

# NEUROANATOMI FUNGSIONAL KESEIMBANGAN DAN PATOFISIOLOGI GANGGUAN KESEIMBANGAN

*by Dian Ayu Hamama Pitra*

---

**Submission date:** 06-Apr-2022 09:58AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 1803012827

**File name:** AN\_KESEIMBANGAN\_dalam\_NEUROLOGY\_From\_Basic\_to\_Advanced\_Split.pdf (1.63M)

**Word count:** 3844

**Character count:** 25131

# NEUROLOGY

## From Basic to Advanced



*Editor :*

**dr. Dedi Sutia, Sp.N**  
**dr. Elsi Rahmadhani Hardi**  
**dr. Hendra Permana, Sp.S**



PARA CITA MADINA

NEUROLOGY  
From Basic to Advanced

Editor : dr. Dedi Sutia, Sp.N  
dr. Elsi Rahmadhani Hardi  
dr. Hendra Permana, Sp.S  
Layout & Desain Cover : Mahmudin

Cet. Pertama, Juli 2020  
vi, 140 hal.; 14,5 x 20,5 cm  
ISBN 978-602-52697-6-9

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
Dilarang memperbanyak dan menerjemahkan sebagian  
atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit

Diterbitkan:  
PARA CITA MADINA  
Pamulang Elok Jl. Melati Blok A No. 9  
Pondok Petir, Bojongsari - Depok  
Email: paracitapress1@gmail.com  
Fb: Paracita Press

# KATA PENGANTAR

## KETUA PERDOSSI CABANG PADANG

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah Yang Maha Kuasa, karena atas rahmat dan karunia-Nya kami bersama-sama dapat membuat buku **Neurology from Basic to Advanced**.

Buku ini dibuat sebagai bahan panduan untuk spesialis Neurologi pada umumnya, terutama spesialis Neurologi di Sumatera Barat. Dan buku ini dibuat sebagai penggerak agar dapat terbit buku-buku lainnya di Perhimpunan Dokter Spesialis Saraf (PERDOSSI) cabang Sumatera Barat.

Insyallah buku Ini juga dapat dimanfaatkan mahasiswa kedokteran, dokter umum, residen neurologi, dan dokter spesialis neurologi, agar tetap *update* terhadap perkembangan ilmiah terbaru. Hal ini berguna untuk menjaga wawasan ilmiah sekaligus meningkat kompetensi yang dimiliki selama ini. Semua itu demi meningkatkan pelayanan kita kepada masyarakat.

Buku ini menyajikan wawasan ilmiah baru, baik dalam konsep epidemiologi, patofisiologi, diagnosis, terapi, dan prevensi berbagai penyakit neurologis. Pemilihan judul serta penyajian materi dalam buku ini mempertimbangkan aspek yang sedang ramai dibicarakan dan dialami oleh klinisi di tanah air, serta selalu berorientasi pada bukti ilmiah terkini (*Evidence-based medicine/EBM*).

Buku ini memang terutama mengacu pada topik-topik POKDI Neuroimaging dan dan POKDI Stroke. Kedua topik ini memiliki angka kejadian serta jumlah populasi berisiko yang cukup tinggi di Sumatera Barat. Kasus yang muncul dan merebak dapat berupa kasus yang baru pertama kali terjadi maupun kasus yang sebelumnya sudah pernah muncul dan tertangani dengan baik. Hal ini membuatnya menjadi isu nasional yang strategis dalam bidang kesehatan. Tetapi ada beberapa topik merupakan topik dari POKDI lainnya juga, walau tidak dalam porsi yang besar.

Dengan adanya buku ini, mudah-mudahan membuat peran tenaga medis semakin bertambah baik, untuk dapat meningkatkan angka harapan hidup dan/atau kualitas hidup pasien, terutama pasien yang berada di Sumatera Barat. Tenaga medis disini yaitu dokter spesialis neurologi, residen neurologi, dokter umum, mahasiswa kedokteran, ataupun paramedis.

Perhimpunan Dokter Spesialis Saraf Sumatera Barat menyambut hangat dan menyampaikan selamat atas terbitnya buku perdana ini di awal tahun 2020. Semoga POKDI-POKDI lainnya dapat juga membuat buku seperti ini juga. Dan sekaligus anggota Perdossi termotivasi untuk menulis, sehingga buku-buku yang lain dapat terbit terus berjalan berkesinambungan.

Terima kasih dan ucapan selamat saya sampaikan kepada editor yang terlibat dalam buku ini. Atas kerja keras serta kerjasamanya yang baik dalam menyelenggarakan kegiatan ini. Akhir kata, selamat menikmati buku ini, semoga buku ini bermanfaat untuk kemajuan masyarakat dan bangsa.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

**dr. Ferdhi Adha, Sp.S, MARS.**  
Ketua Perdossi Cabang Padang

# DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> _____	iii
<b>DAFTAR ISI</b> _____	v
<b>GAMBARAN <i>COMPUTED TOMOGRAPHY (CT) AND MAGNETIC RESONANCE IMAGING (MRI)</i> PADA STROKE HEMORAGIK</b> Dedi Sutia, Syarif Indra, Elsi Rahmadhani Hardi _____	1
<b>ANATOMI <i>CEREBELLOPONTIN ANGLE (CPA)</i></b> Yuri Haiga _____	11
<b><i>ADVANCE NEUROMAGING</i> PADA STROKE ISKEMIK AKUT</b> Dedi Sutia, Syarif Indra, Afriyeni Sri Rahmi _____	23
<b>NEUROANATOMI FUNGSIONAL KESEIMBANGAN DAN PATOFISIOLOGI GANGGUAN KESEIMBANGAN</b> Dian Ayu Hamama Pitra _____	52
<b><i>TRANSCRANIAL DOPPLER (TCD)</i> PADA STENOSIS ARTERI INTRAKRANIAL</b> Dedi Sutia, Syarif Indra, Yoga Setia K _____	73
<b>TREMOR PSIKOGENIK</b> Yuri Haiga _____	89
<b>PERAN <i>DIGITAL SUBTRACTION ANGIOGRAPHY (DSA)</i> DALAM EVALUASI SISTEM KOLATERAL PADA STROKE ISKEMIK</b> Dedi Sutia, Syarif Indra, Attiya Istarini _____	105

# NEUROANATOMI FUNGSIONAL KESEIMBANGAN DAN PATOFISIOLOGI GANGGUAN KESEIMBANGAN

Dian Ayu Hamama Pitra

## Anatomi keseimbangan

---

Keseimbangan merupakan integrasi yang kompleks dari sistem vestibular perifer dan sentral (sistem statokinetik), sistem proprioseptif, sistem visual (sistem optokinetik), dan serebelar. Sistem vestibular terdiri dari sistem vestibular perifer dari labirin (aparatus vestibularis, nervus vestibularis) dan vestibular sentral yaitu inti-inti vestibular di medula oblongata, serebelum, beserta *connecting central pathway*-nya.

Sistem vestibular mempunyai fungsi sensorik yang penting, berperan dalam persepsi gerakan seseorang, posisi kepala, orientasi ruang secara relatif terhadap gravitasi. Demikian juga berperan penting bagi fungsi motorik, membantu dalam stabilisasi *gaze*, kepala, dan penyesuaian postur tubuh. Bagian perifer dari sistem vestibular termasuk struktur telinga dalam yang berfungsi sebagai miniatur akselerometer dan alat penuntun internal, secara terus

menerus menyampaikan informasi tentang gerakan dan posisi dari kepala dan tubuh ke pusat integrasi di batang otak, serebelum, dan korteks sensorimotor. Bagian sentral sistem vestibular terdiri dari nukleus vestibularis yang mempunyai koneksi yang luas dengan struktur batang otak dan serebelum. Nukleus vestibularis juga langsung mempersarafi neuron motorik yang mengontrol otot-otot ekstra okular, servikal, dan postural. Saat sistem vestibular bekerja secara normal, biasanya kita tidak akan menyadarinya. Saat fungsinya terganggu, hasilnya dapat sangat tidak menyenangkan.

### **Aparatus sistem vestibular perifer**

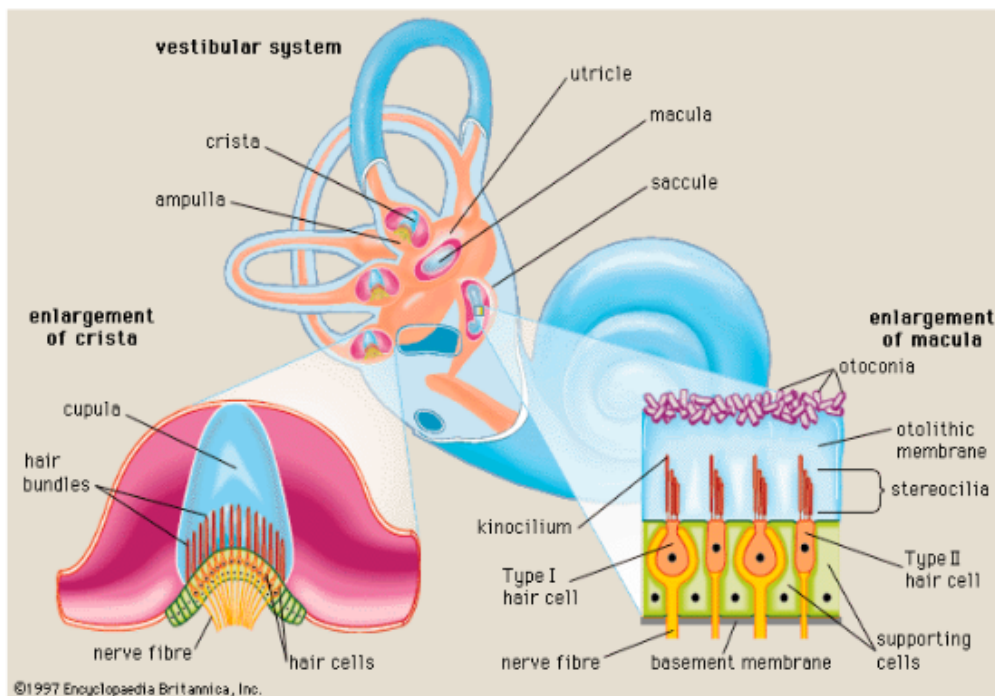
Sistem vestibular perifer terdiri dari organ vestibular (kanalis semisirkularis, utrikulus, sakulus, dan sakulus endolimfatikus), ganglia vestibularis Scarpey dan nervus vestibular. Sistem vestibular perifer terdapat di dalam telinga tengah dan dalam terdiri dari tulang dan membran labirin juga termasuk di dalamnya sensor gerakan dari sistem vestibular yaitu sel-sel rambut (*hair cells*). Dibatasi di lateral oleh rongga udara telinga tengah, di medial oleh tulang temporal dan di posterior dari koklea.

### **Labirin**

<sup>1</sup> Labirin terletak di dalam bagian petrosus os temporalis dan terdiri dari labirin statik dan kinetik. Labirin statik terdiri dari dua organ otolit yaitu utrikulus dan sakulus yang berfungsi untuk menerima rangsangan pergerakan linear kepala



anterior-posterior, superior-inferior, dan bidang horizontal serta mencetuskan rangsangan postural yang diteruskan oleh nervus vestibularis. Kedua organ otolit mengandung epitel sensorik yaitu makula yang mengandung sel-sel rambut dan penunjang. Makula berada vertikal pada sakulus dan horizontal pada utrikulus saat kepala dalam keadaan tegak. Dalam keadaan statis, makula utrikulus terangsang minimal bila otokonia berada di atas dan terangsang maksimal bila otokonia berada di bawah. Makula mulai merasakan perubahan bila kepala miring 1,5 derajat.



**Gambar 1.** Aparatus vestibular perifer

Labirin kinetik terdiri dari tiga kanalis semisirkularis, yaitu kanalis semisirkularis anterior, lateral, dan posterior yang terletak di bidang yang berbeda. Kanalis semisirkularis lateral

terletak di bidang horizontal dan dua kanalis semisirkularis lainnya tegak lurus dengannya satu sama lain. Kanalis semisirkularis posterior sejajar dengan aksis os petrosus sedangkan kanalis semisirkularis anterior tegak lurus dengannya. Karena aksis os petrosus terletak pada sudut  $45^\circ$  terhadap garis tengah, kanalis semisirkularis anterior satu telinga paralel dengan kanalis semisirkularis posterior telinga sisi lainnya, dan kebalikannya. Kedua kanalis semisirkularis lateralis terletak di bidang yang sama (bidang horizontal).

<sup>1</sup> Kanalis semisirkularis adalah saluran labirin tulang yang berisi perilimfe dengan komposisi serupa dengan cairan serebrospinal. Cairan perilimfatik ini berhubungan dengan cairan serebrospinal lewat akuaduktus koklea. Sedangkan duktus semisirkularis adalah saluran labirin tulang yang berisi endolimfe. Daerah pelebaran kanalis semisirkularis yang berhubungan dengan utrikulus disebut ampula dimana di dalamnya terdapat krista ampularis yang mengandung sel rambut reseptor yang tertutup oleh selaput gelatin yang disebut kupula. Krista ampularis bergerak pada aliran endolimf yang peka terhadap gerak percepatan sirkuler/anguler (rotasi kepala). Perubahan-perubahan yang terjadi di sini mempengaruhi reseptor. Ini berperan dalam integrasi posisi bola mata, visual, dan proprioseptif. Dalam keadaan normal tidak ada hubungan langsung antara ruang endolimfatik dan perilimfatik.

### ***Sel-sel rambut***

---

Sel-sel rambut khusus yang terdapat di tiap ampula dan organ otolit adalah sensor biologis yang mengubah perbedaan akibat pergerakan kepala menjadi impuls neural. Sel rambut adalah suatu sel epitelial berbentuk seperti botol serupa berkas rambut yang menonjol dari ujung apikalnya. Tiap berkas rambut mengandung sekitar 30 sampai beberapa ratus stereosilia heksagonal yang teratur, dengan satu kinosilium yang lebih tinggi. Kinosilium adalah silium asli dan stereosilia adalah mikrovili.

Sel-sel rambut ampula berada pada tonjolan krista ampularis yang terdiri dari pembuluh darah, serat saraf, dan jaringan penunjang. Banyak stereosilia dan kinosilia tunggal dari sel rambut pada tiap krista menempel pada suatu matriks gelatin (kupula) sehingga merupakan suatu membran diafragma fleksibel yang terletak di atas tiap krista dan berbatasan satu sama lain dengan atap dari ampula. Sel-sel rambut utrikulus dan sakulus terdapat di dinding tengah sakulus dan di lantai dari utrikulus. Tiap sel rambut dienervasi oleh saraf aferen dari ganglion vestibular (Scarpa) di dekat ampula. Saat sel rambut membengkok mendekat atau menjauh, jumlah impuls pada nervus vestibularis akan meningkat atau menurun. Sehubungan dengan sudut gerakan kepala, tekanan endolimf menyebabkan kupula membengkok ke depan dan belakang, menstimulasi sel-sel rambut.

Membran otolit adalah struktur serupa kupula namun lebih berat, mengandung Kristal kalsium karbonat yang disebut otokonia. Otokonia membuat membran otolitik lebih berat dari struktur sekitarnya sehingga menyebabkan makula

sensitif terhadap gravitasi dan akselerasi linear. Sebaliknya, kupula mempunyai kepadatan serupa dengan cairan endolimfatik sekitar dan tidak sensitif terhadap gravitasi.

Sistem vestibularis memberi respon terhadap percepatan rotasional dan linear (termasuk gravitasi) serta input visual dan proprioseptif dalam menjaga keseimbangan dan orientasi tubuh di ruangan. Gerakan inersia endolimfe dalam kanalis semisirkularis selama percepatan rotasional akan memindahkan kupula, mengaktifkan silia dan transmisi potensial aksi ke divisi vestibular nervus kranialis VIII. Percepatan linear menghasilkan pemindahan otolith dalam utrikulus atau sakulus. Hal ini akan mengubah silia dan meningkatkan atau menurunkan potensial aksi divisi vestibularis nervus VIII.

### ***Nervus vestibulokoklearis***

---

Transmisi impuls di sistem vestibuler melewati nervus vestibulokoklearis. Ganglion vestibulare terletak di kanalis auditorius internus; mengandung sel-sel bipolar yang prosesus perifernya menerima input dari sel reseptor di organ vestibular dan yang prosesus sentralnya membentuk nervus vestibularis. Nervus ini bergabung dengan nervus koklearis yang kemudian melintasi kanalis auditoris internus menembus ruang subarachnoid di *cerebellopontine angle*, dan masuk ke batang otak di *pontomedullary junction*. Serabut-serabutnya kemudian melanjutkan ke nukleus vestibularis yang terletak di dasar ventrikel keempat.

## **Aparatus sistem vestibular sentral**

Jalur vestibular sentral mengkoordinasi dan mengintegrasikan informasi tentang gerakan kepala dan tubuh serta menggunakannya untuk mengontrol keluaran dari neuron motorik yang menyesuaikan kepala, mata, dan posisi tubuh. Proyeksi sentral sistem vestibular berperan dalam tiga kelompok refleks utama:

- i. Membantu mempertahankan keseimbangan dan *gaze* selama pergerakan
- ii. Mempertahankan postur
- iii. Mempertahankan tonus otot

## **Komplek nukleus vestibularis**

Neuron orde I dari nervus vestibularis *merelay* informasi dari utrikulus, sakulus dan kanalis semisirkularis ke nukleus vestibularis, melalui badan sel bipolar yang terletak dalam ganglion vestibularis (ganglion Scarpa). Divisi koklearis dan vestibularis ini berjalan bersama dalam tulang petrosus menuju meatus auditorius internus, menembus ruang subarachnoid di sudut *serebellopontine*, masuk dan saling memisahkan diri di *pontomedullary junction* menuju nukleus vestibularis dekat dengan lantai ventrikel IV. Nukleus vestibularis terdiri dari: (gambar 3.2).

- nukleus vestibularis superior (Bechterew),
- nukleus vestibularis lateral (Deiter),
- nukleus vestibularis medial (Schwalbe),
- nukleus vestibularis inferior (Roller)

Serabut-serabut nervus vestibularis telah terbagi sebelum berakhir dalam kelompok sel nukleus vestibularis dimana akan menjadi neuron orde II.

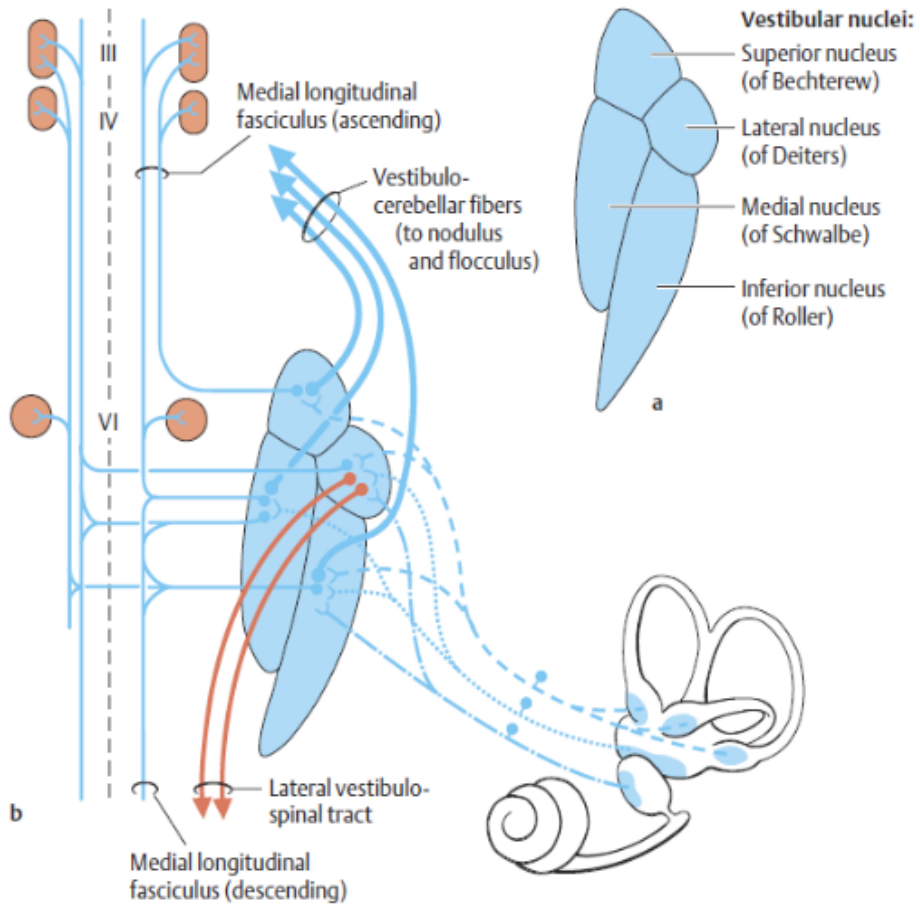


Fig. 4.46 The vestibular nuclear complex and its central connections. a Components of the vestibular nuclei. b Central connections of the individual components of the vestibular nuclei.

**Gambar 2.** Komplek nukleus vestibular dan koneksi sentralnya (Duus, 2005)

### ***Hubungan aferen dan eferen nukleus vestibularis***

1 Anatomi hubungan aferen dan eferen nuklei vestibularis saat ini belum diketahui secara pasti. Teori yang berlaku saat ini adalah sebagai berikut (Gambar 3.2)

- 1 • Sebagian serabut yang berasal dari nervus vestibularis menghantarkan impuls langsung ke lobus flokulonodularis serebeli (arkhiserebelum) melalui traktus juxtarestiformis yang terletak di dekat pedunkulus serebelaris inferior. Kemudian lobus flokulonodularis berproyeksi ke nukleus fastigialis dan melalui fasikulus uncinatus (Russel) kembali ke nukleus vestibularis; beberapa serabut kembali melalui nervus vestibularis; beberapa serabut kembali melalui nervus vestibularis ke sel-sel rambut labirin, tempat mereka mengeluarkan efek regulasi inhibitorik utama. Selain itu, arkhiserebelum mengandung serabut-serabut ordo kedua dari nukleus vestibularis superior, medialis, dan inferior dan mengirimkan serabut eferen langsung kembali ke kompleks nukleus vestibularis serta ke neuron motorik medula spinalis melalui jaras serebeloretikularis dan retikulospinalis.
- **Traktus vestibulospinalis lateralis** yang penting berasal dari **nukleus vestibularis lateralis (Deiters)** dan berjalan turun pada sisi ipsilateral di dalam fasikulus anterior ke motor neuron  $\gamma$  dan  $\alpha$  medula spinalis turun hingga ke level sakral. Impuls yang dibawa di traktus lateralis berfungsi untuk memfasilitasi refleksi ekstensor dan mempertahankan tingkat tonus otot seluruh tubuh yang diperlukan untuk keseimbangan.

- Serabut **nukleus vestibularis medialis** memasuki **fasikulus longitudinalis medialis bilateral** dan berjalan turun di dalamnya ke sel-sel kornu anterior medula spinalis servikalis atau sebagai traktus vestibulospinalis medialis ke medula spinalis torasika bagian atas. Serabut-serabut ini berjalan turun di bagian anterior medula spinalis servikalis di dekat fisura mediana anterior sebagai fasikulus sulkomarginalis, dan mendistribusikan dirinya ke sel-sel kornu anterior setinggi servikal dan torakal bagian atas. Serabut ini mempengaruhi tonus otot leher sebagai respon terhadap posisi kepala dan kemungkinan juga berpartisipasi dalam reflek yang menjaga ekuilibrium dengan gerakan lengan untuk keseimbangan.
- Semua nukleus vestibularis berproyeksi ke nuklei yang mempersarafi otot-otot ekstraokuler melalui fasikulus longitudinalis medialis. Pakar anatomi telah berhasil mengikuti beberapa serabut vestibularis ke kelompok nuklear Cajal (nukleus interstitial) dan Darkschewitsch dan kemudian masuk ke thalamus.



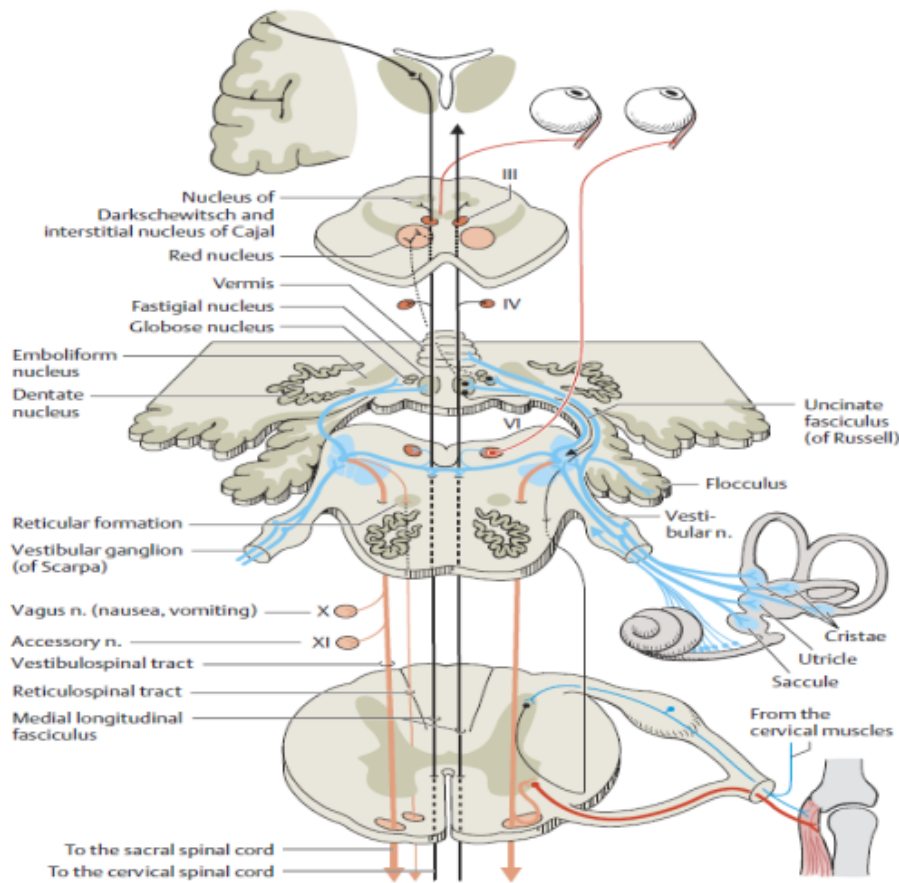


Fig. 4.47 Central connections of the vestibular nerve

**Gambar 3.** Koneksi sentral nervus vestibularis (Duus, 2005)

## Neurofisiologi keseimbangan

Beberapa serabut nervus vestibularis membawa impuls secara langsung tanpa sinaps melalui traktus jukstarestiformis menuju lobus flokulonodularis serebelum (arkhiserebelum). Keempat nukleus vestibularis, sebagian besar dari nukleus superior dan medial mengirim serabutnya melalui fasikulus longitudinalis medial. Jalur ini menghubungkan nukleus

vestibularis dengan nukleus nervus III, IV, VI, XI, dan nervi spinalis servikal atas, yang penting dalam mengatur gerakan mata, kepala dan leher dalam merespon stimulasi kanalis semisirkularis. Beberapa serabut berlanjut melewati nukleus interstitial Cajal dan Darkschewitsch di mesensefalon untuk berjalan asenden menuju thalamus (bagian ventral posterior) dan korteks serebri namun jalur yang pasti sehingga sinyal dari vestibular sampai ke korteks belum diketahui. Impuls dari nukleus superior dan medial secara tak langsung menuju serebelum melalui serabut vestibulospinalis yang penting dalam mengatur tonus otot dan postur.

Neurofisiologi alat keseimbangan tubuh terdiri atas tiga tahap:

i. Tahap transduksi

Rangsangan gerakan (mekanis, cahaya, proprioseptif) yang ditangkap oleh reseptor tubuh diubah menjadi impuls saraf (bioelektrokimia) yang selanjutnya diteruskan oleh sistem aferen.

Rangsangan gerakan diubah oleh reseptor (R) vestibular (*hair cell*), R visus (*rod and cone cells*) dan R proprioseptif menjadi impuls saraf. Mekanisme transduksi *hair cell* vestibulum berlangsung ketika rangsangan gerakan membangkitkan gelombang pada endolimf yang mengandung ion Kalium. Gelombang endolimf akan menekuk sel rambut (*stereocillia*) yang kemudian membuka/menutup kanal ion K. Bila tekukan *stereocillia* mengarah ke *cinocillia* (sel rambut terbesar) maka timbul influk ion K dari endolimf ke dalam *hair cells* yang selanjutnya akan membangkitkan potensial aksi. Akibatnya kanal ion Ca (Calsium) akan terbuka dan

ion Ca masuk ke dalam *hair cells*. Influx ion Ca bersama potensial aksi akan merangsang pelepasan neurotransmitter glutamat ke celah sinaps untuk menghantarkan impuls ke neuron berikutnya yaitu saraf aferen vestibular yang selanjutnya menuju ke pusat keseimbangan.

ii. Tahap transmisi

Impuls saraf yang dikirim dari reseptor disalurkan oleh saraf aferennya menuju pusat-pusat keseimbangan di otak. Saraf aferen tersebut adalah: n.vestibularis, n.optikus, n.spinovestibulosebellaris.

iii. Tahap modulasi

Beberapa kelompok inti di otak berperan mengolah informasi yang disalurkan oleh saraf aferen untuk dilakukan proses modulasi, komparasi, integrasi/koordinasi dan persepsi. Kelompok inti yang terkait antara lain: inti vestibularis, serebelum (vestibulo-serebelum), okulomotorius, hipotalamus (termasuk pusat muntah di batang otak), formasio retikularis (termasuk inti *locus coeruleus*), dan korteks serebri (termasuk limbik dan prefrontal).

iv. Tahap persepsi

Tahap ini belum diketahui lokasinya.

Informasi yang diterima sistem vestibular, visual, dan reseptor proprioseptif tersebut diteruskan ke pusat keseimbangan di otak untuk dibandingkan, baik yang datang dari sisi kiri terhadap kanan atau sebaliknya, yang kemudian akan dijawab sebagai respon. Bila semuanya berfungsi normal, informasi dari berbagai sumber tersebut akan sesuai dan

harmonis, pusat akan memberi perintah kepada organ pelaksana (efektor) dalam bentuk respon yang fisiologis.

Apabila salah satu sisi atau sistem dari ketiga tahap tersebut di atas tidak bekerja sempurna akan berakibat pada penyesuaian dengan munculnya respon yang tidak normal (patologik) berupa tanda kegawatan dalam bentuk vertigo (korteks serebri), mual, muntah, keringat dingin (otonom), nistagmus (otot penggerak bola mata), dan gangguan keseimbangan.

### **Vaskularisasi sistem vestibular**

Arteri labirinti mensuplai sistem vestibular perifer yang merupakan cabang dari arteri serebelaris anterior inferior (*anterior inferior cerebellar artery/AICA*) namun juga kadang merupakan percabangan langsung dari A.basilaris. Saat memasuki telinga tengah, arteri labirinti terbagi atas arteri vestibularis anterior dan arteri koklearis komunis. Arteri vestibularis anterior mensuplai nervus vestibularis, sebagian besar utrikelus, dan ampula kanalis semisirkularis lateral dan anterior. Arteri koklearis komunis dibagi atas cabang utama, arteri koklearis utama dan arteri vestibulokoklearis. Arteri koklearis utama mensuplai koklea, arteri vestibulokoklearis mensuplai sebagian koklea, ampula kanalis semisirkularis posterior dan bagian inferior sakulus.

Sistem arteri vertebral-basiler mensuplai darah ke sistem vestibular sentral dan perifer. Arteri serebelaris posterior inferior (*posterior inferior cerebellar artery/PICA*) adalah cabang arteri vertebralis. Kedua PICA adalah arteri yang terpenting bagi sistem vestibular sentral. Kedua arteri ini

menyuplai permukaan bagian inferior dari hemisfer serebelum demikian juga dorsolateral medulla yang merupakan aspek inferior dari kompleks nuklear vestibularis. Arteri basilaris adalah arteri utama dari pons, mensuplai struktur vestibular sentral melalui cabang perforator yang mempenetrasi bagian medial pons, cabang pendek sirkumferensial yang menyuplai aspek anterolateral pons dan cabang panjang sirkumferensial yang mensuplay pons dorsolateral.

AICA adalah cabang penting arteri basilaris karena merupakan sumber suplai satu-satunya bagi sistem vestibular perifer melalui A.labirinti. AICA juga mensuplai bagian ventrolateral serebelum dan lateral tegmentum dua pertiga bawah pons.

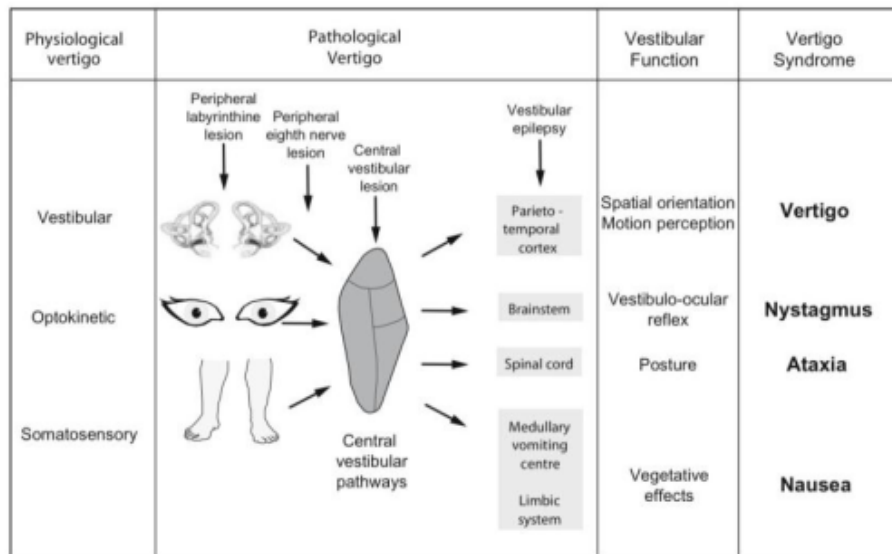
## **Patofisiologi**

---

Untuk mempertahankan keseimbangan baik statis maupun dinamis membutuhkan reflek yang efektif terutama *vestibulo-ocular reflex* (VOR) berfungsi dalam stabilitas lapang pandang, dan *vestibulospinal reflex* (VSR), VSR medial untuk mempertahankan stabilitas kepala selama pergerakan tubuh dan VSR lateral untuk mempertahankan pusat gravitasi tubuh dan posisi tubuh selama pergerakan tubuh. Adanya *mismatch* pada input sensoris atau dalam pemrosesan akan menyebabkan *imbalance* atau dizziness. Kelainan ini dapat disebabkan oleh beberapa alasan seperti inflamasi, kelainan metabolik, vaskular, neoplasma, obat-obatan, atau penyakit spesifik.

Manifestasi klinis *dizziness* terjadi akibat terganggunya fungsi sistem keseimbangan dari reseptor, transmisi oleh saraf

aferen, pusat integrasi, dan koordinasi di batang otak dan serebelum sampai ke persepsi di kortek serebri. Gangguan persepsi di korteks menimbulkan sensasi abnormal yaitu vertigo; gangguan reflek vestibular-okular menimbulkan nistagmus; rangsangan pada sistem otonom/pusat muntah menimbulkan mual/muntah dan berkeringat dingin; gangguan pada jalur vestibulospinal mengakibatkan ataksia. (Gambar 4)



**Gambar 4.** Vertigo fisiologis (stimulasi gerakan) dan vertigo patologis (diinduksi lesi atau stimulus) ditandai dengan gejala yang mirip dan terjadi akibat gangguan fungsi sistem vestibular multisensorik (Brandt&Strupp, 2004).

### ***Vestibulo-ocular reflex (VOR) dan vestibulo-spinal reflex (VSR)***

*Vestibulo-ocular reflex (VOR)* merupakan reflek yang tua secara filogenetik dan sederhana yang melibatkan tiga jalur saraf. Jalur saraf pertama berasal dari organ vestibular perifer ke nuklei vestibular (lateral, medial, superior, dan inferior). Jalur

saraf kedua dari nuklei vestibular ke nuklei okulomotor dan jalur ke tiga mencapai otot-otot ekstraokuler. (Gambar 5)

Semicircular Canal	Muscles that canal stimulates	Muscles that canal inhibits
<b>Horizontal</b>	Ipsilateral medial rectus	Ipsilateral lateral rectus
	Contralateral lateral rectus	Contralateral medial rectus
<b>Anterior</b>	Ipsilateral superior rectus	Ipsilateral inferior rectus
	Contralateral inferior oblique	Contralateral superior oblique
<b>Posterior</b>	Ipsilateral superior oblique	Ipsilateral inferior oblique
	Contralateral inferior rectus	Contralateral superior rectus

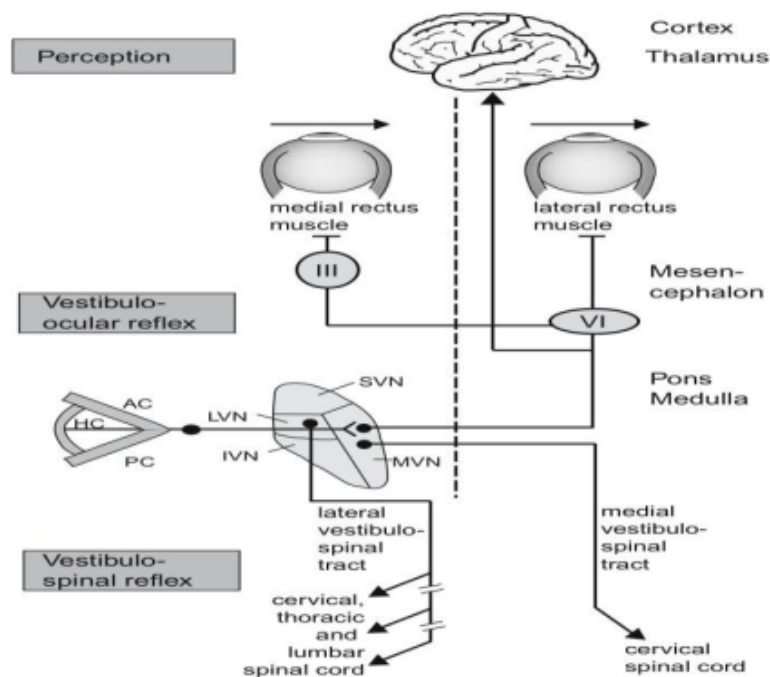
**Gambar 5.** Hubungan kanalis semisirkularis dan otot-otot ekstra okuler

Reflek yang pertama membantu koordinasi kepala dan gerakan mata untuk tetap terfiksasi pada objek selama gerakan yaitu *vestibule-ocular reflex* (VOR). Secara khusus, VOR merupakan mekanisme untuk menghasilkan gerakan mata melawan gerakan kepala, memungkinkan *gaze* tetap terfiksasi pada titik tertentu. Proyeksi desenden nukleus vestibularis penting untuk penyesuaian kepala dimediasi oleh *vestibule-cervical-reflex* (VCR) dan penyesuaian tubuh dimediasi oleh *vestibulospinal reflex* (VSR). Jalur VCR mengatur posisi kepala dengan aktivitas reflek otot-otot leher sebagai respon stimulasi dari kanalis semisirkularis terhadap akselerasi rotasional kepala. VSR mengaktifasi kelompok neuron motorik ipsilateral yang menginervasi otot-otot ekstensor rangka dan anggota gerak, memediasi keseimbangan dan mempertahankan postur yang tegak (Gambar 3.6)

Reflek ini matur pada umur 2 bulan, bekerja dengan mempertahankan gerakan mata sesuai dengan kecepatan pergerakan kepala dengan arah berlawanan. Fungsinya adalah untuk menstabilkan objek di fovea selama pergerakan kepala sehingga objek tetap dapat dilihat dengan jelas. Masa latennya hanya 8-12 ms sehingga VOR ini merupakan reflek tercepat pada manusia.

Fungsi VOR ini mempunyai tiga aksi pada tiga bidang yang berbeda:

- Pergerakan kepala secara horizontal melalui aksis vertikal-Z
- Ekstensi kepala atau fleksi kepala melalui aksis horizontal-Y (*pitch*)
- Pergerakan kepala ke lateral (*lateral head tilt*) melalui aksis-X (*roll*)



**Gambar 6.** Representasi skematis vestibulospinal reflex (VSR) dan vestibulo-ocular reflex (VOR)



## Kepustakaan

---

1. Brandt T, Dieterich M, Strupp M. 2005. Vertigo and Dizziness Common Complaints. Springer. London. Pp 89-98
2. Brandt T, Strupp M. 2005. General vestibular testing. *Clinical neurophysiology*. 116:406-426
3. Brevern MV, Zeise D, Neuhauser H, Clarke AH, Lempert T. 2005. Acute migrainous vertigo: clinical and oculographic findings. *Brain* 128:365-374
4. Chen L, Lee W, Chambers BR, Dewey HM. 2012. Diagnostic accuracy of acute vestibular syndrome at the bedside in a stroke unit. *J Neurol* 258:855-861
5. Choi KD, Lee H, Kim JS. 2013. Vertigo in brainstem and cerebellar strokes. *Curr Opin Neurol* 26:90-95
6. Hanley K, Dowd TO, Considine N. 2001. A systematic review of vertigo in primary care. *British Journal of General Practice*. 51:666-671
7. Hotson JR, Baloh RW. 1998. Acute vestibular syndrome. *NEJM* 339 (10):680-685
8. Kattah JC, Pula J, Newman-Toker DE. 2011. Ocular lateropulsion as a central oculomotor sign in acute vestibular syndrome is not posturally dependent. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1223:249-255
9. Kattah JC, Talkad AV, Wang DZ, Hsieh YH, Newman-Toker DE. 2009. HINTS to diagnose Stroke in the Acute Vestibular Syndrome, three-step bedside Oculomotor examination more sensitive than early MRI Diffusion-Weighted Imaging. *Stroke*. 40:3504-3510
10. Kerber KA, Morgenstern LB, Meurer WJ, McLaughlin T, Hall PA, Forman J, et al. 2011. Nystagmus assessments documented by emergency physicians in Acute Dizziness Presentations: A target for decision support? *Acad Emerg Med*. 18 (6): 619-626
11. Kerber KA. 2009. Vertigo and Dizziness in the Emergency Department. *Emerg Med Clin North Am*. 27(1):39

12. Kim HA, Lee H. 2012. Recent Advances in central acute vestibular syndrome of a vascular cause. *Journal of the Neurological Sciences* 321:17-22
13. Mansour OI. 2013. Practical Approach to the management of dizzy patients. *Egypt J Otolaryngol* 29:49-55
14. Maranhao ET, Filho PM. 2012. Vestibulo-ocular reflex and the head impulse test. *Arq Neuropsiquiatr* 70:942-944
15. Navi BB, Kamel H, Shah MP, Grossman AW, Wong C, Poisson SN, et al. 2012. Application of the ABCD<sup>2</sup> Score to Identify Cerebrovascular Causes of Dizziness in the Emergency Department. *Stroke*. 43:1484-1489
16. Newman-Toker DE, Kattah JC, Alvernia JE. 2008. Normal head impulse test differentiates acute cerebellar strokes from vestibular neuritis. *Neurology* 70: 2378-2835
17. Newman-Toker DE, Kerber KA, Hsieh YH, Pula JH, Omron R, Tehrani ASS, et al. 2013. HINTS outperforms ABCD2 to screen for stroke in acute continuous vertigo and dizziness. *Academic emergency medicine* 20:1-10
18. Newman-Toker DE, Sharma P, Chowdhury M, Clemons TM, Zee DS, Santana CCD. 2009. Penlight-cover test: a new bedside method to unmask nystagmus. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 80:900-903
19. Park HK, Kim JS, Strupp M, Zee DS. 2013. Isolated floccular infarction: impaired vestibular responses to horizontal head impulse. *J Neurol* 260:1576-1582
20. Post RE, Dickerson LM. 2010. Dizziness: a diagnostic approach. *American Family Physician* 82(4): 361-368
21. Schneider JI, Olshaker JS. 2012. Vertigo, Vertebrobasilar disease, and Posterior Circulation Ischemic Stroke. *Emerg Med Clin N Am* 30:681-693

22. Tarnutzer AA, Berkowitz AL, Robinson KA, Hsieh YH, Newman-Toker DE. 2011. Does my dizzy patient have a stroke? A systematic review of bedside diagnosis in acute vestibular syndrome. *CMAJ* 183:9
23. Thompson TL, Amedee R. 2009. Vertigo: A review of common peripheral and central vestibular disorders. *The Ochsner Journal* 9:20-26

# NEUROANATOMI FUNGSIONAL KESEIMBANGAN DAN PATOFISIOLOGI GANGGUAN KESEIMBANGAN

## ORIGINALITY REPORT

19%

SIMILARITY INDEX

18%

INTERNET SOURCES

10%

PUBLICATIONS

9%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

1	<a href="https://vdocuments.mx">vdocuments.mx</a> Internet Source	4%
2	<a href="https://fr.scribd.com">fr.scribd.com</a> Internet Source	2%
3	<a href="https://vdocuments.site">vdocuments.site</a> Internet Source	2%
4	<a href="http://www.jvr-web.org">www.jvr-web.org</a> Internet Source	2%
5	<a href="http://www.imedpub.com">www.imedpub.com</a> Internet Source	1%
6	<a href="http://www.nice.org.uk">www.nice.org.uk</a> Internet Source	1%
7	<a href="http://www.degruyter.com">www.degruyter.com</a> Internet Source	1%
8	<a href="http://www.springerprofessional.de">www.springerprofessional.de</a> Internet Source	1%
9	Mengxue Li, Wenzhao Liang, Peng Yue, Xinzhao Jiang, Zhongyu Zhao, Bingyang Zhao, Zhongxin Xu, Jing Mang. "Does radiological conjugate eye deviation sign	1%

play a role in acute stroke imaging? A meta-analysis", Journal of Neurology, 2021

Publication

10

[www.imagingpathways.health.wa.gov.au](http://www.imagingpathways.health.wa.gov.au)

Internet Source

1 %

11

Anand K. Bery, Ching-Fu Wang, Daniel R. Gold, Tzu-Pu Chang. "The fixation suppression test can uncover vertical nystagmus of central origin in some patients with dizziness", Neurological Sciences, 2021

Publication

1 %

12

Submitted to Pennsylvania State System of Higher Education

Student Paper

1 %

13

Submitted to University College London

Student Paper

1 %

14

[cirrie.buffalo.edu](http://cirrie.buffalo.edu)

Internet Source

1 %

15

Hong Xie, Yu-qin Zhang, Xin-liang Pan, Shu-hui Wu, Xiang Chen, Jie Wang, Hua Liu, Xiao-zhong Qian, Zhi-guo Liu, Lie-Ju Liu.

"Decreased calcium-activated potassium channels by hypoxia causes abnormal firing in the spontaneous firing medial vestibular nuclei neurons", European Archives of Oto-Rhino-Laryngology, 2014

Publication

1 %

Submitted to University of Worcester

16

Student Paper

1 %

---

17

[link.springer.com](https://link.springer.com)

Internet Source

1 %

---

Exclude quotes Off

Exclude matches < 1%

Exclude bibliography On

# NEUROANATOMI FUNGSIONAL KESEIMBANGAN DAN PATOFISIOLOGI GANGGUAN KESEIMBANGAN

---

## GRADEMARK REPORT

---

FINAL GRADE

**/0**

GENERAL COMMENTS

**Instructor**

---

PAGE 1

---

PAGE 2

---

PAGE 3

---

PAGE 4

---

PAGE 5

---

PAGE 6

---

PAGE 7

---

PAGE 8

---

PAGE 9

---

PAGE 10

---

PAGE 11

---

PAGE 12

---

PAGE 13

---

PAGE 14

---

PAGE 15

---

PAGE 16

---

PAGE 17

---

PAGE 18

---

PAGE 19

---

PAGE 20

---

PAGE 21

---

PAGE 22

---

PAGE 23

---

PAGE 24

---

PAGE 25

---

PAGE 26

---