

Den stående stilling:

Mennesket kan indtage en oprejst stilling understøttet i instabil ligevægt på to ben.

Centralnervesystemet skal styre balanceakten således, at projektionen af tyngdepunktet holder sig inden for den forholdsvis lille understøttelsesflade.

Set fra siden består menneskets legeme af en række segmenter, der er stillet oven på hinanden og forbundet med led med transverselt forløbende akser. Tilsammen danner de en enhed med tyngdepunktet beliggende i bækkenet lige foran 2. sakralhvirvel.

Det viser sig, at der kræves ringe muskelaktivitet for at opretholde ligevægten ved en bekvem stående stilling.

**Ankelledet:** Lodlinien falder nogle cm foran fleksion-ekstensionsaksen, så tyngdekraften tenderer mod at fremkalde et fald forover af legemet med dorsifleksion i leddet. Den stående stilling opretholdes ved musculus soleus' tonus.

**Knæledet:** Tyngdelinien passerer ned foran knæledets fleksions-ekstensionsakse, således at knæet holdes passivt strakt. Stillingen sikres ved stramning af kapslen på bagsiden af leddet samt ved udspænding af ligamenta cruciata.

**Den suprapelvine del af legemet:** Ligger over den transversale akse gennem de to hofteled.

Tyngdepunktet ligger præcis over fleksion-ekstensionsaksen i hofteledet, således at krop og hoved er i ustabil ligevægt over hofteledet.

Muskelkraft vil kun være nødvendig til at korrigere de små forstyrrelser i ligevægten. Ubalance fremad kontrolleres af de dybe rygmuskler og hasemusklene. Ubalance bagud kontrolleres af m. rectus abdominis og m. iliopsoas. Sideværtsbalance kontrolleres af de dybe rygmuskler og hofteledets abduktorer.

**Hvirvelsøjlen i sagittalplan:** Styres af muscoli multifidi, musculus psoas major, musculus erector spinae og musculus rectus abdominis.

**Hals og hoved:** I halscolumna udgør rækken af ledtapper to postero-laterale søjler, der aflaster kompressionselementet. Området styres ligeledes af korte og lange muskler.

Det vestibulære system:

**Funktion:** Registrerer hovedets position og stillingsændringer, og sammenkobler denne information med proprioceptive og visuelle sanseinput, hvorved en bevidst opfattelse af vores rumlige position samt reflektoriske stillingsbetingede motoriske bevægelser muliggøres.

**Beskrivelse:** Ligevægtsapparatet er lokaliseret i os temporale, hvor et uregelmæssigt hulrum danner den ossøse labyrinth. Omgivet af perilymfe findes i dette hulrum en endolymfefyldt membranøs struktur, labyrinthus membranaceus, som yderligere kan opdeles i en forreste cochlearis, som rummer høreorganet, og en bageste labyrinthus vestibularis, som rummer ligevægtsapparatet.

Labyrinthus vestibularis består af 3 hindede buegange (ductus semicircularis anterior, posterior og lateralis), som står vinkelret på hinanden i canales semicirculares, samt 2 foranliggende sacculus og utriculus<sup>1</sup>.

De hindede buegange er sammenhængende med utriculus og er svarende til denne tilhæftning let udvidede som ampullae membranaceae. Inde i disse udvidelser dannes en kam af hårceller, crista ampullaris, hvis stereocilier rager op i en gelatinøs masse, cupula ampullaris, hvorved buegangen aflukkes. Ved bevægelse af hovedet vil buegangenes endolymfe sættes i bevægelse, hvorved cupula ampullaris og hårcellernes stereocilier bevæges tilsvarende, hvilket fører til en ændring af hårcellernes membranpotentiale.

I modsætning hertil indeholder utriculus og sacculus henholdsvis en horisontal og en vertikal ansamling af hårceller, macula utriculi og macula sacculi, hvis stereocilier rager op i en gelatinøs masse, membrana statoconiorum, fyldt med otolitter. Bevægelse af otolitterne vil stimulere hårcellernes stereocilier, hvorved cellernes membranpotentiale ændres. Otolitternes egenvægt betinger, at de vil sættes i bevægelse ved stillingsændringer af hovedet samt bevæges af tyngdekraften, såfremt hovedet holdes stille. Utriculus og sacculus kan derfor både stimuleres ved positionsændringer af hovedet samt når hovedet holdes stille.

De genererede receptorpotentialer i ligevægtsapparatets hårceller overføres basalt til nerveender fra n. vestibularis, hvis cellelegemer ligger i bunden af meatus acusticus internus, og her danner ganglion vestibulare. Nervefibrene fortsætter herfra gennem meatus acusticus internus for at trænge ud i den cerebellopontine vinkel som n. vestibulocochlearis.

Hovedparten af de vestibulære fibre ender dernæst i nuclei vestibulares, mens andre løber direkte ind til vestibulocerebellum.

---

<sup>1</sup> Se figur 14.8, side 206 i B.

**De centrale ligevægtsbaner:** Udgøres af de vestibulære kerner og deres forbindelser til cerebellum, truncus encephali, medulla spinalis og cerebrum<sup>2</sup>, der er ansvarlige for vestibulære reflekser og den bevidste opfattelse af vores position i rummet.

**De vestibulære kerner og deres forbindelser:** Udgør et stort kerneområde dorsolateralt i hjernestammen på overgangen mellem medulla oblongata og pons, hvis vigtigste funktion er at integrere de indkommende ligevægtsimpulser med proprioceptive, visuelle og cerebellare input, således at vores øjenbevægelser og motoriske funktion i det hele taget er tilpasset vores position i rummet.

De vestibulære kerner har i overensstemmelse hermed massive reciprokke fiberforbindelser til vestibulocerebellum, øjenmuskelkerne (via FLM), hjernestammens formatio reticularis samt rygmargens somatomotoriske nerveceller (via tractus vestibulospinalis og tractus reticulospinalis). Direkte forbindelser til cortex cerebri er derimod mindre udtalte, men de vestibulære kerner har dog projektioner til bl.a. somatosensoriske cortex, som formentlig er ansvarlig for den bevidste opfattelse af vores rumlige position.

**Vestibulookulære og vestibulospinale reflekser:** De vestibulære kerner samarbejder via forbindelser til fasciculus longitudinalis medialis løbende med hjernestammens somatomotoriske kerner til øjets ekstraokulære muskler (III, IV og VI), således at vores øjenbevægelser er i overensstemmelse med de hovedbevægelser, vi foretager. Vores øjne vil således reflektorisk bevæge sig i modsat retning af en initieret hovedbevægelse, hvorved øjnene kan fastholde deres fikspunkt.

På tilsvarende måde kan de vestibulære kerner via tractus vestibulospinalis og tractus reticulospinalis til rygmargens motoriske forhornceller påvirke vores posturale muskler, således at vores muskeltonus og posturale muskelfunktion hele tiden er i overensstemmelse med vores rumlige position.

Det neuroanatomiske grundlag for kroppens proprioceptive sans:

Proprioception omfatter kroppens stillingssans, som formidles via proprioceptorer i muskler, sener og led. Muskeltene og senetene udgør sammen med deres tilhørende somatosensoriske afferente nervefibre strækrefleksernes afferente led.

---

<sup>2</sup> Se figur 14.9, side 207 i B.

Proprioceptive nerveimpulser ledes via afferente somatosensorisk nervefibre med trofisk centrum i spinalgangliet ind til rygmarven, hvor fibre uden afbrydelse ascenderer i den samsidige bagstreng, funiculus posterior. Disse ascenderende fibre ender i bagstrengskernerne, nucleus gracilis og nucleus cuneatus, hvis nervecellelegemer efterfølgende afgiver nervefibre, som krydser midtlinjen og herved danner decussatio lemnisci medialis. Herved ascenderer disse fibre op igennem hjernestammen som lemniscus medialis til VPL i thalamus, og herfra videresendes til gyrus postcentralis. De indkommende proprioceptive input integreres med ligevægts- og synssansen for at give hjernen et fuldstændigt sanseindtryk af kroppens position i rummet.

**Klinik:**

- Rombergs prøve: Undersøge for faldtendens ved lukkede øjne. Vestibulærapparatet, synet og proprioception sørger for at opretholde balancen.

Gang og løb er yderst kompliceret og kræver en fin koordination af talrige muskler; svigter denne koordination, indtræder afvigelser fra den normale gang. Foruden ved asymmetri i benene og lidelser af knogler, led, muskler og perifere nerver ses derfor også gangforstyrrelser ved en række affektioner af CNS. Systematiseret iagttagelse af patienters gang kan give vigtige diagnostiske oplysninger.

### Gangcyklus<sup>1</sup>:

En gangcyklus: Perioden fra det tidspunkt, hvor den ene fod berører underlaget, indtil den samme fod igen får kontakt med dette.

**Gang:** Standfasen for hvert ben varer over halvdelen af en gangcyklus.

**Standfasen<sup>2</sup>:** Opdeles i:

● **Støddæmpningsfasen (nedslag):** Indeholder følgende:

- Excentrisk kontraktion af m. tibialis anterior indtil planta er i kontakt med underlaget (først hælen, så lateralsiden og til sidst tæerne).
- Excentrisk kontraktion af m. quadriceps femoris, så der sker en lille knæbøjning.
- Bækkenkipning på standbenet, kontrolleret af samsidige m. gluteus medius og m. tensor fasciae latae.

● **Kontaktfasen:** Fodsålen har fuld kontakt med underlaget.

- Underbenets knogler glider frem på trochlea tali, så ankelleddet dorsiflekteres.
- Musculus triceps surae forlænges som følge heraf og oparbejder spænding, klar til at indlede afsættet, når knæet igen er strakt og benet har fået en passende hældning forover.
- Knæstrækningen fremkommer ved at m. soleus holder igen på underbenet, mens kroppens inertie og m. quadriceps med et distalt punctum fixum trækker femur fremad.
- I standbenets hoftelid foregår en ekstension foruden en indadrotation af m. gluteus minimus, hvorved den modsidige bækkenhalvdel svinger fremad og bidrager til skridtlængden.

● **Afsætsfasen:**

- Kontraktion af m. triceps surae, hvilket medfører fleksion i ankelleddet og passiv dorsifleksion af tæerne, og afsluttes med aktiv plantarfleksion af tæerne, sidst udspændes m. flexor hallucis longus pga. dorsifleksion af tåen og aksepunktet føres herved pludselig ud til spidsen af storetåen.

**Svingfasen:**

- Kontraktion af m. iliopsoas, hvorved hoftelleddet flekteres og knæet flekteres passivt.

<sup>1</sup> Se figur 31-18, side 343 i BM.

<sup>2</sup> Se figur 31-20, side 344 i BM.

- Kontraktion af m. quadriceps, hvorved knæet strækkes.
- Excentrisk kontraktion af hasemusklerne som bremse for underbenets udstrækning, så knæet ikke er helt udstrakt, indtil nyt hælanslag (dvs. gennemført gangcyklus).

Den skiftende rotation af bækkenet modsvarer af et modsatrettet sving af armene og den øverste del af columna, hvilket giver en jævnere bevægelse af tyngdepunktet.

**Hoftens bevægelser:** Når legemets standfase bæres af det ene ben, kipper bækkenet pga. tyngden ned mod underlaget på svingbenets side. Denne kipning af bækkenet kontrolleres og mindskes af hofteladsabduktorerne på standbenets side.

Kroppens balance, som trues pga. bækkenets kipning, sikres ved kontraktion af musculus erector spinae og bugmusklerne på modsatte side.

**Overgangen til løb:** Stand- og svingfasen aftager, indtil de lige afløser hinanden, og man er ved at slå over i løb.

**Løb:** Det ene ben er i standfase, mens det andet er i svingfase, og der er perioder helt uden kontakt med underlaget.

Hastigheden er størst og massemidtpunktet befinder sig højest i afsætningsøjeblikket. I hele svævefasen bevæger massemidtpunktet sig nedad for ved kontakten at deponere den samlede energi i m. quadriceps.

**Standfase:** Opdeles i:

- Støddæmpningsfasen: Hoftekipning er ophævet ved løb, da det er for dyrt i energi, hvorfor støddæmpningen ved knæflexion er stærkt øget. Knæflexionen udspænder og overfører energi til m. quadriceps, hvorved kontaktfasen bliver kortere og massemidtpunktet hæves.

Ved forfødslob (sprint) rekrutteres m. soleus som støddæmper.

- Kontaktfasen: Aktiv ekstension i hoftelid ved m. gluteus medius.

- Afsætsfasen: Samme som under gang.

- Svævefasen: Begge ben er fri af underlaget.

Desuden sker der en hævnning af benets tyngdepunkt under svingfasen pga., at den større knæflexion øger accelerationen i fremsvinget.

Den samsidige hofte føres frem (mere end under gang) for at øge skridtlængden, og samsidige skulder føres markant tilbage og mere torsion af hvirvelsøjlen øges.

Kravet til hasemusklernes excentriske arbejde ved opbremsning af underbenets fremsving er voldsomt øget under løb, medførende risiko for fibersprængning<sup>3</sup>.

### Bevægelsesanalyse:

- **Armene:** Armene svinger i modfase med benene under gang og løb hvilket bevirker, at balance-tyngdepunktet bevæges.

Ved overgangen til løb, bøjes armene automatisk, det skyldes formodentlig armene gøres klar til at springe, idet de er involveret i kroppens fremdrift.

- **Hovedet:** Svinger lidt fra side til side, mindre ved hurtigere gang/løb.

- **Skuldrene:** Tilbageføring af skulderen øges ved hurtigere gang/løb, hvilket øger skridtlængden og giver energi.

- **Opvarmning:** Sørger for at fintuner løbeteknikken, samt sætter kredsløbet i gang og opvarmer systemet.

### Klinik:

- **Støddæmpning:** Jo længere hælens kontaktpunkt ligger i forhold til underbenets akse, jo dårligere støddæmpning.

Dårlig støddæmpning slider på leddene og hvirvelsøjlen, desuden forstyrres synsaksen.

En undertrykkelse eller ophævelse af én af støddæmpningsfunktioner søges kompenseres ved en øgning af de to andre. Høje hæle nedsætter eller ophæver f.eks. fodens bidrag til støddæmpningen, dette kompenseres ved, at øge knæbøjningen i standfasen, og – for at understøtte den udsatte m. quadriceps – ved at fælde kroppen lidt forover, således at virkningen af m. gluteus maximus adderes. Den mere rutinerede øger bækkenkipningen, hvorved de bøjede knæ undgås og holdningen kan være rankere og gangen mere glidende.

- **Dropfod:** Hvis m. tibialis anterior er paralyseret, må hele benet løftes under svingfasen ved en større fleksion i hofteleddet, således at tåen ikke støder mod underlaget først pga. den manglende dorsalfleksion.

<sup>3</sup> For få tværbroer aktiveres i forhold til den nødvendige bevægelse → Tværbroerne sprænger → Fibersprængning.

Den stående stilling:

Mennesket er karakteriseret ved bl.a. at kunne indtage en oprejst stilling understøttet i instabil ligevægt på to ben.

Centralnervesystemet skal styre balanceakten således, at projektionen af tyngdepunktet holder sig inden for den forholdsvis lille understøttelsesflade<sup>1</sup>.

De større strukturelle forandringer, der har muliggjort den oprejste stilling er forfodspronationen, strækning af knæene, fremkomsten af svaj i lænderygsojlen og en vandring af foramen magnum ind under kraniet, således at dette og kroppen kan balancere oven over hinanden og med bækkenet som understøttelsespunkt.

Set fra siden består menneskets legeme af en række segmenter, der er stillet oven på hinanden og forbundet med led med transverselt forløbende akser. Segmenterne er foden, underbenet, låret, kroppen, halsen og hovedet<sup>2</sup>. Tilsammen danner de en enhed med tyngdepunktet beliggende i bækkenet lige foran 2. sakralhvirvel.

De enkelte segmenters position i forhold til hinanden er i leddene sikret på forskellig vis og under forskelligt forbrug af muskelenergi. Det viser sig, at der kræves ringe muskelaktivitet for at opretholde ligevægten ved en bekvem stående stilling.

**Ankelleddet:** Lodlinien falder nogle cm foran fleksion-ekstensionsaksen, så tyngdekraften tenderer mod at fremkalde et fald forover af legemet med dorsifleksion i leddet. Den stående stilling opretholdes ved musculus soleus' tonus<sup>3</sup>, hvilket er hensigtsmæssigt pga. muskel-vene-pumpen og indeholder flest røde fibre.

Jo længere frem på fodbalen projektionen af tyngdepunktet falder, jo større tonus må musculus soleus udvikle.

Ved stand på ét ben iagttages vekselspillet mellem fodleddets invertorer (m. tibialis anterior) og evertorer (Mm. peronei) for at holde balancen omkring subtalarleddets akse.

**Knæleddet:** Tyngdelinien passerer ned foran knæleddets fleksions-ekstensionsakse, således at knæet holdes passivt strakt. Stillingen sikres ved stramning af kapslen på bagsiden af leddet (femur laver en lille indadrotation, samtidig med at knæleddet overstrækkes, således at knæet låses, og m.

---

<sup>1</sup> Tolerancen over for tyngdepunktets udsving øges med alderen og ved sygdomme i nervesystemet samt påvirkes af træthed, alkohol og medicin.

<sup>2</sup> Se figur 31-1, side 331 i BM.

<sup>3</sup> Gang indledes med en tonussænkning i m. soleus, hvorved legemet begynder at falde fremover som indledning til det første skridt.



quadriceps er afslappet) samt ved udspænding af ligamenta cruciata. Knæekstensorerne<sup>4</sup> er afslappede, hvilket kan iagttages på patellae, som ligger løst på forsiden af leddet, så længe det er aflåst.

**Den suprapelvne del af legemet:** Ligger over den transversale akse gennem de to hofter.

Tyngdepunktet ligger i thorax lidt foran 6. thorakalvirvel, præcis over fleksion-ekstensionsaksen i hoftelæddet, således at krop og hoved er i ustabil ligevægt over hoftelæddet.

Muskelkraft vil kun være nødvendig til at korrigere de små forstyrrelser i ligevægten. Ubalance fremad kontrolleres af de dybe rygmuskler og hasemusklene. Ubalance bagud kontrolleres af m. rectus abdominis og m. iliopsoas. Sideværbalance kontrolleres af de dybe rygmuskler og hoftelæddets abduktorer og adduktorerne arbejdende i modfase.

At det forholder sig sådan, kan man let overbevise sig om ved simpel muskelpalpation. Hvis man i stående stilling med den ene hånd palperer de dybe rygmuskler i lænden og med den anden palperer hasemusklene, bedst lige under musculus gluteus maximus, og derefter fælder kroppen forover, så vil man registrere, at de to muskelgrupper udvikler tonus omtrent samtidig og allerede efter ganske få graders bevægelse. Ved ekscentrisk kontraktion vil de derefter styre bevægelsen, som består af en kombination af fleksion i hoftelæddet og lænderyg. Ved maksimal foroverbøjning afslappes rygmusklerne, så hvirvelsøjlen hænger alene i sine kollagene ligamenter og sine elastinligamenter, mens bækkenet fortsat holdes af hasemusklene. Når kroppen rejses igen, udfører musklene atter en kontraktion, denne gang koncentrisk, og i det øjeblik balancepunktet nås, registreres en afslapning af musklene. M. gluteus maximus er i hovedsagen kun virksom, hvis bevægelsen udføres med bøje knæ.

● "Mannequinstilling"/"bughængere": Hvis lodlinien fra kroppens tyngdepunkt falder bag hoftelæddets og knæledets tværsakse kan den stående stilling kun opretholdes ved permanent arbejde af m. rectus abdominis, m. iliopsoas og m. quadriceps femoris. Forekommer ofte hos unge.

● "Ryghængere": Hvis lodlinien fra kroppens tyngdepunkt falder foran akserne kommer de dybe rygmuskler og hasemusklene på permanent arbejde. Forekommer ofte hos gamle.

**Hvirvelsøjlen i sagittalplan:** Styres af musculi multifidi, musculus psoas major, musculus erector spinae og musculus rectus abdominis. Betingelsen for at de kan styre oven overliggende segmenter

---

<sup>4</sup> M. quadriceps.

er, at bækkenets position fastholdes af de nedefra kommende muskler, idet bækkenet står som en vippe på den transversale akse gennem de to hoftelid.

●Ventral fleksion af ryggen<sup>5</sup>: Bækkenet stabiliseres af hoftelidsektensorerne, specielt hasemusklerne, for at de dybe rygmuskler, der udspringer fra os sacrum, kan kontrollere og bremse bevægelsen og bringe kroppen tilbage til udgangsposition.

Ved maksimal foroverbøjning afslappes rygmusklerne, så hvirvelsøjlen hænger alene i sine kollagene ligamenter og sine elastinligamenter, mens bækkenet fortsat holdes af hasemusklerne.

Musculus gluteus maximus er kun virksom, hvis bevægelsen udføres med bøjede knæ.

●Ekstension i hvirvelsøjlen: Bækkenet stabiliseres af hoftelidsfleksorerne, inklusiv musculus tensor fasciae latae.

Belastningen af columna optages overvejende af kompressionselementet med støtte fra de to facetled. Falder projektionen af tyngdepunktet – for den over den pågældende hvirvel beliggende del af legemet – inden for understøttelsen, er stillingen stabil. Det vil i alle stillinger være tilfældet for columna lumbalis. Falder den uden for, må stillingen konsolideres af muskler eller ligamenter. I torakalkyfosens falder projektionen altid foran understøttelsen, men her stabiliseres den mod krumslutning af ribbene og sternum på forsiden og af traktionselementet på bagsiden.

**Hals og hoved:** I halscolumna udgør rækken af ledtapper to postero-laterale søjler, der aflaster kompressionselementet. Området styres ligeledes af korte og lange muskler, og tonusændringer kan føles i de mere overfladiske af disse, eksempelvis musculus semispinalis capitis og musculus sternocleidomastoideus. Under arbejde vil hovedet ofte holdes lidt foroverbøjet med tonus i musculus semispinalis.

**Frontalplanet:** Kroppen understøttes af de to hoftelid, og lateralstabiliteten er derfor større. Stillingen sikres yderligere af hoftelidsabduktorerne og tractus iliotibialis-systemet. Både knæled og ankelled har som hængselled stor sidestabilitet.

**Den hensigtsmæssige stilling:** Let spredte ben, ankelledet er let dorsiflekteret, knæledet er strakt og låst og krop og hoved balancerer i en instabil ligevægt.

Denne stilling:                   ●Tilgodeser muskel-vene-pumpen (m. soleus).  
   ●Giver de mindste spændinger.

<sup>5</sup> Se figur 31-2 og 31-3, side 331 i BM.

- Giver det mindste muskelenergiforbrug.
- Giver fri vejrtrækning.

Hvis den stående stilling skal opretholdes gennem længere tid, er forskellige variationer imidlertid gavnlige for den lokale cirkulation og ernæring af f.eks. ledbånd, ledbrusk og sener.

**Klinik:**

●Holdningskorrektion: Ved mekanisk holdningsanalyse og -korrektion vil man starte nedefra og iagttage alle segmenter og led fra foden og oppefter. Holdningskorrektion kan også tage et neurologisk udgangspunkt, idet man betragter hovedets stilling på columna med input'et fra nakkens mange mekanoreceptorer som det primære. Her starter korrektionen med hovedet.