

ANATOMI FISILOGI SISTEM VESTIBULER PERIFER



Oleh:

dr. Mohammad Lukmanul Hakim Winugroho., Sp. THT-BKL

FAKULTAS KEDOKTERAN

IPB UNIVERSITY

BOGOR

2026

PENDAHULUAN

Sistem keseimbangan didefinisikan sebagai detektor gerak vestibuler perifer yang terkait dengan struktur sistem saraf pusat, dan mengubahnya menjadi informasi. Sistem ini memfasilitasi persepsi seseorang tentang orientasinya terhadap lingkungan sekitar. Sistem vestibuler perifer bertanggung jawab untuk merasakan dan mengendalikan gerak. Reseptor vestibuler perifer yang terletak di labirin setiap telinga bagian dalam memberikan informasi kepada otak mengenai gerak dan orientasi kepala yang relatif terhadap gravitasi.^{1,2}

Penyakit gangguan keseimbangan merupakan masalah yang sering ditemukan pada orang dewasa dan orang tua, tetapi jarang terdeteksi karena sering menjadi kelainan penyerta dari penyakit kronis. Penyakit ini diderita orang tua selama hidupnya dengan prevalensi 2,4%. Gangguan keseimbangan dari total keseluruhan penderita dengan keluhan vertigo dan pusing sebesar 65%. Penyebab tersering dari gangguan keseimbangan adalah BPPV yaitu 32%.³⁻⁶

→ Keluhan gangguan keseimbangan jarang diperiksa, dan ketika terdiagnosis jarang dirawat. Kesembuhan gangguan keseimbangan sulit dicapai secara tuntas, sehingga dapat mengganggu aktivitas serta mengurangi kualitas hidup seseorang. Oleh sebab itu, topik ini sangat perlu di bahas secara mendalam, dengan tujuan agar mendapat pemahaman mengenai anatomi dan fisiologi vestibuler perifer.

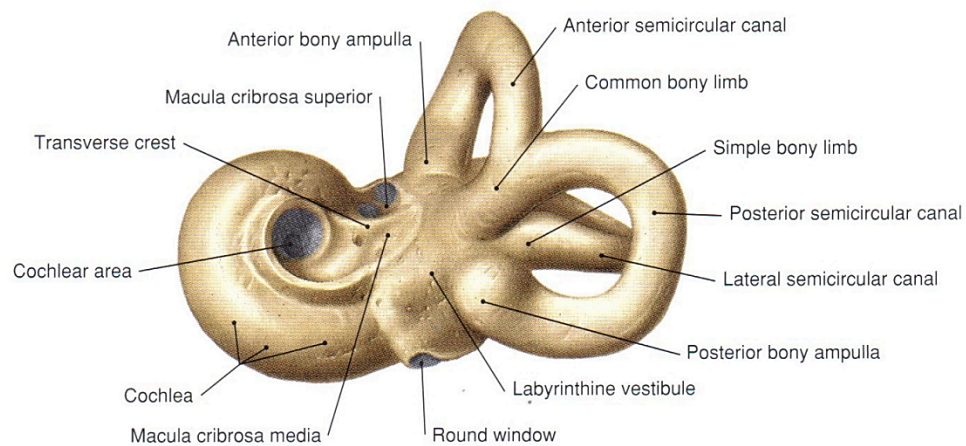
Sistem vestibuler pada tubuh manusia terbagi atas dua, yaitu sistem vestibuler sentral dan perifer. Kedua sistem ini sama pentingnya dalam menjaga keseimbangan tubuh.⁷

1. Anatomi sistem vestibuler perifer

Organ vestibuler perifer terletak di telinga bagian dalam (labirin). Labirin ini terdiri atas labirin tulang dan membran. Labirin membran terletak didalam labirin tulang dan bentuknya hampir menyerupai bentuk labirin tulang.¹

1.1 Labirin tulang organ vestibuler perifer

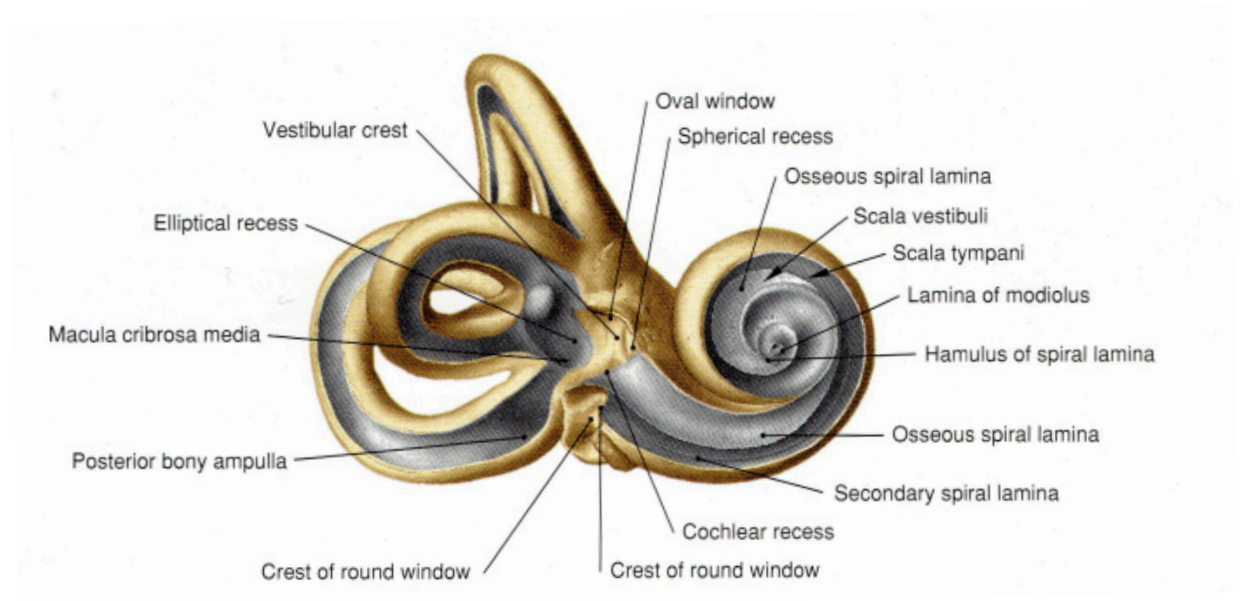
Labirin tulang pada organ vestibuler perifer merupakan ruang perilymfatik yang terdiri dari dua bagian, antara lain bagian tengah yaitu vestibulum dan bagian posterolateral yang terdiri dari tiga buah kanalis semisirkularis (Gambar 1).^{7,8}



Gambar 1. Labirin tulang organ vestibuler perifer tampak posteromedial.⁸

1.1.1 Vestibulum

Vestibulum berbentuk lonjong. Dinding medial membentuk bagian fundus meatus interna. Pada dinding ini dijumpai dua cekungan yang ukurannya berbeda: bagian posterior, yaitu resesus eliptik yang bertindak sebagai wadah utrikulus; bagian anterior yang bulat kecil yaitu resesus sferis yang merupakan wadah sakulus. Daerah perforasi pada resesus sferis, dilalui cabang sakula nervus vestibuler (Gambar 2).^{7,8}



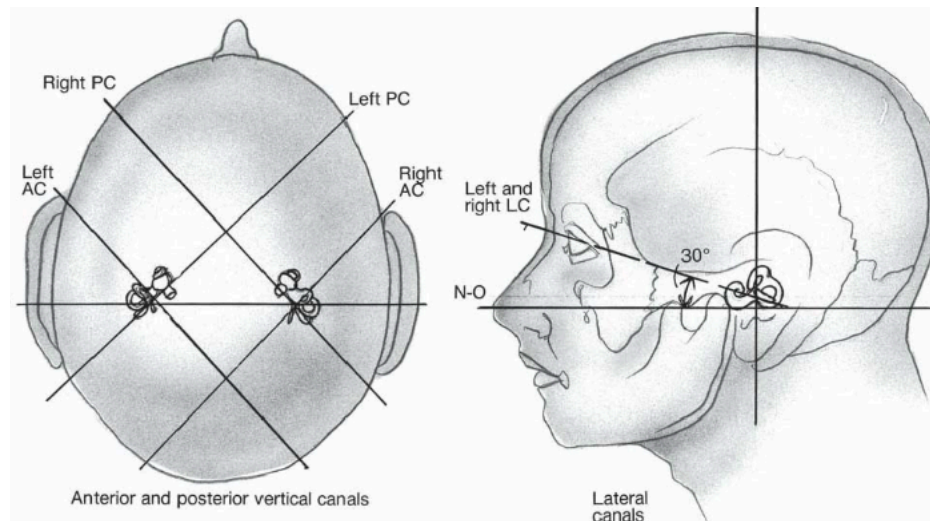
Gambar 2. Labirin tulang organ vestibuler perifer tampak dalam anterolateral.⁸

1.1.2 Kanalis semisirkularis

Tulang kanalis semisirkularis dibentuk oleh tiga pipa yang melengkung. Ketiga struktur ini saling berhubungan dalam ruang vestibulum. Kanalis lateralis atau horisontalis membentuk *prominensia* pada dinding resesus epitimpanikus dengan posisi bidang horisontal. Dua kanalis yang lain berjalan pada arah vertikal: kanalis superior yang berada pada sudut tegak lurus aksis piramid petrosa, membentuk *eminensia arkuata* pada permukaan anterior piramid; kanalis posterior terletak sejajar dengan permukaan posterior piramid.⁷

Salah satu dari dua ujung tiap-tiap kanalis semisirkularis berbentuk botol, yang disebut ampula oseosa. Ampula ini mengandung neuroepitelium yaitu krista ampularis, kupula, sel penyokong, jaringan ikat, pembuluh darah, dan serabut saraf. Ujung-ujung yang tidak membentuk ampula pada kanalis superior dan posterior bergabung membentuk *krus komunis*.^{7,9}

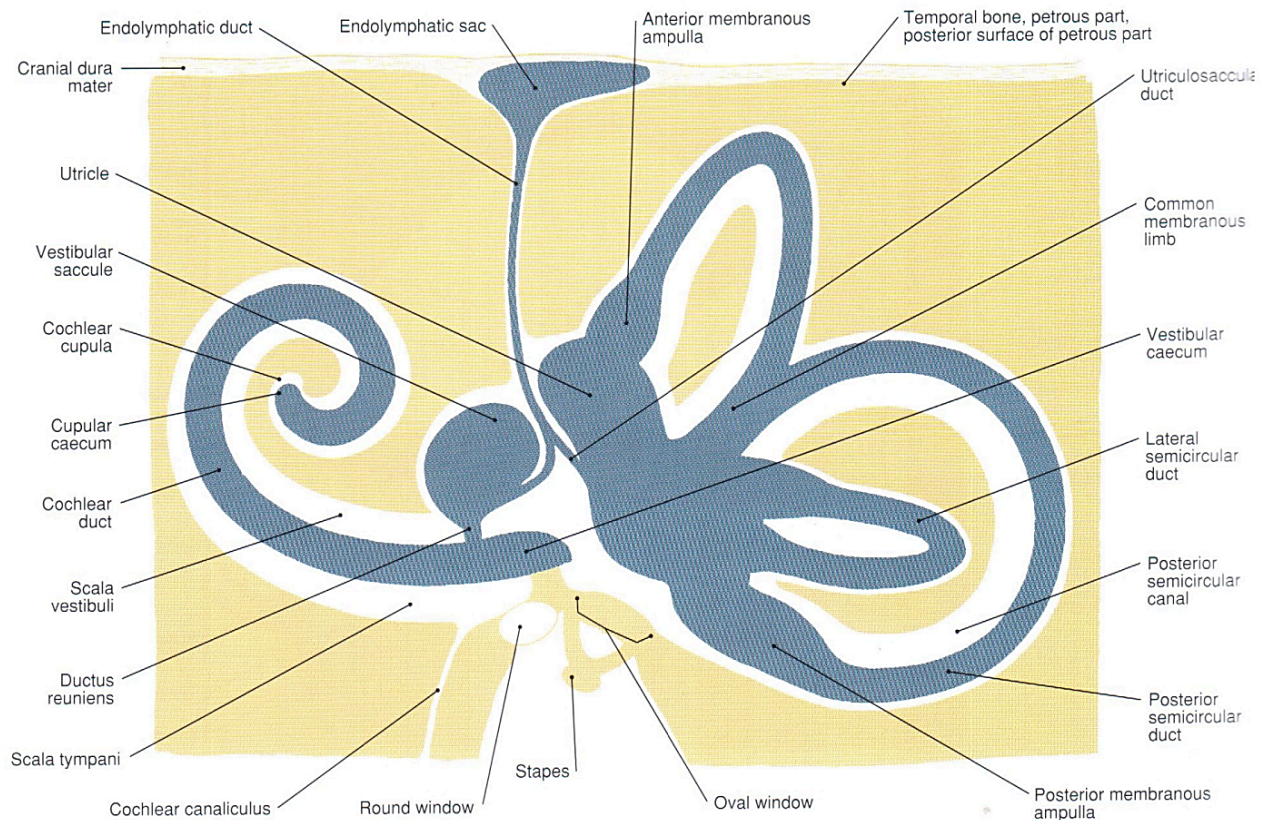
Panjang masing-masing kanalis kira-kira dua pertiga keliling sebuah lingkaran dan berdiameter sekitar 0,8 mm. Kanalis semisirkularis horisontal membentuk sudut 30° ke atas dari bidang horisontal, sehingga apabila kepala menunduk 30°, posisi bagian lateral kurang lebih horisontal. Kanalis superior membentuk sudut 45° ke depan terhadap sumbu sagital, sedangkan kanalis posterior membentuk sudut 45° ke belakang terhadap sumbu sagital (Gambar 3).^{1,7}



Gambar 3. Posisi kanalis semisirkularis terhadap sumbu sagital dan horisontal.¹

1.2 Labirin membran organ vestibuler perifer

Labirin membran berada di dalam rongga labirin tulang, dan sebagiandipisahkan oleh sejumlah cairan perilimf dengan dinding tulang. Organ ini terdiri dari utrikulus, sakulus, dan duktus semisirkularis serta mengandung cairan endolimf (Gambar 4).^{7,8,9}



Gambar 4. Labirin membran organ vestibuler perifer.⁸

1.2.1 Utrikulus

Utrikulus berbentuk pipa dan terletak di dalam resesus vestibulum yang berbentuk elips. Utrikulus berhubungan secara luas dengan duktus semisirkularis superior dan posterior. Kedua organ tersebut bersama-sama membentuk huruf V terbuka ke dalam duktus kanalikuli.^{7,9}

Organ ini menempel pada *resessus elliptik* dan terletak di bagian atas dan

belakang vestibulum. Bagian yang berada di dalam resessus membentuk kantong atau *cul de sac*. Dasar dan dinding anterior menebal dan membentuk makula utrikuli akustika yang menerima filamen utrikular dari saraf akustik.^{7,9}

1.2.2 Sakulus

Sakulus berbentuk lonjong memanjang dan menempati *ressesus sferis*. Organ ini menyokong dinding medial makula pada bidang vertikal yang meluas ke dinding anterior. Sakulus berhubungan dengan koklea melalui duktus reuniens. Organ ini juga berhubungan dengan utrikulus dan sakus endolimfatikus melalui duktus utrikulosakularis dan duktus endolimfatikus.⁷

1.2.3 Duktus semisirkularis

Duktus semisirkularis berukuran sekitar seperempat dari diameter labirin tulang. Ujung-ujung organ ini bertemu di salah satu ujung ampula. Dinding ampula menebal dan diproyeksikan ke rongga seperti bentuk biola. Spektrum transversum elevasi secara melintang sebagai ujung saraf.^{1,9}

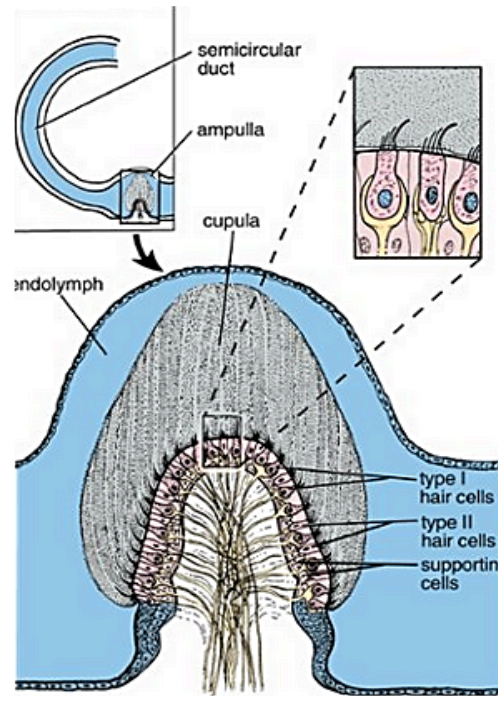
1.3 Reseptor sensorik vestibuler perifer

Reseptor sensorik vestibuler terletak pada krista ampularis serta pada makula utrikulus dan sakulus.^{1,7}

1.3.1 Krista ampularis

Krista ampularis terbagi atas dua wilayah yaitu wilayah sentral (pada puncak krista) dan perifer. Serabut saraf berjalan di sepanjang wilayah sentral. Organ yang berbentuk pelana ini melintang tegak lurus terhadap sumbu panjang kanalis semisirkularis dan melekat pada dinding ampula.^{1,7,9,10}

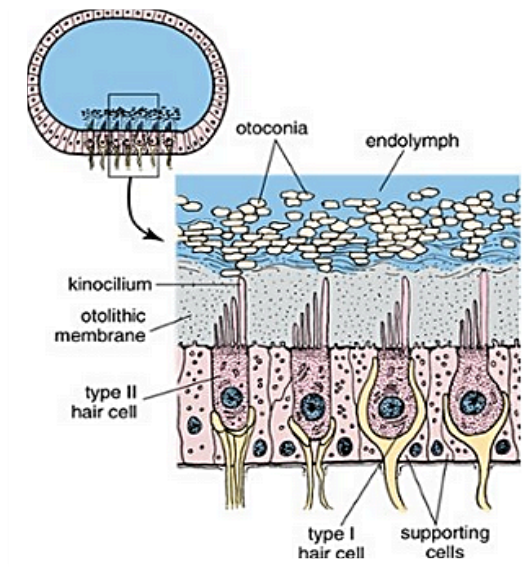
Krista ampularis menyangga sel sensorik dan mengandung sel reseptor yang disebut sel rambut. Massa gelatin protein polisakarida, yang disebut kupula, melekat pada sel rambut masing-masing krista dan dikelilingi oleh endolimf (Gambar 5).^{1,7,9,10}



Gambar 5. Krista ampularis.¹⁰

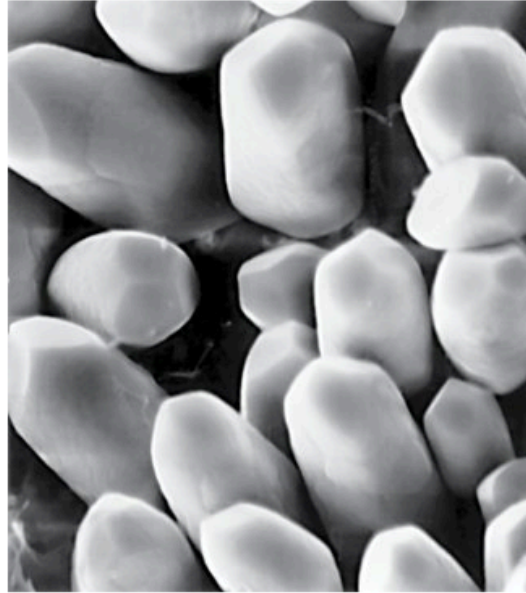
1.3.2 Makula

Makula adalah suatu struktur pipih yang terdiri dari sel-sel rambut di antara sel-sel penyokong. Pada organ otolit (utrrikulus dan sakulus), massa ini mengandung penyokong gelatin yang memiliki ketebalan sekitar 50µm. Kristal kalsium karbonat yang disebut dengan otokonia, bergantung pada selaput otolit. Sel sensorik dan sel rambut berada dibawah otolit (Gambar 6).^{1,7,9,10}



Gambar 6. Makula utrikulus.¹⁰

Otokonia mengandung 95% kalsium dengan sedikit natrium, magnesium, fosfor, sulfur, klorin dan kalium. Besar otokonia sekitar 5-7 μ m, dan bentuknya bervariasi, tergantung lokasinya pada labirin membran. Otokonia yang berbentuk silindris terdapat pada utrikulus, sedangkan yang berbentuk aragonit terdapat pada sakulus (Gambar 7).^{1,10}



Gambar 7. Pemindaian mikrograf elektron dari otokonias.¹⁰

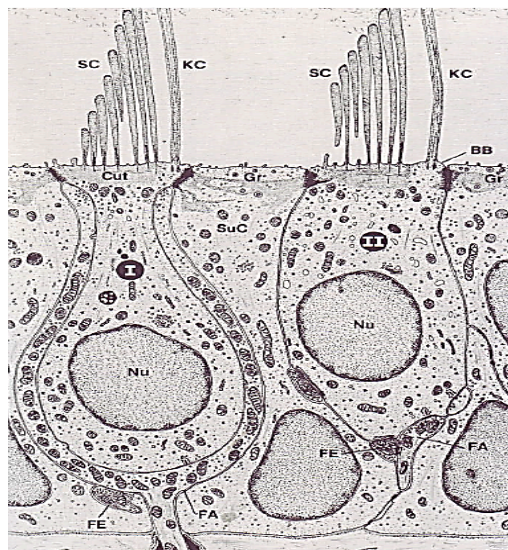
1.3.3 Sel reseptor vestibuler perifer

Epitel sensorik terdiri dari beberapa unsur yang berbeda, yaitu sel-sel rambut, sel penyokong, serabut saraf aferen, dan serabut saraf eferen. Sel penyokong meluas dari basal membran sampai ke permukaan apikal. Inti sel biasanya ditemukan di atas membran basal dan di bawah sel-sel rambut.⁹

Ada dua tipe sel rambut yang berbeda dari segi morfologi. Perbandingan jumlah sel rambut tipe I dengan tipe II sekitar 1:1. Sel rambut tipe I berbentuk seperti botol dan mempunyai satu terminal aferen tipe kaliks yang paling banyak terdapat pada wilayah sentral atau striola. Serabut eferennya memiliki sinaps dengan aferen kaliks secara tidak langsung. Sel rambut tipe II berbentuk silindris dan dapat memiliki satu atau lebih ujung saraf aferen tipe *bouton* pada tubuh sel. Inervasi eferennya bisa

secara langsung maupun tidak langsung. Pada tipe ini, ujung saraf vestibular juga menginervasi sel rambut baik secara langsung maupun tidak langsung. Sel rambut tipe I dan II tidak menyebar secara merata di sepanjang neuroepitelium pada ampula kanalis semisirkularis maupun makula utrikulus dan sakulus.^{1,9}

Sel penyangga (SuC) dan stereosilium (SC) mempunyai panjang yang bervariasi dan tertanam pada kutikula (Cut). Kinosilium (KC) berakhir di tubuh basal (BB). Pada sel rambut tipe I, tidak ada sinaps langsung antara sistem eferen (FE) dengan sel sensorik, tetapi ada sinaps dengan serabut afferen (FA). Pada sel rambut tipe II, sel sensoriknya mempunyai sinaps langsung dengan sistem eferen (FE) dan serabut afferen (Gambar 8).^{1,9,10}



Gambar 8. Sel rambut tipe I dan II.¹⁰

Stereosilia adalah batang berbentuk gada yang padat, heterogen, terdiri dari zat aktin dan berisi mikrofilamen yang tersusun memanjang. Sel rambut ini dikelilingi oleh sel penyangga dan melekat di wilayah dekat permukaan apikal yang menebal, di sebut plat kutikula. Plat kutikula adalah filamen padat aktin yang mengisi area tepat di

bawah permukaan apikal. Endolimf menggenangi stereosilia di atas sel dan terpisah oleh desmosom dan sel penyokong.^{7,9}

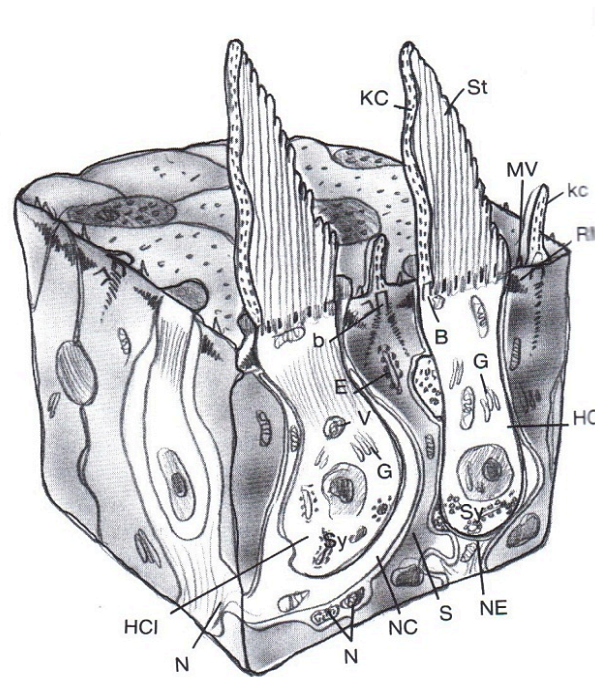
Kinosilium adalah silia yang tertinggi dan mempunyai diameter yang lebih besar dari stereosilia. Tiap sel rambut hanya mempunyai satu kinosilium dan terdiri dari 60 sampai 100 stereosilia yang tersusun bertingkat seperti tangga. Semakin dekat sel rambut stereosilia (S) dengan kinosilium (K), maka akan semakin tinggi (Gambar 9).^{1,10}



Gambar 9. Transmisi mikrograf elektron pada sel rambut dengan potongan melintang.¹⁰

Tubuh basal dan vesikel yang besar terdapat di wilayah kinocillium, namun tidak terdapat plat kutikula pada wilayah ini. Bundel sensorik berada dipermukaan tubuh sel rambut vestibuler dan biasanya berhubungan dengan membran gelatin yang gerakannya dipengaruhi oleh perpindahan elemen massa, baik kupula (pada kanalis semisirkularis) maupun membran otolitik (pada utrikulus dan sakulus).^{1,7}

Potongan tangensial pada lapisan apikal, beberapa sel-sel penyokong membentuk cincin yang mengelilingi setiap sel-sel rambut. Sel-sel penyokong mengandung kompleks golgi, mitokondria, dan beberapa tetes lipid. Bagian atas dari sel-sel penyokong mengandung banyak granul yang bulat maupun oval, granul ini membentuk kupula dan membran otolit. Di sekitarnya dapat juga terlihat sel penyangga (S), Serabut saraf (N), Kaliks saraf (NC), ujung saraf (NE), struktur sinaptik (Sy), membran golgi (G), retikulum membran multivasikuler (RM), retikulum endoplasmik (E), mikrovili (MV), vesikel (V) dan tubuh basal (Gambar 10).^{1,9}



Gambar 10. Epitel sensorik vestibuler dan inervasinya.¹

1.4 Vaskularisasi organ telinga bagian dalam

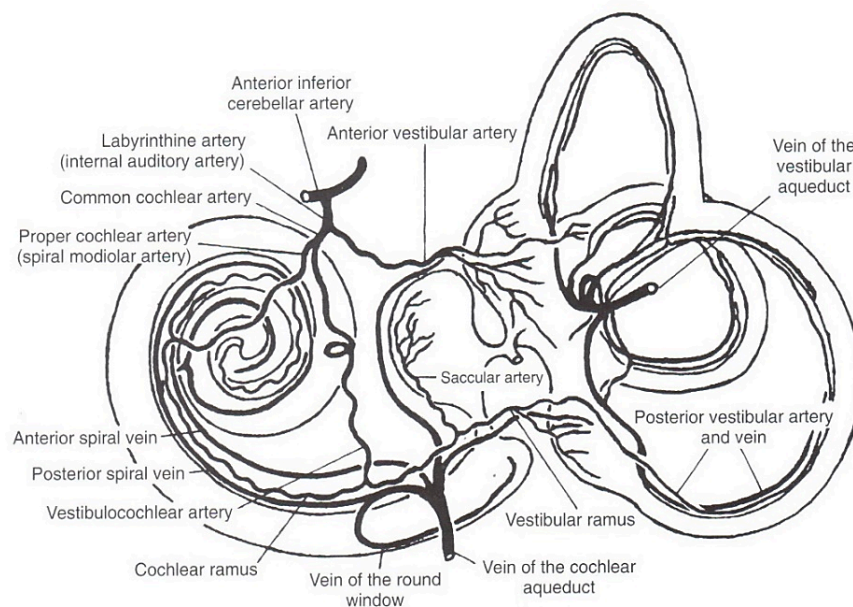
Telinga dalam memperoleh pendarahan dari arteri auditorius interna, yang biasanya berasal dari arteri serebelar inferior anterior, tetapi bisa langsung dari arteri basilaris. Arteri ini merupakan suatu *end artery* dan tidak mempunyai pembuluh darah anastomosis.^{7,9}

Segara setelah memasuki meatus auditorius interna, arteri ini terbagi atas dua cabang. Cabang arteri vestibuler anterior mengikutinervus vestibuler dan memperdarahisaraf tersebut, kanalis anterior dan lateral, utrikulus dan sedikit sakulus.⁷

Cabang kedua yaitu arteri komunis koklea terbagi dua cabang: arteri proper koklea yang memperdarahi putaran basiler koklea; arteri vestibulokoklea yang

memperdarahi koklea, kanalis posterior, dan sakulus. Arteri vestibulokoklea ini memasuki modiolus, kemudian menjadi pembuluh-pembuluh darah spiral yang berjalan melalui basis lamina spiral dari kanalikuli ke basis organ corti. Cabang lain memperdarahi dinding skala vestibuli dan skala timpani, keduanya berakhir pada stria vaskularis.⁷

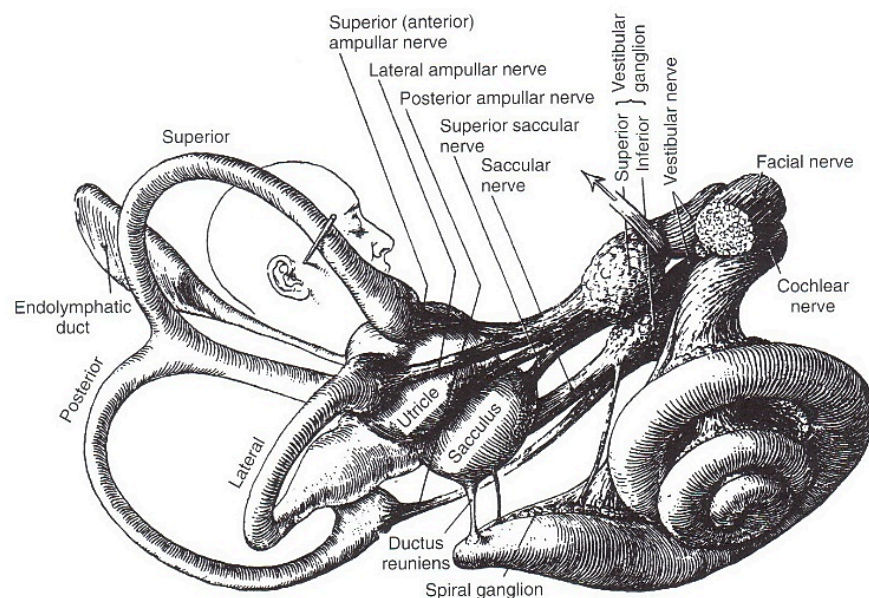
Aliran vena telinga dalam berjalan melalui tiga jalur. Koklea putaran tengah dan apikal dilakukan oleh vena auditori interna. Putaran basiler koklea dan vestibulum anterior dilakukan oleh vena koklear melalui suatu saluran yang berjalan sejajar dengan akuaduktus koklea dan masuk ke dalam sinus petrosa inferior. Suatu aliran vena ketiga mengikuti duktus endolimfatikus dan masuk ke sinus sigmoid. Pleksus ini mengalirkan darah dari labirin posterior (Gambar 11).^{7,9}



Gambar 11. Vaskularisasi organ telinga bagian dalam.⁹

1.5 Persarafan organ vestibuler perifer

Persarafan organ vestibuler pada telinga bagian dalam diperankan oleh nervus vestibularis. Cabang nervus vestibularis superior mensarafi utrikulus serta ampula duktus semisirkularis anterior dan lateral. Sedangkan cabang nervus vestibularis inferior mensarafi kanalis semisirkularis posterior dan sakulus (Gambar 12).^{2,9}



Gambar 12. Persarafan organ vestibuler perifer.⁹

1.6 Cairan organ vestibuler perifer

Sistem cairan organ vestibuler ini terdiri dari endolimf dan perilimf (cairan otik dan cairan periotik). Endolimf terdapat di dalam labirin membran, sedangkan perilimf terdapat di antara labirin membran dan labirin tulang.^{7,9}

1.6.1 Perilimf

Perilimf berasal dari cairan spinal yang masuk melalui duktus perioptik. Komposisi cairansama dengan cairan ekstraseluler dan cairan serebrospinal, kadar

natrium lebih tinggi dari pada kalium, yaitu 140mEq/l berbanding 5,5-6,25mEq/l. Cairan ini berasal dari filtrat darah atau difusi cairan serebrospinal, dan di absorpsi oleh pembuluh vena kecil di sekitarnya.^{7,9}

1.6.2 Endolimf

Endolimf dihasilkan oleh sel-sel sekresi stria vaskularis dan diabsorpsi oleh sakus endolimfatikus. Komposisi cairan endolimf sama dengan cairan intraselular, kadar kalium lebih tinggi dari natrium, yaitu 140-160 Eq/L berbanding 12-16mEq/L. Cairan ini berasal dari filtrat perilimf atau stria vasikularis, dan di absorpsi oleh sakus endolimfatikus.^{7,9}

1.7 Neurotransmitter

Neurotransmitter yang bekerja di aferen vestibuler terdiri atas glutamat dan aspartat. Asetilkolin dan kalsitonin adalah neurotransmitter yang bekerja pada eferent vestibuler perifer untuk mengontrol sensitivitas sel reseptor.^{7,9}

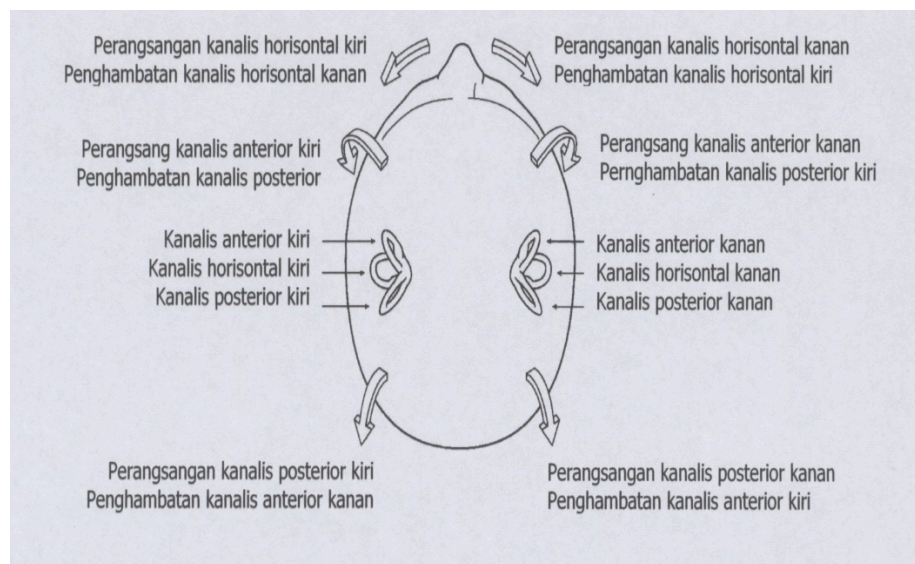
Zat nitrat oksida (NO) adalah *ion channel* modulator yang hadir dalam epitel vestibular dan meningkatkan transmisi aferen dengan memberi sinyal molekul sensorik dalam perjalanan sistem vestibuler sentral dan perifer. Hasil akhir dari produksi NO di ruang vestibuler akan menjadi kompleks, tergantung dari kadar NO yang tercapai dan peran fungsional pra dan pasca saluran ionsinaptik yang dimodulasi oleh NO. Substansial Nitrat Oksida dapat mempengaruhi rangsangan dengan menghambat konduktansi dominan di dekat potensial istirahat.^{11,12}

2 Fisiologi sistem vestibuler perifer

Rekaman pergerakan kepala yang relatif terhadap tubuh diperankan oleh reseptor akselerasi (makula otolitik) linear dan angular (kanalis semisirkularis) pada telinga bagian dalam. Pada makula otolitik dan kanalis semisirkularis, transduksi gaya geser mekanik berubah menjadi impuls saraf.^{1,2,9,13}

Polarisasi pada tiap kanalis sama pada seluruh sel rambut, dan pada saat

rotasi, sel-sel rambut dapat tereksitasi dan terinhibisi. Pada waktu rotasi, salah satu dari pasangan kanalis tereksitasi, sementara yang satu lagi terinhibisi. Misalnya, bila kepala pada posisi lurus normal, dan terdapat percepatan dalam bidang horizontal yang menimbulkan rotasi kekanan, maka serabut-serabut yang kiri akan terinhibisi. Jika rotasi pada bidang vertikal misalnya rotasi ke depan, maka kanalis anterior kiri dan kanan kedua sisi akan tereksitasi, sementara kanalis posterior akan terinhibisi (Gambar 13).^{2,13,14}

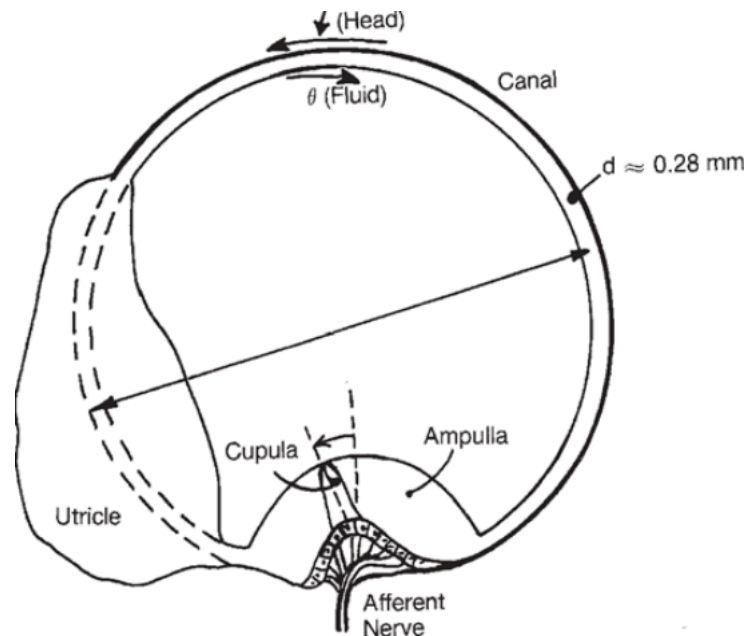


Gambar 13. Eksitasi dan inhibisi pada kanalis semisirkularis.¹⁴

Ukuran radius kanalis semisirkularis yang bervariasi pada tiap individu terbukti secara signifikan berkorelasi dengan kelincahan gerak. Bagian lateral yang paling berperan dalam kelincahan gerak dan bertanggung jawab dalam navigasi serta sangat penting untuk gerak dalam ruang tiga dimensi. Kanalis semisirkularis yang vertikal berfungsi untuk mengontrol penyesuaian refleks dalam menanggapi

gerakan.^{15,16}

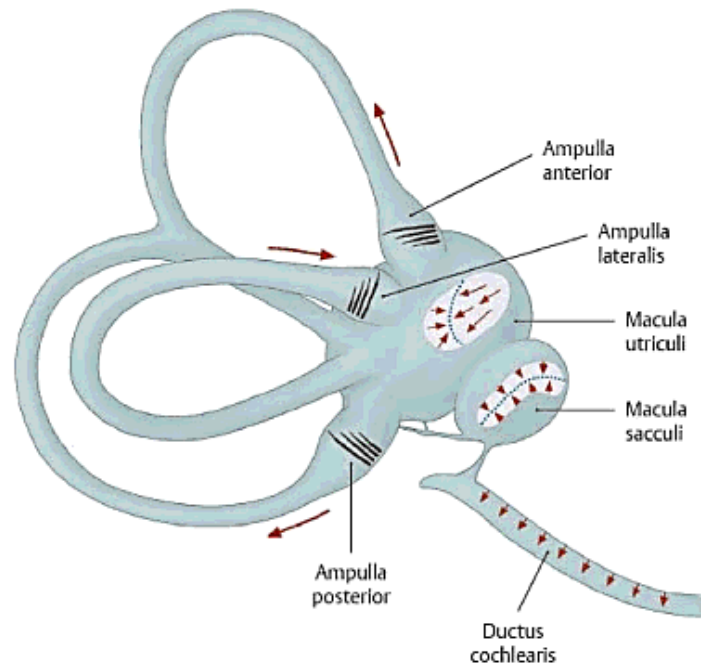
Neurocirujo (2007) mengilustrasikan dalam video, ketika kepala mulai bergerak, labirin tulang dan sel-sel rambut yang terbenam dalam kupula bergerak mengikuti gerakan kepala. Pada saat pergerakan, cairan di dalam kanalis tidak mengikuti gerak kepala, tetapi tertinggal di belakang atau bergeser ke arah yang berlawanan karena adanya inersia (kelembaman). Gerakan cairan ini menyebabkan kupula condong ke arah yang berlawanan dengan arah gerakan kepala, dan rambut-rambut sensorik menjadi bengkok ke arah kinosilium (depolarisasi). Apabila gerakan kepala berlanjut dalam arah dan gerakan yang sama, endolimf akan menyusul dan bergerak bersama kepala, sehingga rambut kembali ke posisi tegak. Ketika kepala melambat dan berhenti, keadaan yang sebaliknya terjadi. Endolimf secara singkat melanjutkan gerak searah dengan rotasi kepala, sementara kepala melambat untuk berhenti. Akibatnya, kupula dan rambut-rambut sensorik sementara membengkok ketika akselerasi (hiperpolarisasi). Pada saat endolimf secara bertahap berhenti, rambut-rambut kembali tegak. Dengan demikian, kanalis semisirkularis mendeteksi perubahan kecepatan gerakan rotasi kepala (Gambar 14).^{1,9,17}



Gambar 14. Pergerakan cairan endolimf pada kanalis semisirkularis.¹

Organ otolitutrikulus dan sakulus bertanggung jawab untuk persepsi akselerasi linier (misalnyagravitasi atau perlambatan dalam mobil). Pada makula utrikulus, kinosilium terletak di bagian samping sel rambut yang dekat dengan daerah sentral, yaitu striola. Neurocirujo (2007) mengilustrasikan juga dalam video, tentang pergerakan macula. Pada saat kepala miring atau mengalami percepatan linier, sebagian serabut aferen akan tereksitasi sementara yang lainnya terinhibisi. Ketika permukaan makula miring, otokonia cenderung bergeser ke arah bawah dan membawa membran otolit beserta silia. Jika silia membengkok ke arah kinosilium, maka akan terjadi depolarisasi.^{7,9,18}

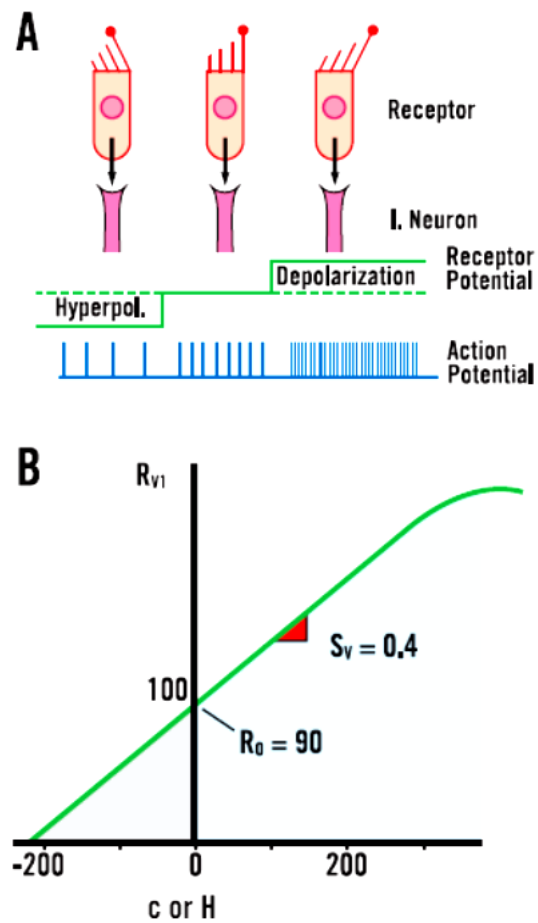
Utrikulus terletak pada bidang kepala yang horizontal, sedangkan sakulus terletak pada bidang vertikal. Berbeda dengan sel rambut kanalis semisirkularis, maka polarisasi sel rambut pada organ otolit tidak semuanya sama (Gambar 15).^{9,10,13}



Gambar 15. Orientasi stereosilia pada krista ampularis dan makula.¹⁰

Sel-sel rambut sensorik dalam labirin membran mirip dengan yang di koklea dalam mendeteksi defleksi kecil dan mengirim informasi. Potensial elektrik dalam tubuh sel-sel rambut berbeda dengan cairan yang mengelilinginya karena transport aktif pada membran sel. Sel-sel rambut melepaskan neurotransmitter (glutamat) jika terangsang pada aferen sel rambut yang terhubung. Jika tidak ada gerakan, maka sebagian transmitter akan dilepaskan dari sel rambut yang menyebabkan serabut-serabut saraf aferen mengalami laju tembakan spontan maupun istirahat. Hal ini memungkinkan serabut-serabut aferen menjadi terdepolarisasi ataupun terhipolarisasi tergantung dari arah gerakan.^{1,7,9,13}

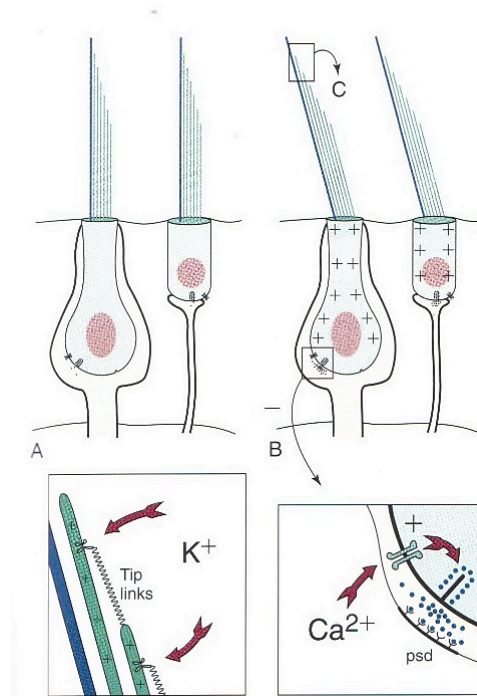
Dalam keadaan istirahat (R_o), yaitu potensial istirahat sebesar -70mV secara normal serat saraf yang keluar dari sel rambut menjalankan impuls saraf (R_v1) terus menerus dengan kecepatan sekitar 90 impuls perdetik. Terjadi perubahan linier pada kupula (c), dan proses ini juga dipengaruhi oleh percepatan gerak kepala (H) dan kemiringan kepala (Sv). Bila silia menekuk ke arah kinosilium, perjalanan impuls dapat meningkat sampai beberapa ratus perdetik. Sebaliknya penekukan silia ke arah yang berlawanan akan menurunkan perjalanan impuls. Oleh karena itu orientasi kepala yang berubah mengakibatkan silia menekuk, maka sinyal yang sesuai akan dijalankan ke otak untuk mengatur keseimbangan (Gambar 16).^{1,7}



Gambar 16. Transduksi pergerakan sel-sel rambut vestibuler (A).

Impuls saraf vestibuler (B).⁷

Stereosilia yang defleksi adalah mekanisme yang umum, dimana seluruh sel rambut di transduksikan kekuatan mekanik. Stereosilia dalam suatu bundel terkait satu sama lain dengan alur protein yang di sebut *tip links*, yang berhubungan dari stereosilia yang tinggi ke tetangganya yang lebih pendek. Pintu masuk *tip links* ini, yang merupakan saluran kation, terbuka dan tertutup, tergantung pada arah stereosilia yang membengkok. Ketika defleksi pada arah membuka atau “on”, kation dan ion potasium dengan cepat masuk melalui pintu masuk tersebut, dan potensi membran sel rambut menjadi semakin positif. Hal ini mengakibatkan aktifnya saluran kalsium tegangan-sensitif pada basolateral dari sel rambut, dan masuknya kalsium menyebabkan peningkatan pelepasan rangsangan neurotransmitter, terutama glutamat dari sinaps sel-sel rambut dengan aferen primer vestibuler (Gambar 17).^{1,19}



Gambar 17. Transduksi sensorik dari sel rambut vestibular.¹⁹

Perubahan konduksi saluran natrium kalium terjadi bila potensial membran meningkat dari nilai istirahat normal sebesar -70mV menjadi nilai positif sebesar +30mV. Gambaran ini menjelaskan saluran natrium akan membuka secara aktif, dan menyebabkan ion natrium masuk ke dalam sel yang kemudian diikuti dengan membukanya saluran kalium, dan menyebabkan ion kalium keluar sel.^{1,2,9}

Informasi dari organ akhir vestibular ditransmisikan sepanjang saraf vestibuler bagian superior dan inferior. Setiap saraf vestibular terdiri dari sekitar 25.000 neuron bipolar yang sel tubuhnya terletak di struktur yang dikenal sebagai ganglion Skarpa yang khas ditemukan di dalam saluran telinga dalam.^{1,9,13}

RINGKASAN

Reseptor vestibuler perifer memfasilitasi persepsi seseorang tentang orientasinya terhadap lingkungan sekitar dengan memberikan informasi kepada otak mengenai gerak dan orientasi kepala yang relatif terhadap gravitasi. Pengaturan sistem vestibuler ini melibatkan beberapa komponen, yaitu organ utrikulus dan sakulus yang berfungsi sebagai reseptor akselerasi linier, dan kanalis semisirkularis yang berfungsi sebagai reseptor akselerasi angular. Interaksi seluler juga terlibat dalam sinaptogenesis pada organ sensorik vestibuler. Sel-sel rambut pada sistem vestibuler ini mempunyai fisiologi yang sama dengan sel rambut pada koklea, namun secara anatomis sedikit berbeda.

Mekanisme kerja dari organ-organ vestibuler perifer adalah memberi informasi dengan mentransduksi gaya geser mekanik menjadi impuls saraf. Polarisasi pada kanalis semisirkularis dan organ otolit mempunyai arah yang bervariasi. Dengan demikian, dapat dipahami bahwa dalam sistem vestibuler perifer banyak melibatkan organ-organ yang mempunyai anatomi dan fisiologi yang bervariasi, sehingga dapat mengontrol posisi serta gerak tubuh dalam ruang.

DAFTAR PUSTAKA

1. Newlands SD. Vestibular function and anatomy. In: Bailey BJ, ed. Head and neck surgery otolaryngology. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Co; 2006. p. 1905-15.
2. Lee KJ. The vestibular system. In: Lee KJ, ed. Essential otolaryngology. 9th ed. New Haven Connecticut : Yale University School of Medicine; 2008. p. 94-107.
3. Jhon SO, Spiros M, Justine LB, Michael G, Stewart, Jenkins, et al. Unrecognized benign paroxysmal positional vertigo in elderly patients. Otolaryngol head neck surg 2000;122:630-634.
4. Kerber KA, Burke JF, Skolarus LE, Meurer WJ, Callaghan BC, Brown DL, et al. Use BPPV processes in Emergency Departement Dizziness presentations: a population-based study. Otolaryngol head neck surg 2012;148:425-426.
5. Wetmore SJ, Eibling DE, Goebel JA, Gottshall KR, Hoffer ME, Magnusson M, et al. Challenges and opportunities in managing the dizzy older adult. Otolaryngol head neck surg 2011;144:651-655.
6. Sekine K, Sato G, Takeda N. Incidence of vertigo and dizzenes disorders ar university hospital. Nihon jibiinkoka gakkai kaiho 2005;108(9):842-9.
7. Snow JB. Physiology of the auditory and vestibular systems. In: Wackyn PA, ed. Ballenger's otorhinolaryngology head and neck surgery. 17th ed. Connecticut: BC decker inc; 2009.p. 68-70.
8. Sobotta J. Internal ear. In: Putz R, eds. Sobotta Atlas of human anatomy. 14th ed. Munich: Elsevier Gmbh; 2008. p. 778-9.
9. Flint PW. Anatomy of the vestibular system. In: Niparko JK, ed. Cumming otolaryngology head & neck surgery. 5th ed. Vol 2. Philadelphia: Mosby elsevier; 2010. p. 1850-9.
10. Ross M. Internal ear. In: Ross M, eds. Histology a text and atlas. 6th ed.

- Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2010. p. 25-32.
11. Almanza A, Navarrete F, Vega R & Soto E. Modulation of voltage-gated Ca^{2+} current in vestibular hair cells by nitric oxide. *J Neurophysiol* 2007;97:1188-95.
 12. Chen JWY & Eatock RA. Major potassium conductance in type I hair cells from rat semicircular canals: characterization and modulation by nitric oxide. *J Neurophysiol* 2000;84:139-51.
 13. Adams GL. Sistem vestibularis. Dalam: Adams GL, ed. *Boies buku ajar penyakit THT*. Edisi enam. (Alih bahasa oleh Hartono H, Matahari, Diani A, Kosasih AA, Mahanani DA). Jakarta: EGC; 2012. hal. 39-41.
 14. Soetiro I, Hendarmin H, Bashiruddin J. Gangguan keseimbangan dan kelumpuhan nervus fasialis. Dalam: Soepardi EA, Iskandar N, ed. *Buku ajar ilmu kesehatan telinga hidung tenggorok kepala dan leher*. Edisi keenam. Jakarta: Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia; 2007. hal. 94-5
 15. Cox PG & Jeffery N. Semicircular canals and agility: the influence of size and shape measures. *J Anat* 2010;216(1):37-47.
 16. Welker KL, Orkin JD & Ryan TM. Analysis of intraindividual and intraspecific variation in semicircular canal dimensions using high-resolution x-ray computed tomography. *J Anat* 2009;215:444-51.
 17. Neurocirujos. The sense of balance. YouTube, 2007. Available from: <http://www.youtube.com/watch?v=mmBB2bu1gEQ>. Accessed on September 20, 2013.
 18. Neurocirujos. The sense of position. YouTube, 2007. Available from: http://www.youtube.com/watch?v=u84_BfK3hcw. Accessed on September 20, 2013.
 19. John P. Principles of applied vestibular physiology. In: Niparko JK, ed. *Cumming otolaryngology head & neck surgery*. 5th ed. Vol 2. Philadelphia: Mosby Elsevier; 2010. p. 2275-80.