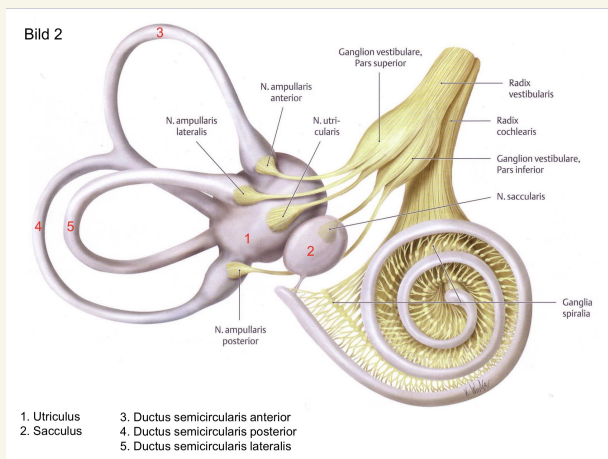


Bild 1

Hinnlabyrinten = Vätskefyllt (endolymfa) hålrum omringat av bindväv. Belägen i Pars Petrosa Ossis Temporalis i en hållighet kallad benlabyrinten. Mellan ben-och hinnlabyrinten finns perilymfa.



Vestibularis apparaten består av 2 hinnsäckar (Utriculus & Sacculus) och tre nästan vinkelräta bäggångar (ductus semicircularis ANT/POST/LAT). Varje bäggång vidgas där de mynnar i utriculus (ampulla). Varje bäggångs-ampulla samt et litet område av varje hinnsäck innerveras.

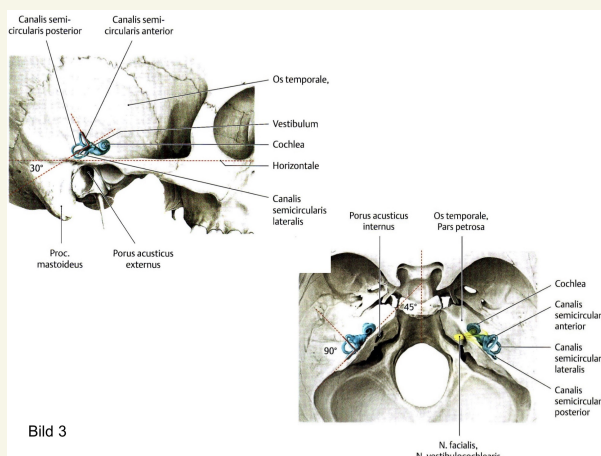


Bild 3

Här ser man vestibularisorganen i relation med skullbenet och med varandra. De laterala bäggångarna ligger närmast horisontalplanet och de främre och bakre motstående bäggångarna ligger i samma plan.

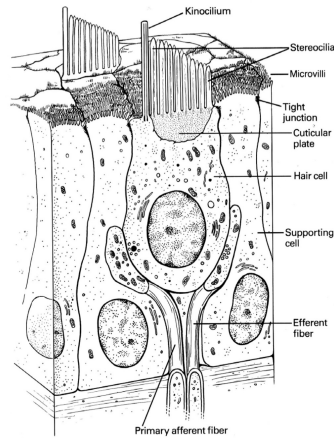
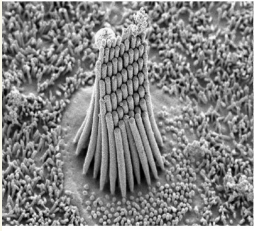


Bild 4

Insidan av hinnlabyrinten bekläds av epitelceller, förutom på de platser som innerveras av n. Vestibularis, där finns hårceller. Dessa består av ca 50 stereocilier och ett kinocilium som är längre än stereocilierna.

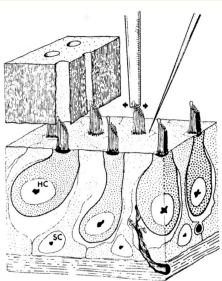
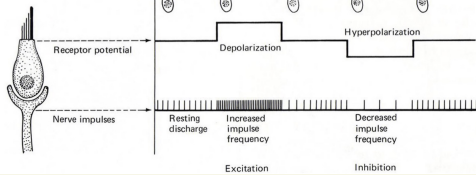
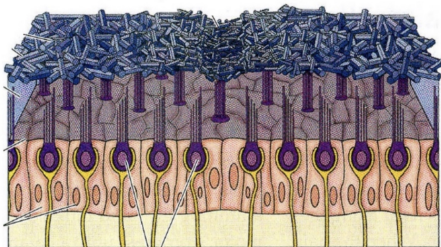


Bild 5



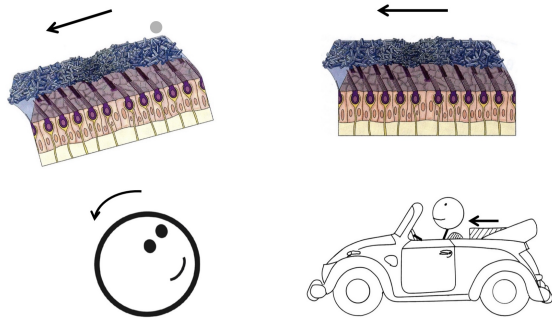
När stereocilierna på hårcellen böjs mot kinociliet så depolariseras membranpotentialen och när de böjs från kinociliet så hyperpolariseras membranpotentialen istället. Detta sker genom att de olika böjningarna öppnar jonkanaler. Dock avfyra hårcellerna själva ingen aktionspotential utan polariseringarna utav membranpotentialen reglerar frisläppet av glutamat som stimulerar det innerverande axonets Glutamat-R. Vid vilomembranpotential sker spontan frisläppning av glutamat (ca. 10-100 impulser/sek), men när membranpotentialen ändras så ändras frekvensen. Små böjningarna av cilierna inducerar stora skillnader i membranpotential (Ett par mikrometer -> -10 mV).

Bild 6



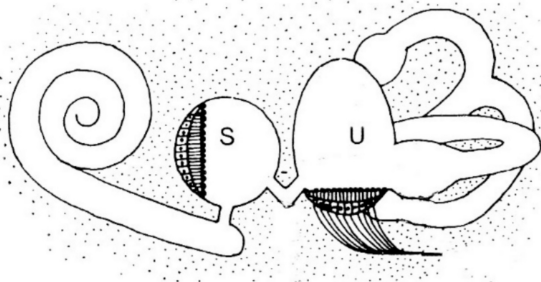
De hårcellsförsedda epitelytorna i hinnsäckarna kallas Maculae. Här ser man macula med ett så kallat otholitmembran ovanför (består av glykoproteiner och bindvävs nätverk) vart igenom hårcellernas cilier går igenom. På membranet finns et lager kalciumkarbonatkristaller och det är deras rörelse som genererar böjningarna i cilierna,

Bild 7



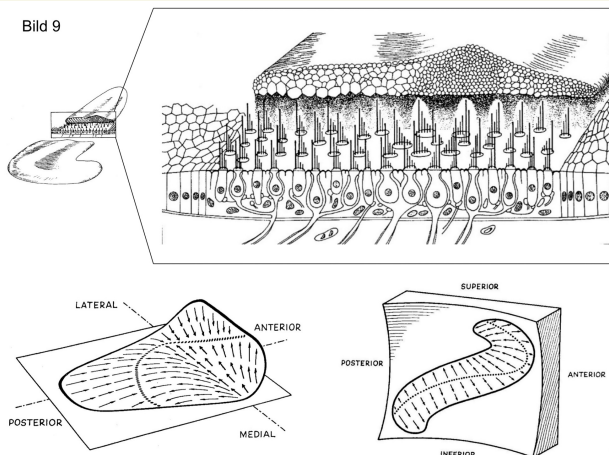
Otolitmembranet kan påverkas av olika krafter vilket ger oss olika slags signaler. Om man böjer huvudet bakåt kommer otolitmembranet i utriculus att förskjutas bakåt vilket ger hjärnan information om huvudets orientering i "rummet". Vidare kan otolitmembranet också påverkas av accelerationer/imbromsningar, där man kan tänka sig hur ett bagage rör sig i bilen när man accelerar/bromsar.

Bild 8



Maculan i sacculus respektive utriculus ligger i olika plan, i S ligger den på medialväggen och i U på golvet. Detta gör att de kan signalera huvudets orientering samt acceleration/imbromsning i 3D.

Bild 9

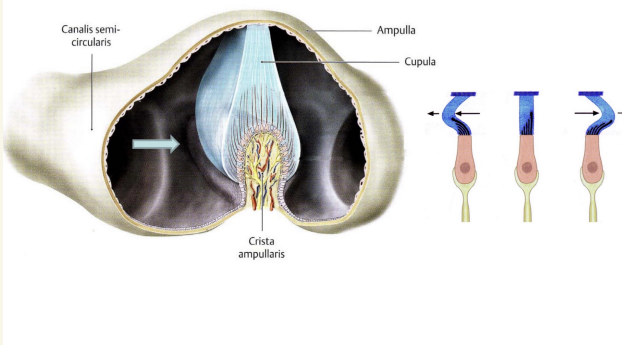


Hårcellerna i macula är placerad på så sätt att många riktningar övervakas. I bilden kan man se att vissa är polariserade åt vänster (kinociliet till vänster om stereocilierna) eller polariserade åt höger (samma fast omvänt). Detta gör att om otolitmembranet förskjuts åt exempelvis höger kommer vissa hårceller hyperpolariseras och vissa depolariseras, vilket gör att CNS kan jämföra aktiviteten mellan hårcellerna samt vart de är belägna för att tolka en signal.

2 faktorer gör alltså att vi kan avgöra huvudets orientering samt acc/imbromsning, och det är hårcellernas polariseringsriktning samt S och U plan.

Att otolitmembranet har kalciumkristaller är för att höja densiteten vilket gör att den kan förflytta sig i relation till den omgivande endolymfan.

Bild 10



Hårcellerna i bågångsampullerna finns på en ås som kallas för crista ampullaris. Här omges cellerna av en gelatinös substans som kallas cupula. Cupulan är uppspänd som ett segel inuti ampullens lumen och stoppar endolympfa från att rotera hela vägen runt bågången. Men cupulan har ungefär samma densitet som endolympfan vilket gör att den inte påverkas av gravitationskrafter på samma sätt som otolitmembranet. Utan det som påverkar hårcellerna här är rotation av huvudet, eftersom när huvudet roterar så förskjuts endolympfan i bågångarna åt ett håll vilket trycker på cupulan och därmed hårcellerna vilket ger upphov till en del eller hyperpolarisering.

Bild 11 Konstant hastighet

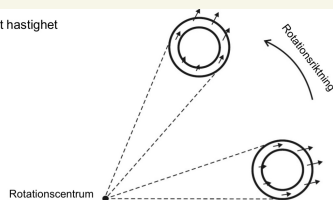


Bild 12 Inbromsning

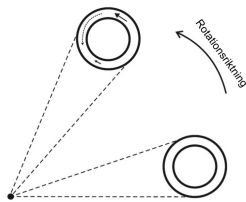
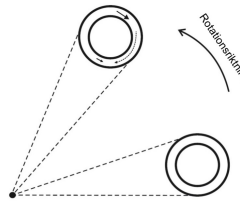


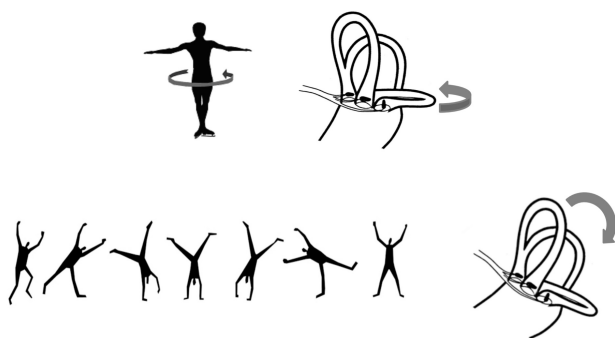
Bild 13 Vinkelacceleration



Denna bild illustrerar hur endolympfan rör sig i olika scenarion (konstant hastighet, inbromsning och acceleration).

Reaktionskraften är större vid större avstånd från rotationscentrum.

Bild 14

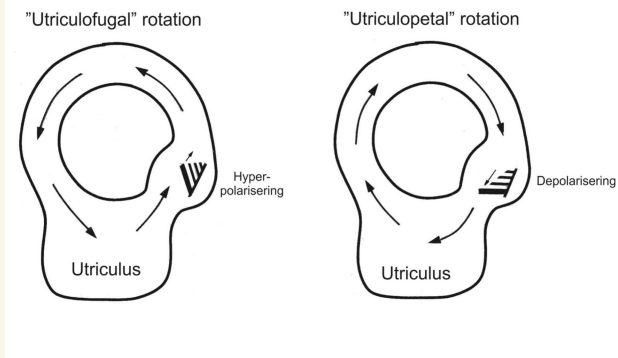


Vid i stort sett alla huvudrotationer så uppkommer endolympfarotation i alla bågångar men det är de bågångar som ligger närmast rotationsplanet som påverkar mest.

CNS kan jämföra alla tänkbara rotationsplan genom att jämföra hårcellsaktiviteten i de olika bågångarna.

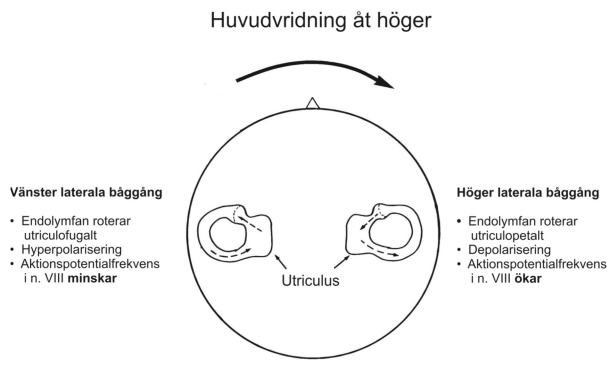
Bågångarna kan inte själva skilja på en rotation av hela kroppen vs en vridning av endast huvudet, men CNS kan skilja dessa åt då en isolerad huvudvridning också aktiverar receptorer i nackmuskelnerna.

Bild 15



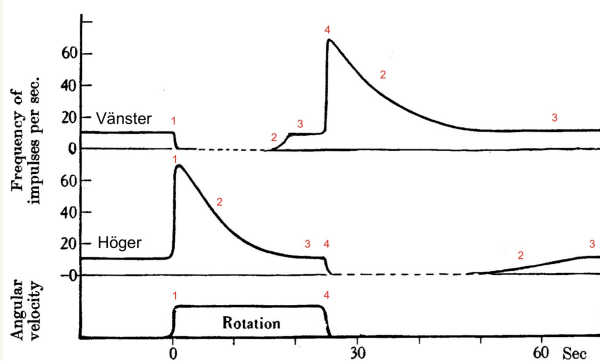
För de laterala båggångarna ligger kinociliet närmast ampullan öppning i utriculus. När endolymfan roterar ut från utriculus direkt genom ampullan till båggången kallas detta för en utricofugal endolymfarotation, och eftersom kinociliet sitter närmast ampullans öppning i utriculus så kommer det ske en hyperpolarisering. Det motsatta kallas för utricopetal endolymfarotation och leder till en depolarisering.

Bild 16



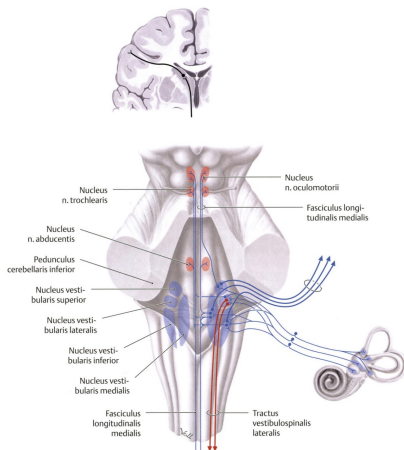
Här visas samarbetet mellan de laterala båggångarna vid en huvudrotation åt höger vilket innebär att det kommer uppstå en utricopetal endolymfarotation i höger lateral båggång och en utricofugal endolymfarotation i vänster lateral båggång. Alltså kommer de båda ge upphov till olika nervsvar. 2 båggångar som ligger i samma plan samarbetar funktionellt och en huvudrotation som ökar fyrningsfrekvensen i afferenterna från den ena båggången kommer att minska dem från den andra.

Bild 17



Denna bild sammanfattar det hela, där den översta kurvan visar frekvensen i ett axon på vänster sidas n. VIII och kurvan i mitten visar frekvensen i ett axon på höger sidas n. VIII.

Bild 18



Vestibularnerven termineras i vestibulariskärnorna i hjärnstammen. En del kärnor får signaler från hinnsäckarna medans andra från signaler från båggångarna. Neuronen i dessa kärnor projicerar sedan vidare till olika delar av CNS:

1. Till kranialnervskärnor som kontrollerar ögonmuskler (III, IV, VI). Axonen löper i ett mediant bansystem i hjärnstammen, kallat fasciculus longitudinalis medialis.
2. Till ryggmärgen. De bildar den vestibuloespinala banan som löper i ryggmärgens främre del (ventralfunikeln). Dessa nedåtgående axon löper dels via fasciculus longitudinalis medialis men också i en mer lateral bana kallad tractus vestibulospinalis lateralis.
3. Till thalamus och därifrån till hjärnbarken.

Bild 19



LIVING WITHOUT A BALANCING MECHANISM*

J. C.

BOSTON

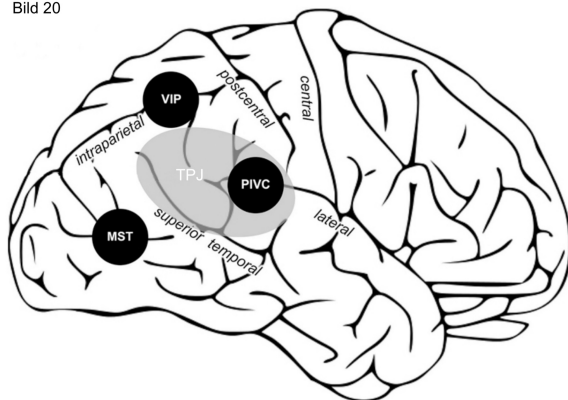
THE NEW ENGLAND JOURNAL OF MEDICINE

Mar. 20, 1952

Svårigheter som kan uppstå om Vestibularis systemet upphör att fungera:

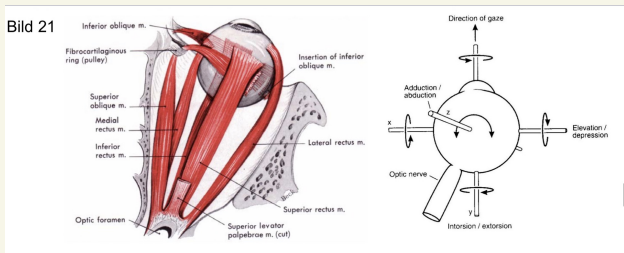
- Perceptionsstörningar, alltså svårigheter att uppfatta kroppens position i rummet.
- Ingen stabil blickriktning, alltså att bilden av omgivningen inte står still på näthinnan när man rör på sig.
- Störd balanskontroll.

Bild 20



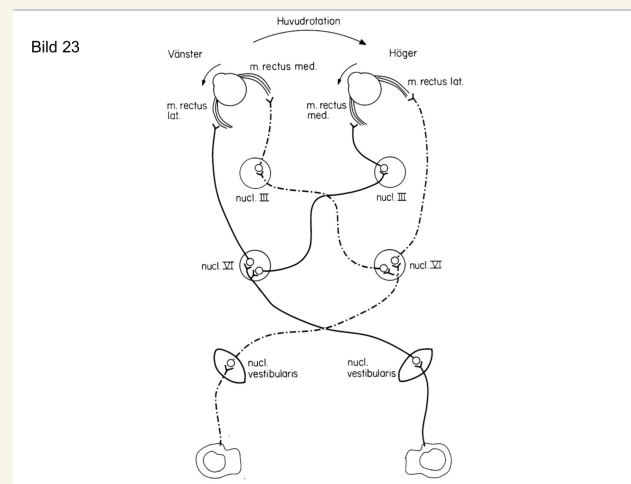
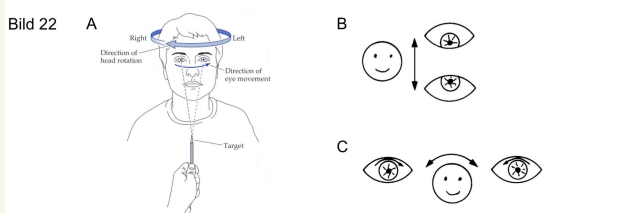
Det finns flera kortexområden som mottar vestibulär information. Exempel på detta är PIVC (parietoinsular vestibular cortex, som anses vara en del av TPJ "temporoparietal junction") som får information från proprioreceptorer i nackmusklerna och från synsystemet och genom en sammansättning av dessa signaler kan man registrerar att man själv rör huvudet.

Andra områden som MST (medial superior temporal region) eller VIP (ventrala intraparietal region) tycks framförallt sätta samman signaler från synsystemet och vestibularis systemet för att göra oss medvetna om hur vi står placerade i omgivningen och hur vi rör oss i omgivningen.



Här syns ögonmusklerna som styr pupillens rörelser. Mediala och laterala rectusmuskler ger en adduktion respektive abduction. M rectus superior/inferior lyfter respektive sänker pupillen. M obliquus superior höjer också men ger även inåtrotation. M obliquus inferior höjer och utåtrotterar pupillen.

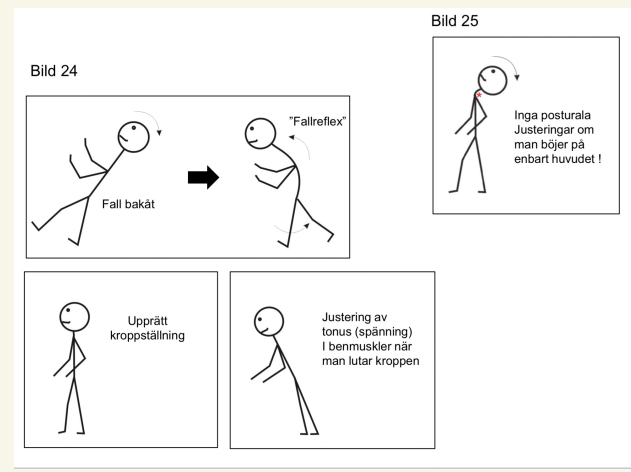
Vestibularisapparaten ser till att hålla kvar en bild på näthinnan trots att huvudet rör på sig genom den vestibulo-okulära reflexen (VOR). Denna reflex utgörs av en kompensatorisk motsatt ögonrörelse.



Schematisk bild över en VOR. De enklaste reflexbanorna som utgår från bäggångarna och slutar i ögonmusklerna innerhåller 2 respektive 3 centrala neuron, 1 i vestibulariskärnorna och 2 i ögonmusklerna kranialnervskärnor.

Högersidans reflexbanor aktiverar motorneuronen i vänstersidans abducenskärna som innerverar laterala rectusmuskel vilket ger en abduction alltså en vänstervridning av vänster öga. Vidare så aktiveras även interneuron i abducenskärnan som rör sig via fasciculus longitudinalis medialis över till högersidans okulomotoriskärna och aktiverar motorneuron som innerverar M rectus medialis som då ger en adduktion av höger öga.

Det samma gäller vänstersidans reflexbanor.



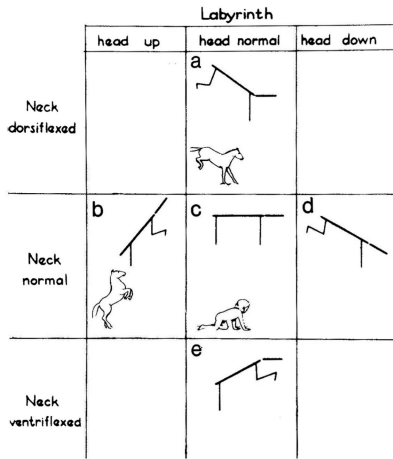
De vestibulo- och retikulospinala banorna förmedlar vestibulärt inflöde till motorneuron (via interneuron) på alla nivåer i ryggmärgen som kontrollerar nackens, bälens och extremiteternas muskulatur. Dessa bansystem är involverade i balansstyrningen.

Bäggångarna kommer att hjälpa om man t.ex. håller på att falla bakåt genom utlösa reflexer via dessa banor för att försöka stoppa fallet, exempelvis ett steg bakåt (reflex stepping) samtidigt som man böjer kroppen framåt.

S och U hjälper genom att hjälpa till i processen att excitera de motorneuron som innerverar de muskler som hjälper oss att upprätta kroppsställningen kontinuerligt (toniskt). Denna aktivering kallas för postural tonus. Hjälper även till att öka tonus i vaderna om man till exempel böjer sig lite framåt. Sådana tonjusteringar kan ske reflexmässigt från hinnsäckarna som känner av huvudets orientering.

Dock är det inte endast vestibularisapparaten som styr balansen, eftersom det skulle innebära att varje gång huvudet utsattes för någon orienteringsförändring skulle posturalareflexer utlösas. Så för att motverka detta finns inhiberande signaler från andra receptorsystem, exempelvis från muskelspolarna i nackmusklerna, eller synsystemet.

Bild 26



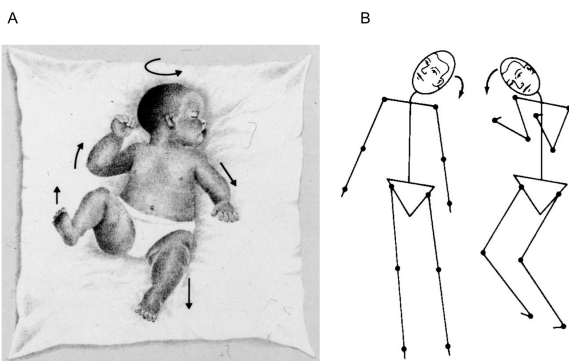
Man har på försöksdjur visat att signaler från hinnsäckarna och muskelspolarna i nackmuskulerna som ger upphov till posturala reflexer "tar ut varandra" när enbart böjer på huvudet.

Reflexerna kallas för:

- Toniska vestibularisreflexer - justerar postural tonus i extremiteterna efter huvudets position i rummet.
- Toniska nackreflexer - justerar tonus efter huvudets position i förhållande till bålen.

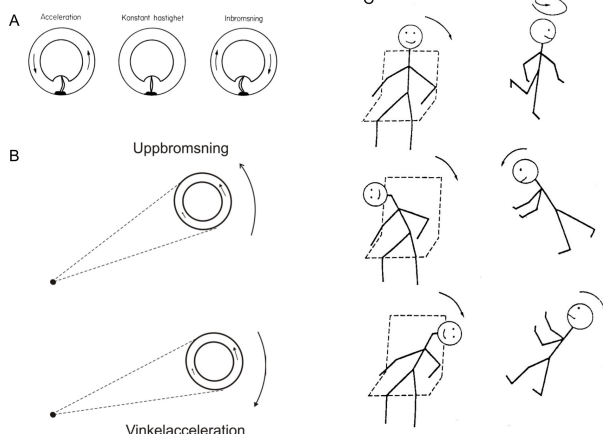
Figuren till vänster illustrerar samverkan mellan dessa reflexer i olika kroppsställningar.

Bild 27



Reflexer i hinnsäckar och muskelreceptorer används för diagnostik genom att testa om vridningar av huvudet utlöser patologiska tonusjusteringar hos en liggande patient.

Bild 28

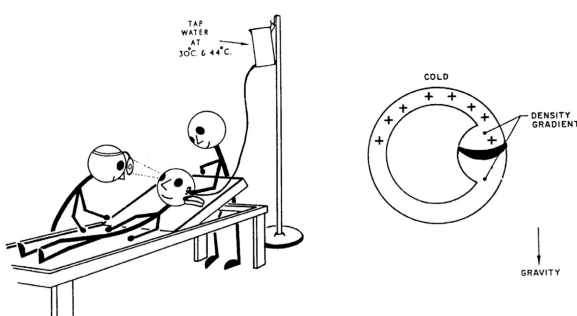


Experimentell aktivering av receptorer i bäggångarna.

En person som roterar på en stol med konstant hastighet och sedan bromsas in kommer att känna förloppet som att den upplever en rotation åt motsatt håll i och med att endolymfan roterar på samma sätt som om man skulle utsättas för en rotation åt det hållet. Personen kommer tro att den håller på att falla omkull trots att den sitter fastbunden och detta utlöser posturala tonusjusteringar och även VOR.

Om man istället vrider huvudet åt sidan när stolen snurrar kommer de vertikala bäggångarna att aktiveras och på samma sätt kommer personen tro att den faller framåt när stolen väl slutar rotera. Detta kommer inducera en postural reflex som gör att personen lutar sig bakåt. Utöver det kommer en VOR att utlösas åt motsatt håll rotationen, men denna VOR motverkas sedan av en ny motsatt VOR som i sin tur motverkas... Det uppstår alltså en oscillerande rörelse av ögat i vertikalplanet (vestibulär nystagmus).

Bild 29



Kalorisk stimulering innebär att man spolrar hörselgångarna med varmt eller kallt vatten. Temperaturförändringen sprids i den omgivande vävnaden in till den laterala bäggången, som ligger närmast hörselgången. Vid öronspolningen upplever patienten en rotationskänsla och en horisontell nystagmus.

Utöver det så ger kallt vatten en temperaturskillnad och så även en densitetsskillnad mellan olika delar av endolymfan. Den tätare endolymfan kommer då sträva efter att sjunka nedåt och böjer då cupulan. Så för att genomföra kalorisk stimulering måste patienten ligga neråt så att den laterala bäggången befinner sig i vertikalplanet.