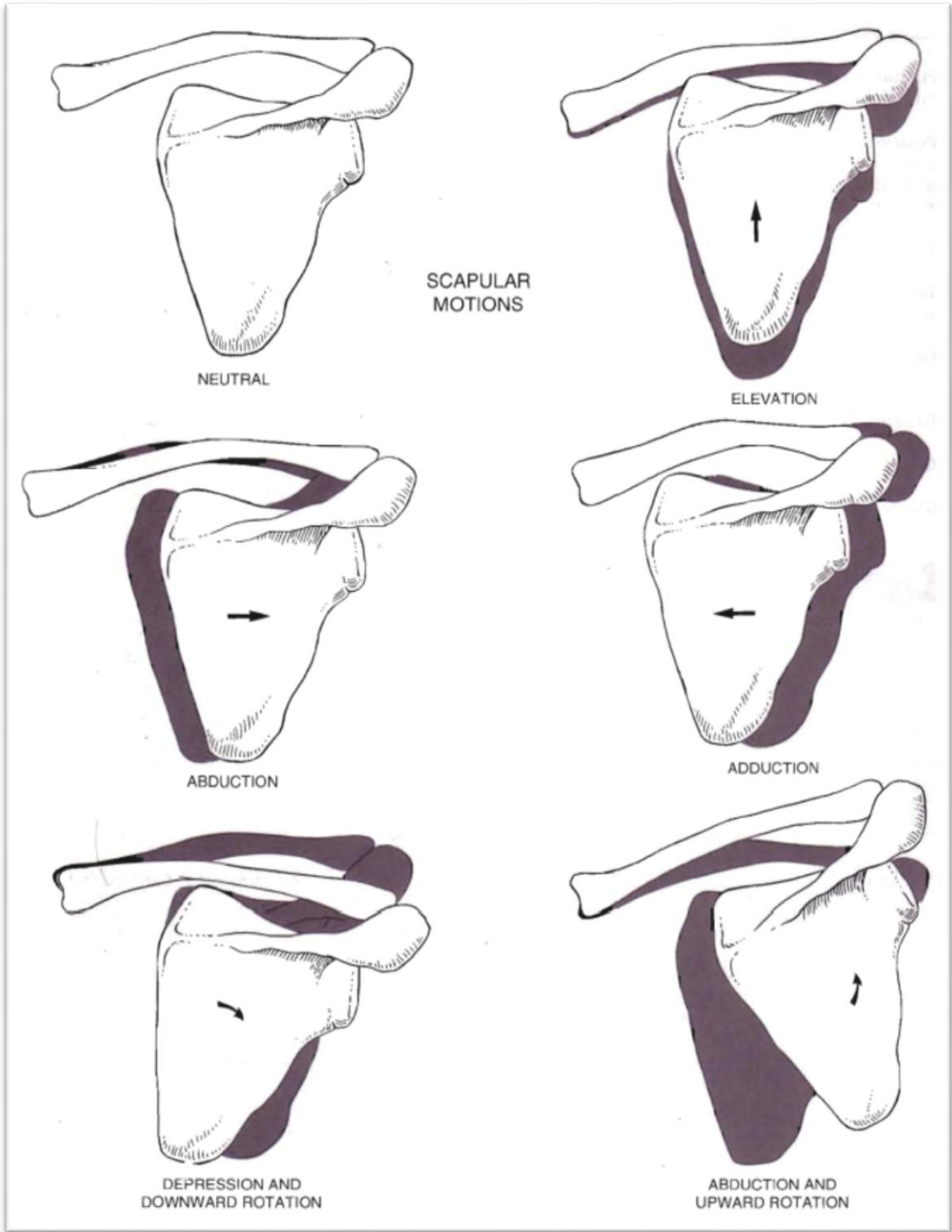
2.1.3.2 Bewegingen van het schouderblad:

Het schouderblad is opgehangen d.m.v. de schouderbladvestigende spieren. Het kan volgende bewegingen maken t.o.v. de thorax:

- Elevatie – depressie
- Abductie (=protractie)- adductie (= retractie)
- Opwaartse rotatie (=laterorotatie) – neerwaartse rotatie (= mediorotatie)

In een functionele context zijn scapulo-thoracale bewegingen meestal gevolg van glenohumerale bewegingen. Onderstaande tabel geeft de geassocieerde bewegingen weer. Concreet komt het erop neer dat de cavitas glenoidalis van het schouderblad mee wordt georiënteerd in de richting waarin de arm wordt bewogen.

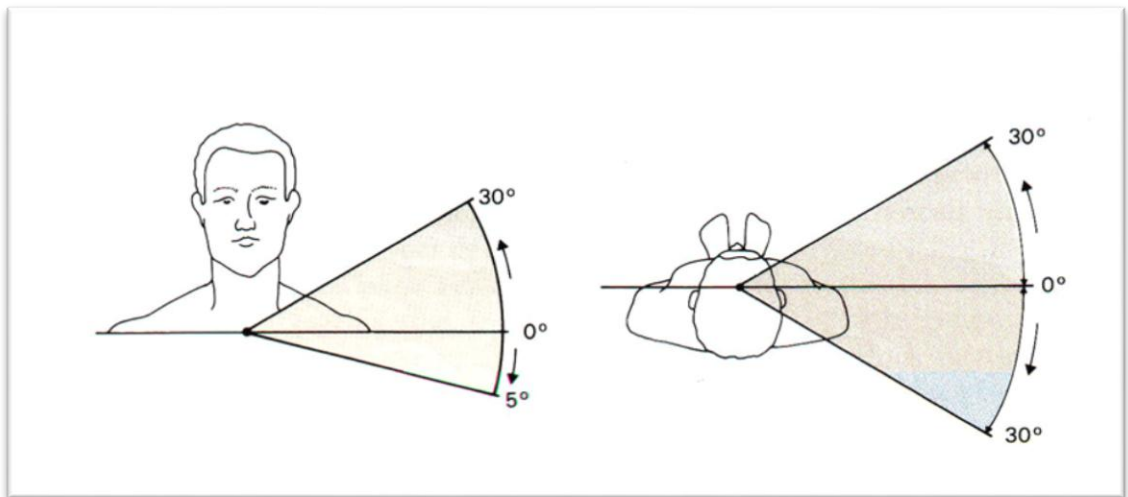
Glenohumeraal	scapulothoracaal
Abductie	Opwaartse rotatie
Adductie	Neerwaartse rotatie
Anteflexie	Elevatie + laterorotatie
Retroflexie	Depressie + mediorotatie
Endorotatie	Protractie
Exorotatie	Retractie
Horizontale abductie	Retractie
Horizontale adductie	Protractie



2.1.3.3 Bewegingen in het articulatio sternoclavicularis:

De verbinding tussen sternum en clavicula is een twee-assig gewricht. De clavicula kan volgende bewegingen maken:

- Elevatie en depressie
- Protractie en retractie



Protractie wordt eindstandig gelimiteerd door het achterste ligament, retractie door het voorste ligament tussen sternum en clavicula (ligamentum sternoclavicularis posterius en anteriorus)

Elevatie wordt gelimiteerd door het ligament aan de onderzijde (lig.costoclaviculare), depressie door het ligament aan de bovenzijde (lig interclaviculare).

2.1.3.4 Bewegingen in het acromioclaviculaire gewricht:

Dit gewricht volgt uiteraard de sternoclaviculaire en de scapulothoracale bewegingen.

2.1.4 Spieren van de schouderregio:

Spieren rond gewrichten worden onderverdeeld in functionele groepen. Spieren die bij concentrisch spierwerk een gelijkaardige beweging veroorzaken in een gewricht horen tot een gemeenschappelijke spiergroep.

In onderstaande tabel worden de mogelijke bewegingsrichtingen en de spiergroepen in de schouderregio opgelijst

Bewegingsrichting	spiergroep
Scapula/clavicula elevatie	Elevatoren
Scapula/clavicula depressie	Depressoren
Scapula/clavicula protractie (=scapula abductie)	Protractoren (scapula abductoren)
Scapula/clavicula retractie (=scapula adductie)	Retractoren (scapula adductoren)
Scapula opwaartse rotatie (=laterorotatie)	Opwaartse rotatoren
Scapula neerwaartse rotatie (=mediorotatie)	Neerwaartse rotatoren
Glenohumerale abductie	Abductoren (glenohumeraal)
Glenohumerale adductie	Adductoren (glenohumeraal)
Glenohumerale anteflexie	Anteflexoren
Glenohumerale retroflexie	Retroflexoren
Glenohumerale exorotatie	Exorotatoren
Glenohumerale endorotatie	Endorotatoren

Het groeperen van spieren is handig voor gebruik bij bewegingsanalyses. Het is echter vaak ook belangrijk om individuele spieren op het lichaam te kunnen lokaliseren. Elke spier heeft een oorsprong en een aanhechting die doorgaans heel nauwkeurig worden beschreven in anatomische handboeken en atlanten. Vanuit functioneel oogpunt is het niet altijd noodzakelijk om tot in het kleinste detail te weten waar spieren aanhechten. Het volstaat in principe om te weten van welk botstuk naar welk botstuk een spier loopt, en langs welke kant de spier een gewrichtsas overspant.

In het hiernavolgend overzicht worden individuele spieren gegroepeerd volgens functie en geïllustreerd.

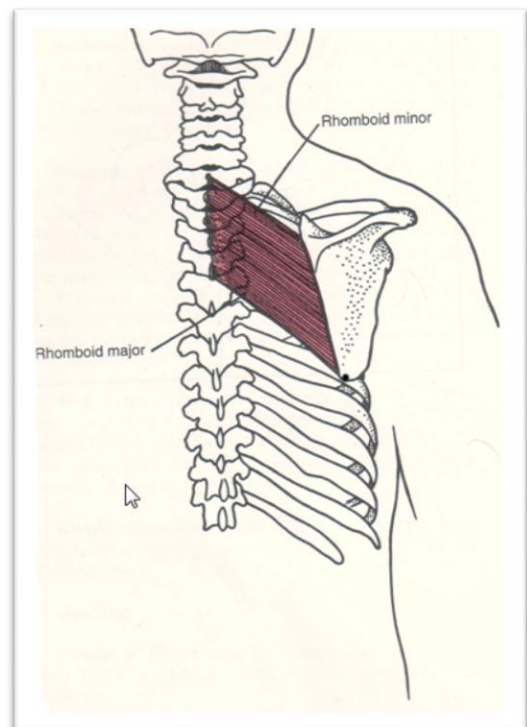
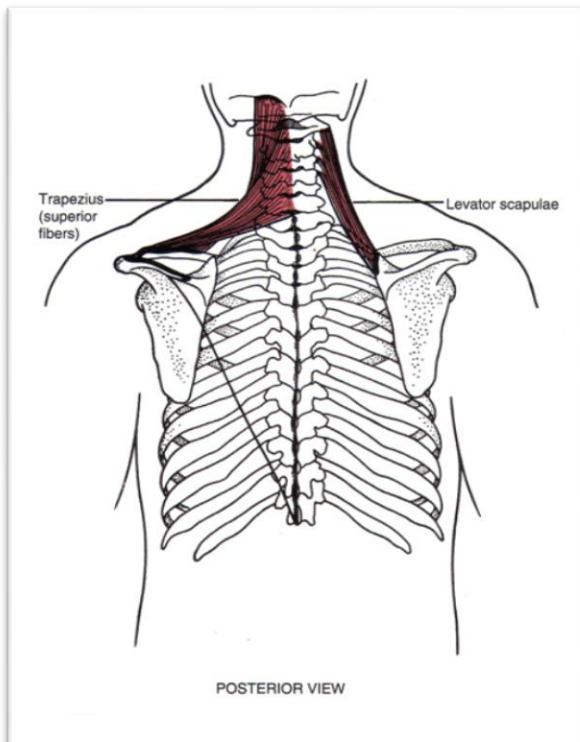
Merk op dat de spiernamen op de tekeningen in het Engels vermeld staan. De Latijnse naamgeving is hier echter nog steeds goed te herkennen: in de naamvorming zijn de uitgangen enigszins anders, en in het engels heeft men de gewoonte om het woord musculus weg te laten uit de naam.

2.1.4.1 Elevatoren van het schouderblad

Elevatoren moeten (bij concentrisch spierwerk) de scapula naar boven kunnen trekken. Logischerwijs lopen deze spieren tussen een punt/zone op het schouderblad en een hoger gelegen zone op de wervelkolom of de schedelbasis. Als de spier concentrisch samentrekt worden oorsprong en aanhechting naar elkaar toe getrokken. Het meest beweeglijke botstuk (punctum mobile), in dit geval de scapula, wordt hierbij in de richting van het minder beweeglijke deel (punctum fixum), getrokken. De scapula wordt dus omhoog getrokken.

Merk op dat de elevatoren geen verticaal, maar een schuin verloop hebben in medio-craniale richting. Dat wil zeggen dat deze spieren het schouderblad niet alleen naar cranial bewegen, maar ook naar mediaal, de meeste elevatoren zijn dus ook adductoren.

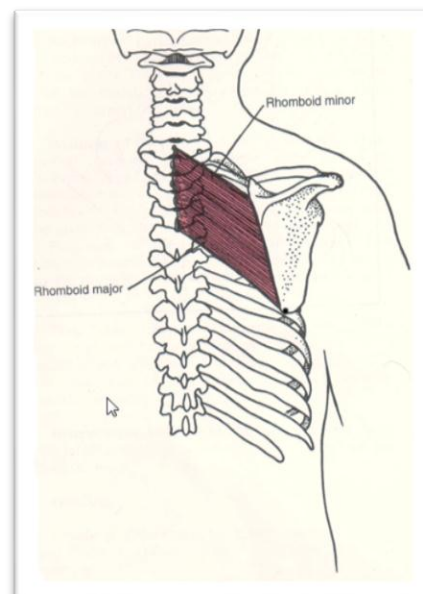
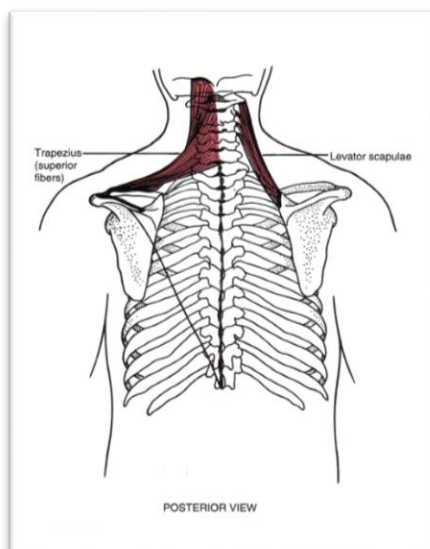
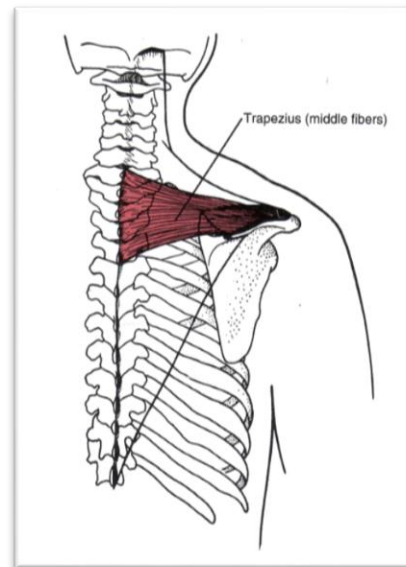
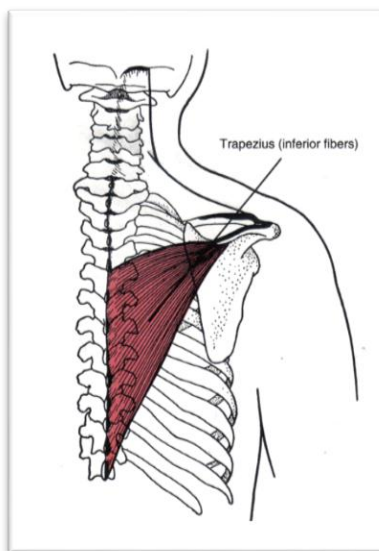
Op onderstaande tekeningen worden de belangrijkste elevatoren weergegeven.



2.1.4.2 Adductoren van het schouderblad

De schouderbladadductoren zijn schouderbladvestigende spieren vezels die een vezelrichting met een horizontale component hebben tussen schouderblad en wervelkolom. Sommige adductoren lopen helemaal horizontaal en hebben uitsluitend een adductiefunctie. Andere adductoren lopen schuin, in medio-craniale of medio-caudale richting, zij zullen naast adductie dus ook respectievelijk voor elevatie of depressie instaan.:

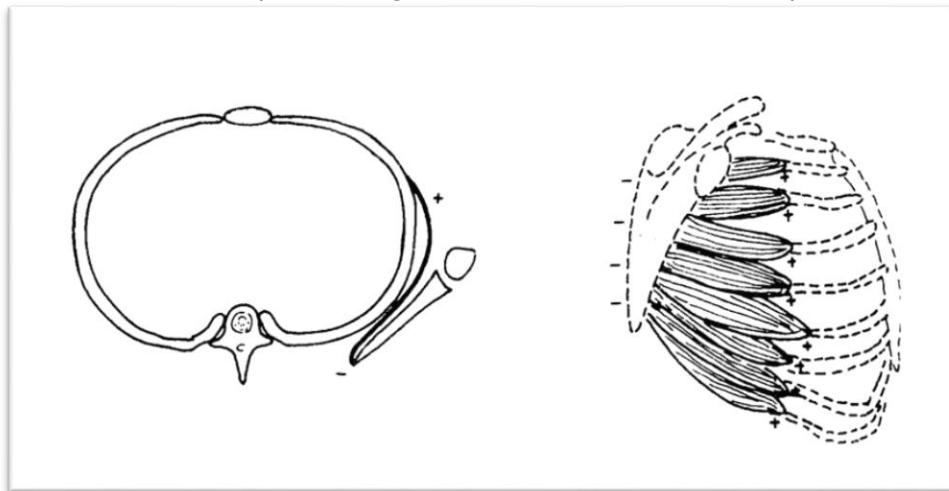
Op onderstaande figuur worden de belangrijkste scapula adductoren weergegeven



2.1.4.3 Abductor van het schouderblad:

Abductoren moeten het schouderblad naar lateraal kunnen trekken. Hun spiervezels moeten dus horizontaal van de scapula naar lateraal lopen. De enige spier die dit doet, de musculus serratus anterior, verbindt het schouderblad met de ribben. Bij abductie volgt het schouderblad de contour van het ribbenrooster en wordt dus niet alleen naar lateraal, maar ook naar anterieur getrokken (=protractie)

De spierbuik ligt tussen de thorax en de scapula

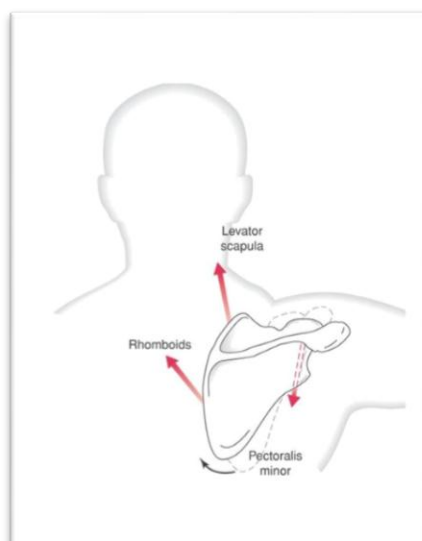


2.1.4.4 Depressie van het schouderblad

Scapula depressie gebeurt o.i.v. de schouderbladvestigende spieren met een vezelverloop in medio-caudale richting.

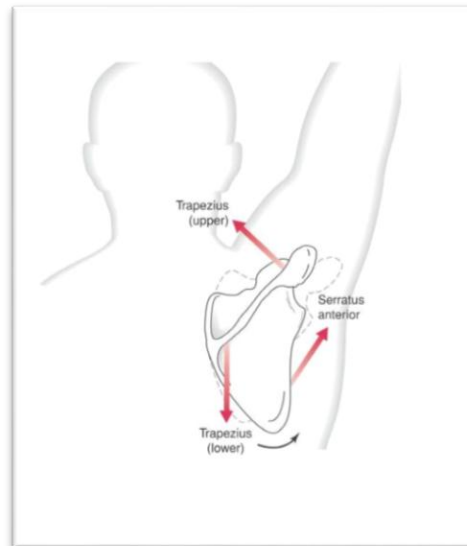
2.1.4.5 Neerwaartse rotatie van het schouderblad:

Een neerwaartse rotatie van de scapula houdt een rotatie rond een sagittale as in, waarbij de schoudertop (angulus lateralis) naar caudaal verplaatst. De m.rhomboideus major is de belangrijkste spier met deze functie.



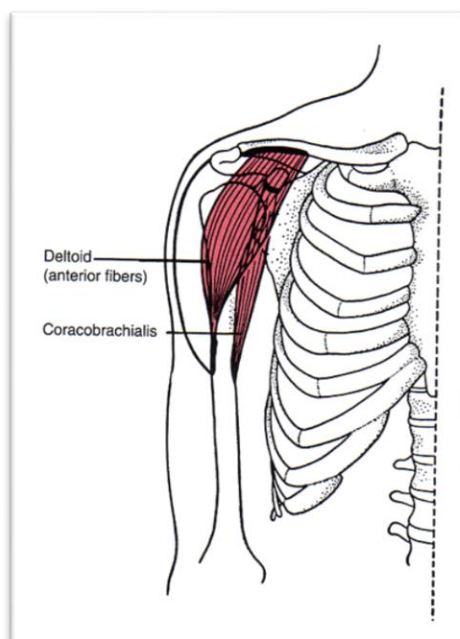
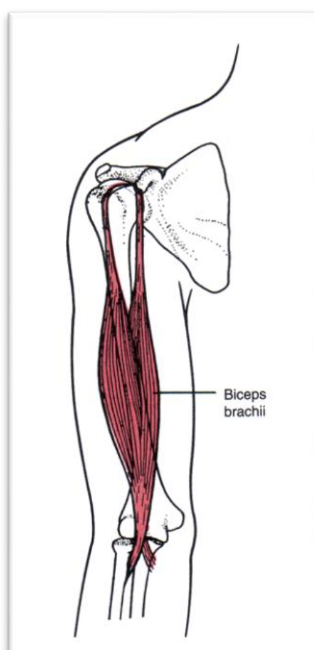
2.1.4.6 Opwaartse rotatie van het schouderblad

De rotatie rond de sagittale as waarbij de schouder top naar craniaal beweegt wordt voornamelijk bewerkstelligd door het bovenste deel van de m. trapezius.



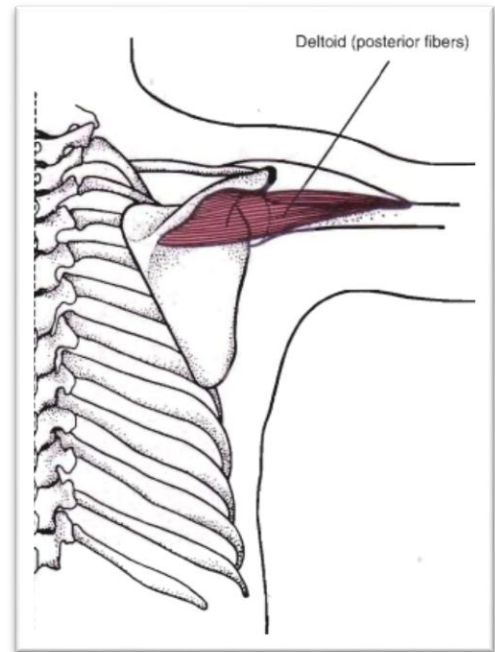
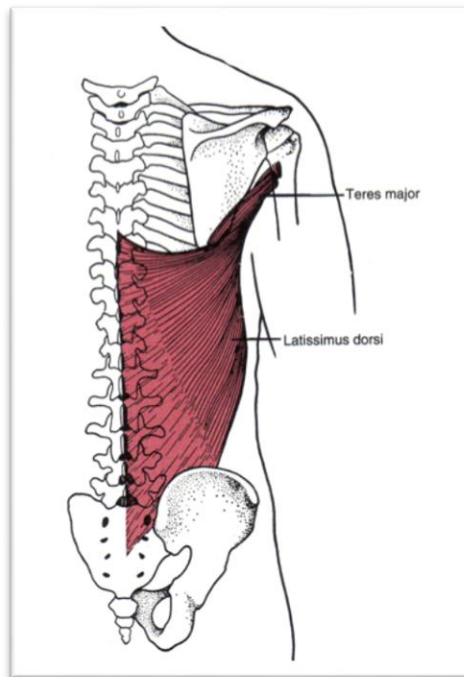
2.1.4.7 Schouderanteflexoren

Anteflexoren zorgen voor anteflexie in het glenohumerale gewricht, ze brengen de arm naar voor. Anteflexie is een beweging rond transversale as. Dus alle spieren die het glenohumerale gewricht overspannen langs de voorzijde, voor de transversale as, zijn anteflexoren.



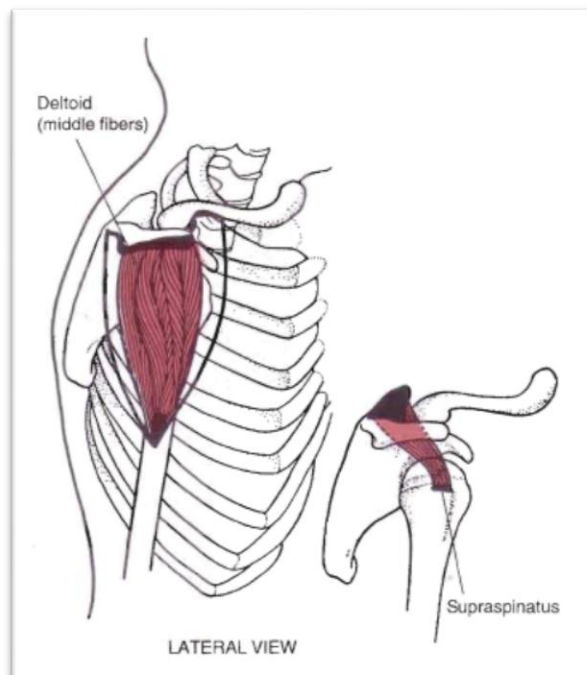
2.1.4.8 Schouderretroflexoren

De retroflexoren overspannen het glenohumerale gewricht langs de achterzijde, achter de transversale as.



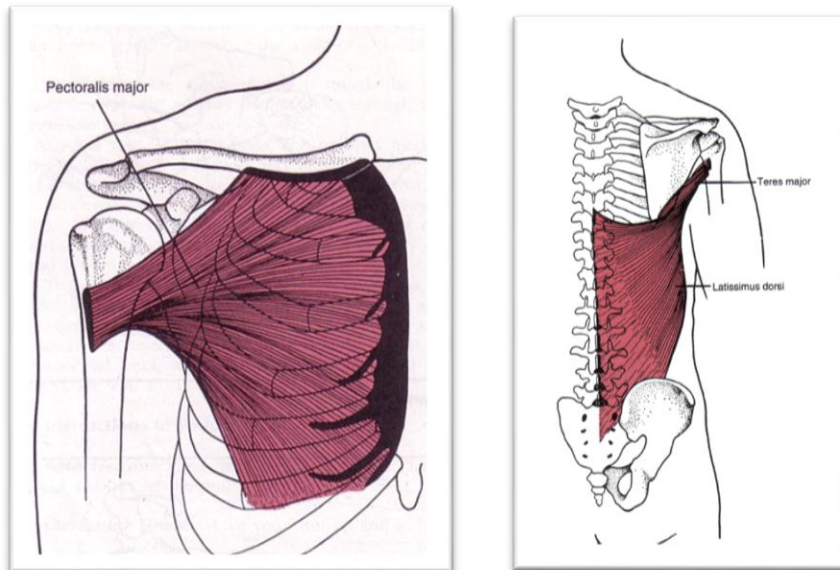
2.1.4.9 Schouderabductoren

Abductie is een beweging rond de sagittale as. De schouderabductoren overspannen de sagittale as van het glenohumerale gewricht langs lateraal. (ze lopen over de bovenzijde van het gewricht)



2.1.4.10 Schouderadductoren

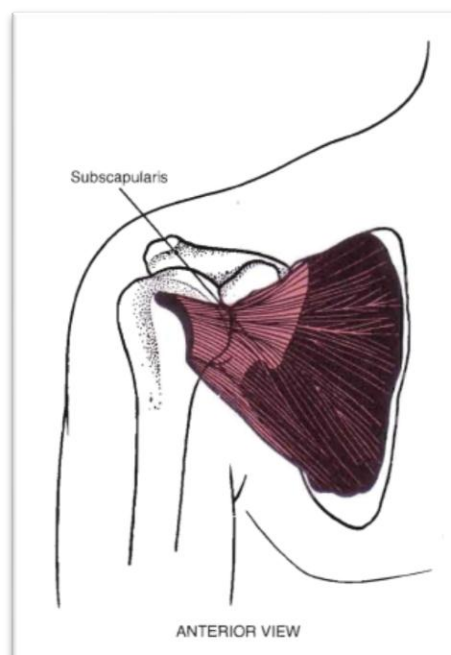
De schouderadductoren overspannen de sagittale as van het glenohumerale gewricht langs de mediale zijde, ze lopen onder het gewricht.



2.1.4.11 Schouderendorotatoren

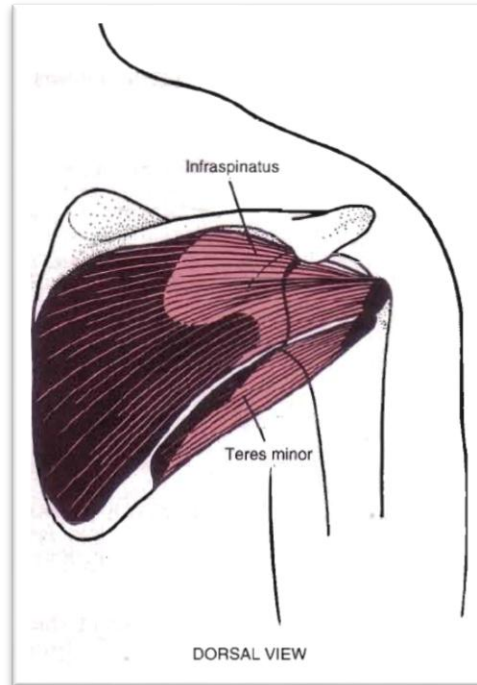
Endorotatie is een beweging ronde longitudinale as. Qua spierverloop zijn er twee richtingen die hetzelfde effect hebben. Een endorotator loopt ofwel van lateraal (van de longitudinale as) op de arm naar voor, ofwel van mediaal op de arm naar achter.

De hoger afgebeelde m. pectoralis major en m. latissimus dorsi zijn de dus ook endorotatoren



2.1.4.12 Schouderexorotatoren:

De schouderexorotatoren lopen van lateraal van de longitudinale as van de arm naar achter toe.

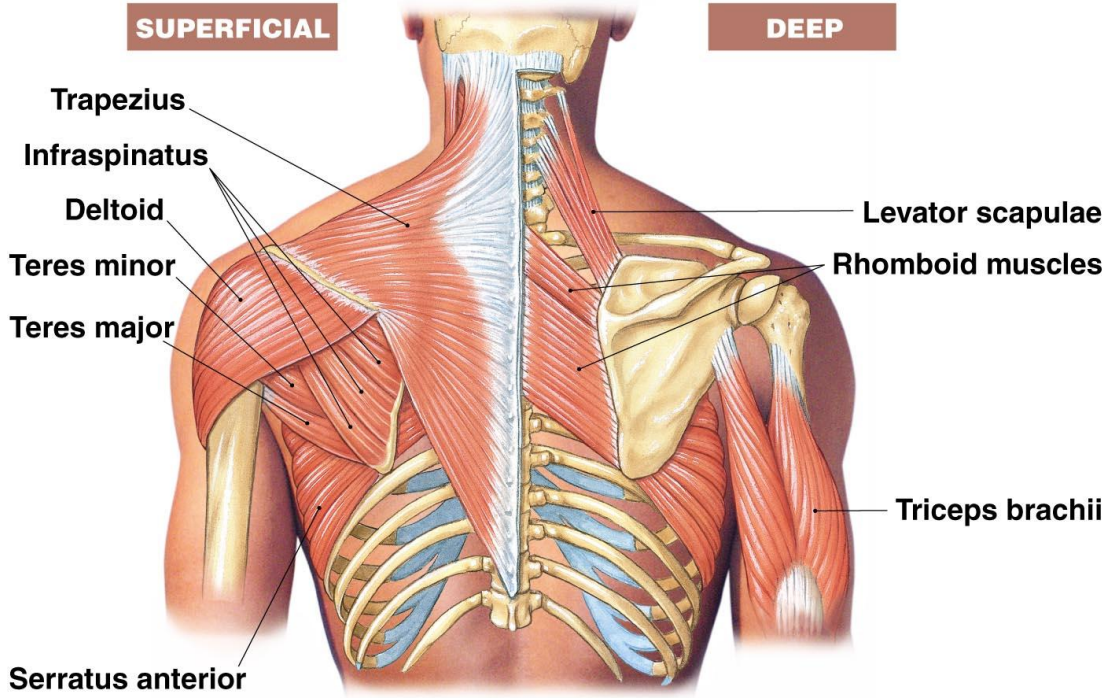


2.1.4.13 Overzicht van spieren in de schouderregio

Probeer voor elk van onderstaande spieren de oorsprong en aanhechting te beschrijven, en de functie(-s) te beredeneren.

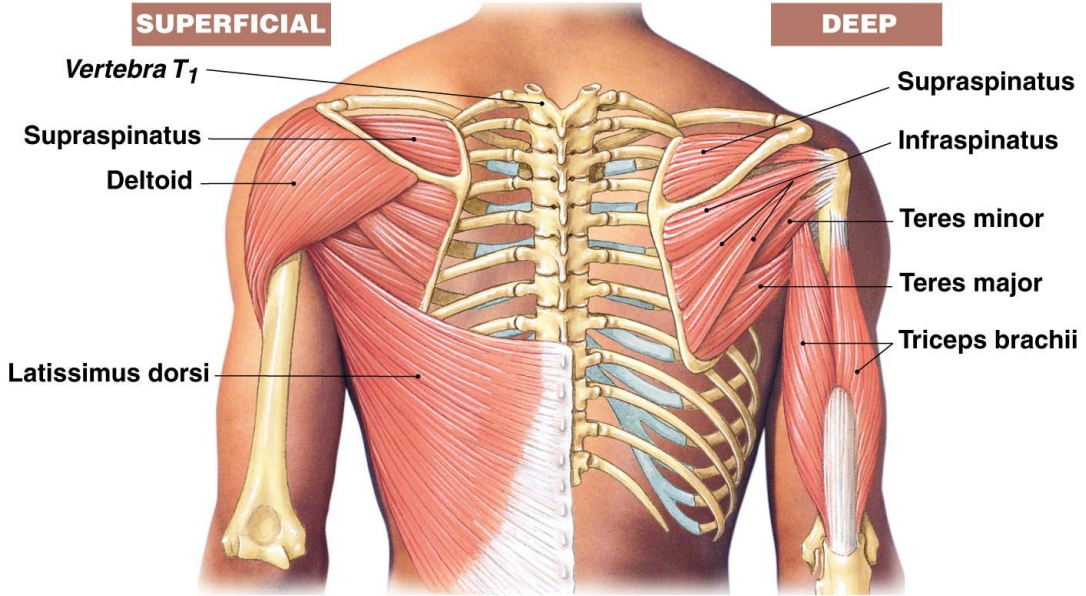


- Musculus levator scapulae
- m.rhomboideus minor
- m. serratus anterior
- m.teres major
- m.coracobrachialis
- m.supraspinatus
- m infraspinatus
- m trapezius, bovenste deel- middenste deel – onderste deel
- m.latissimus dorsi
- m.deltoideus, voorste deel – middenste deel – achterste deel
- m.rhomboideus major
- m.pectoralis major
- m teres minor



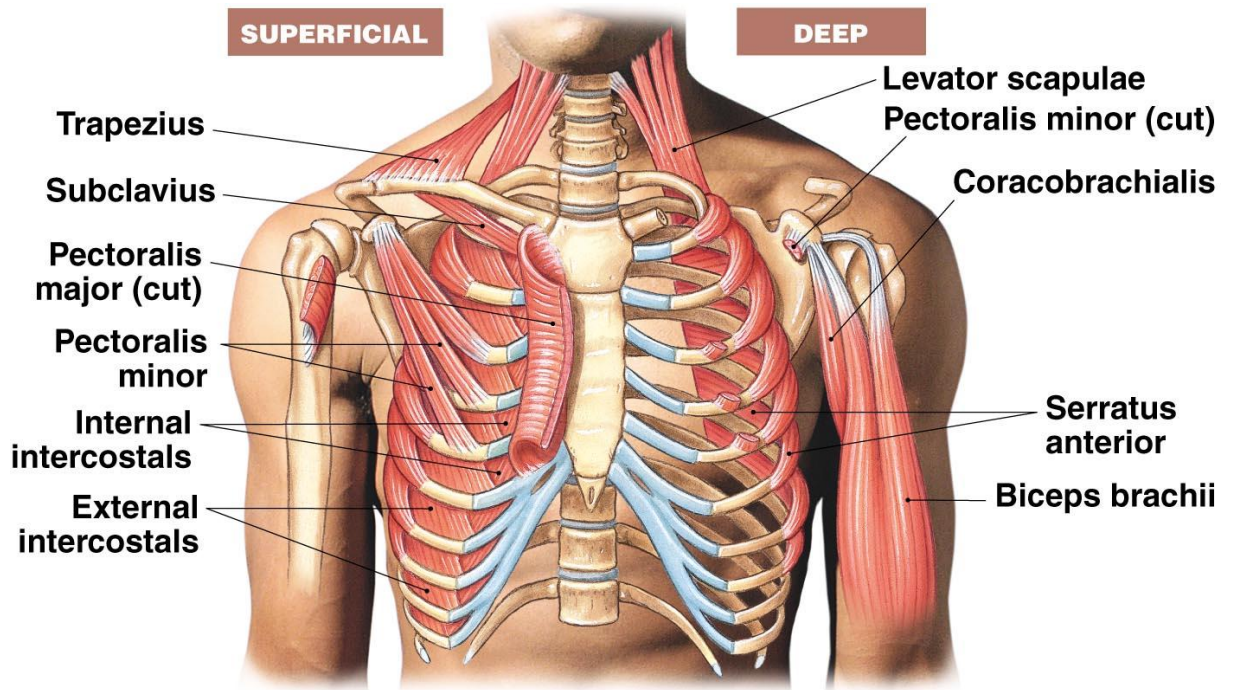
(a) Posterior view

Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings



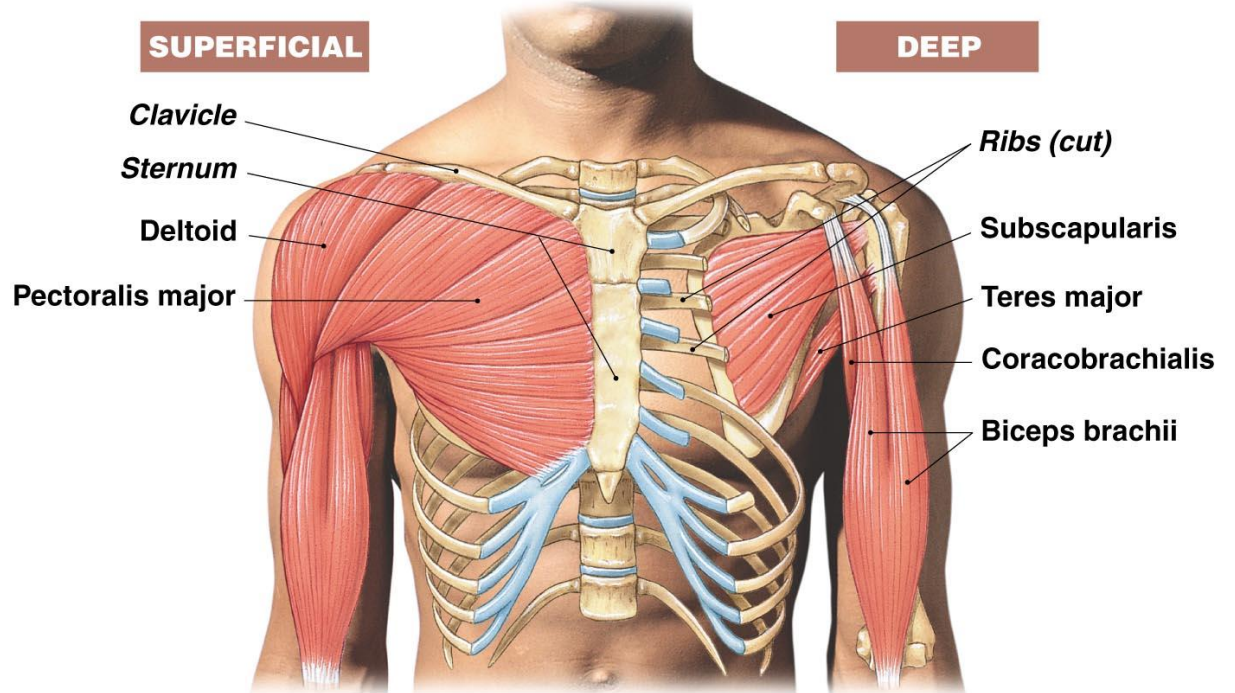
(b) Posterior view

Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings



(b) Anterior view

Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings



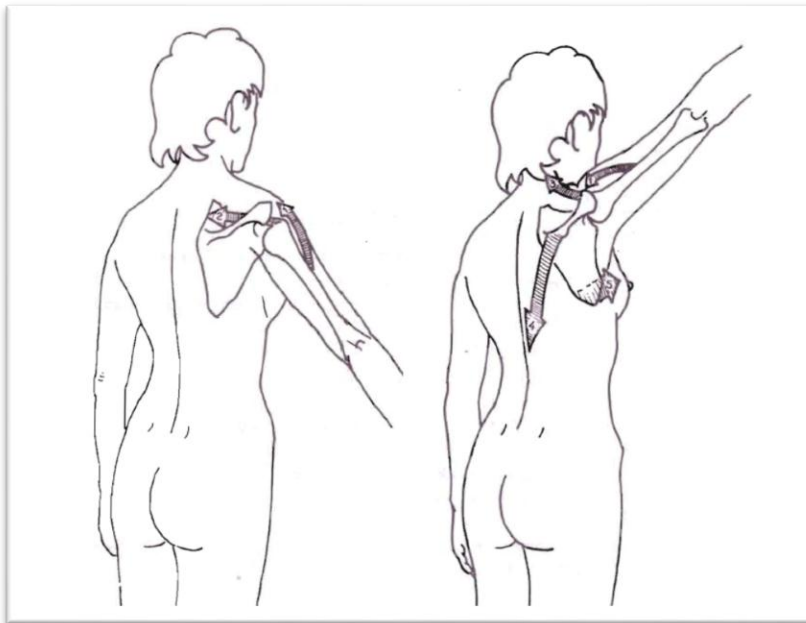
(a) Anterior view

Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings

2.1.4.14 functioneel gebruik van de schoudermusculatuur

Abductie in twee fasen

In een eerste fase kan zuivere glenohumerale abductie plaatsvinden o.i.v. m.deltoideus (1) en m.supraspinatus.(2) Vanaf $\pm 90^\circ$ eindigt deze fase omdat het tuberculum majus dan tegen de bovenrand van het de cavitas glenoidalis stoot. (door een lichte anteflexie of exorotatie kan deze mechanisch blokkade worden opgeheven). In een tweede fase, bij blokkage van het glenohumerale gewricht, is verdere abductie alleen mogelijk door opwaartse rotatie van het schouderblad. m.trapezeius (onderste en bovenste deel) (4), en m.serratus anterior(5) maken door deze schouderbladrotatie een arm-abductie tot $\pm 150^\circ$ mogelijk. Nog verdere "abductie" gaat steeds gepaard met compensatie bewegingen (romplateroflexie, anteflexie, exorotatie...)



In praktijk verlopen de eerste en de twee fase voor een groot deel van de bewegingsbaan gelijktijdig. Men spreekt in dit verband over het scapulothoracale ritme: De beweging verloopt met een 2:1 verhouding. Per 2 graden glenohumerale abductie is er 1 graad opwaartse rotatie.

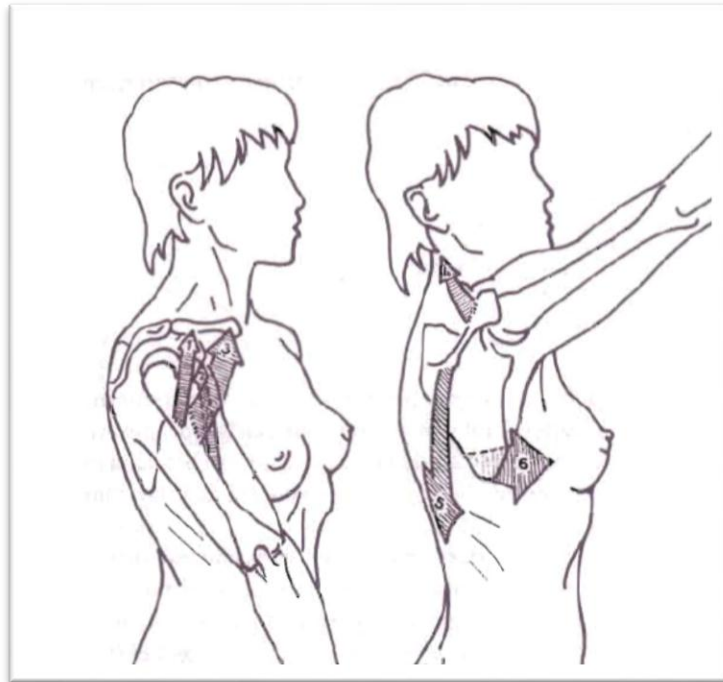
Anteflexie in twee fasen

Een eerste fase van de zuivere anteflexie beweging gebeurt o.i.v m.deltoideus (voorste deel) (1), m.coracobrachialis (2) en de bovenste vezels van m.pectoralis major (3)

Zoals eerder aangegeven wordt deze beweging gelimiteerd door het lig.coracohumerale.

In een tweede fase is verdere anteflexie alleen mogelijk door abductie en opwaartse rotatie en abductie van het schouderblad (de cavitas glenoidalis wordt hierbij naar boven en naar voor gericht). M.trapezius (4-5) en m.serratus anterior (6) verzorgen deze beweging.

Er is opnieuw sprake van een scapulothoracaal ritme.



De Adductie-spierketen

Een glenohumerale adductie kan pas efficiënt verlopen mits synergistische werking van de schouderbladadductoren. Indien deze niet meewerken zou het schouderblad opwaarts roteren bij adductie tegen weerstand.

De schematische voorstelling geeft de synergistische werking van m.teres major (2) en mm.rhomboidei (1) weer.

