

APPARATO DELL'UDITO

L'apparato dell'udito è costituito da organi contenuti in gran parte nello spessore dell'osso temporale. Questi organi servono per la percezione di stimoli sonori e stimoli gravitatori e di accelerazione. L'apparato dell'udito può essere suddiviso in tre porzioni: orecchio esterno, orecchio medio e orecchio interno. I primi due servono esclusivamente per la sensibilità uditiva, mentre nell'orecchio interno si distingue una porzione contenente recettori acustici e una porzione contenente i recettori statocinetici.

ORECCHIO ESTERNO

L'orecchio esterno è costituito dal padiglione auricolare e dal meato acustico esterno, e ha la funzione di raccogliere le onde sonore e di convogliarle al timpano.

PADIGLIONE AURICOLARE

Il **padiglione auricolare** è una lamina irregolare costituita da uno scheletro fibrocartilagineo rivestito da cute; si trova nella parte laterale della testa, in corrispondenza della regione temporale, a livello dell'ATM. Ha una forma pressoché ovale e ha un asse maggiore verticale di circa 65 mm. Presenta una faccia laterale e una faccia mediale. La *faccia laterale* mostra numerose depressioni e rilievi; la depressione centrale viene detta **conca**, e continua direttamente con il meato acustico esterno. Il rilievo più periferico è l'**elice**, la cui radice suddivide la conca in una porzione superiore e una inferiore; l'elice costituisce il contorno della metà superiore del padiglione e si prolunga in basso, con la sua coda, fino al **lobulo**, una spessa plica cutanea priva di scheletro cartilagineo. Lungo il bordo libero dell'elice può essere presente il *tubercolo di Darwin*. Il rilievo più interno è detto **antelice**, ed è separato dall'elice dal *solco dell'elice*. L'antelice origina dall'unione di due branche che delimitano in alto la fossa triangolare. Il trago è una lamina sporgente di forma triangolare che si trova anteriormente alla conca e che nasconde parzialmente l'imbocco del meato acustico esterno. L'antitrageo è un rilievo posto infero-posteriormente alla conca, che è separato dal trago dall'*incisura intertragica*. La *faccia mediale* del padiglione è libera nella sua porzione posteriore e adesa alla superficie laterale della testa nella sua porzione anteriore. Tra testa e parte libera della faccia mediale è presente il *solco cefaloauricolare*.

Il padiglione auricolare è costituito da uno scheletro cartilagineo, da legamenti, muscoli ed è rivestito da cute. Lo **scheletro cartilagineo** è formato da una lamina di cartilagine elastica rivestita da pericondrio; la cartilagine del padiglione è in continuità con quella del meato acustico esterno mediante una regione ristretta (istmo). I legamenti del padiglione auricolare sono sia estrinseci che intrinseci; i *legamenti estrinseci* sono 2:

- Legamento anteriore: teso tra il tubercolo zigomatico dell'osso temporale e la radice dell'elice
- Legamento posteriore: teso tra il processo mastoideo e la cartilagine del padiglione.

I *legamenti intrinseci* sono tesi tra i rilievi della lamina e servono per mantenere la forma del padiglione.

I muscoli del padiglione auricolare possono essere divisi in muscoli estrinseci e muscoli intrinseci. I *muscoli estrinseci* sono:

- Muscolo auricolare anteriore: origina dalla galea aponeurotica e termina al bordo anteriore della conca
- Muscolo auricolare superiore: origina dalla galea aponeurotica posta sopra al padiglione e si inserisce sulla faccia mediale del padiglione stesso
- Muscolo auricolare posteriore: origina dal processo mastoideo e si inserisce sulla faccia mediale del padiglione

I *muscoli intrinseci* sono 6 e si estendono dalla cartilagine alla cute.

La **cute** che riveste il padiglione è sottile e rosea; nella faccia laterale lo strato ipodermico è sottile e denso e la cute aderisce fortemente alla cartilagine; nella faccia mediale lo strato ipodermico è più lasso e consente un parziale svincolo della cute dagli strati profondi. A livello del lobulo abbonda il tessuto adiposo dello strato ipodermico. La cute è ricca di ghiandole sebacee, che sono presenti soprattutto a livello della conca e della fossetta triangolare, mentre le ghiandole sudoripare sono poco presenti. Nell'adulto si formano lunghi e spessi peli a livello del trago, che sono detti *tragi*.

VASCOLARIZZAZIONE e INNERVAZIONE

Arterie: arteria auricolare posteriore e temporale superficiale (rami della carotide esterna).

Vene: confluiscono nella vena temporale superficiale e nelle vene auricolari posteriori, tributarie della giugulare esterna.

Linfatici: sono tributari dei linfonodi parotidei e dei linfonodi mastoidei.

Innervazione motoria: i muscoli estrinseci e intrinseci sono innervati dal nervo faciale.

Innervazione sensitiva: nervo auricolotemporale (ramo del mandibolare del trigemino) x innervazione trago e parte ascendente dell'elice. Nervo grande auricolare (dal plesso cervicale) x innervazione faccia mediale e porzione rimanente della faccia laterale. Nervi vago, glossofaringeo e facciale x pelle della conca.

MEATO ACUSTICO ESTERNO

Il meato acustico esterno è un condotto che si estende dalla conca del padiglione alla membrana del timpano. È composto da uno scheletro fibrocartilagineo nel suo terzo laterale, e da uno scheletro osseo nei suoi 2/3 mediali. È lungo circa 25 mm e presenta un decorso a S; è diretto da dietro in avanti e medialmente. Dato che la membrana del timpano è obliqua in basso e medialmente, la parete inferiore del condotto è più lunga di quella superiore di circa 5 mm. Il meato acustico è in rapporto anteriormente con l'ATM, posteriormente con le celle mastoidee, superiormente con la fossa cranica media, dalla quale è separato mediante la squama del temporale, e inferiormente con la ghiandola parotide. La porzione cartilaginea dello scheletro è in continuità con la cartilagine del padiglione auricolare; presenta delle fessure, dette incisive di Santorini, che contribuiscono alla motilità del condotto. La porzione cartilaginea è a forma di doccia e viene chiusa superiormente da una lamina di connettivo fibroso. Lo scheletro osseo è formato in basso e lateralmente dall'osso timpanico e in alto dalla squama dell'osso temporale, che completa il condotto. Il condotto del meato acustico esterno è rivestito da cute, che è più spessa nella parte cartilaginea e si assottiglia nella porzione ossea, per continuare con la faccia esterna della membrana timpanica. La cute è dotata di peli, ghiandole sebacee e ghiandole ceruminose, ovvero ghiandole sudoripare apocrine che producono una sostanza di colore giallastro che, mescolandosi al sebo e alle cellule epiteliali desquamate, dà origine al *cerume*.

VASCOLARIZZAZIONE e INNERVAZIONE

Arterie:

Parte fibrocartilaginea → arterie auricolare posteriore, temporale superficiale e parotidiche (rami carotide esterna).

Parte ossea → arterie timpanica anteriore e auricolare profonda (rami arteria mascellare, ramo della carotide esterna).

Vene: confluiscono nella vena temporale superficiale, nel plesso venoso periarticolare dell'ATM e nelle vene auricolari posteriori.

Innervazione sensitiva: nervo auricolotemporale (ramo del mandibolare del trigemino) x cute vicina a padiglione. Nervo grande auricolare (dal plesso cervicale) x cute posteriore. Nervo auricolare del vago x cute della porzione ossea.

ORECCHIO MEDIO

CAVO DEL TIMPANO

Il cavo del timpano è una cavità ossea contenuta nella rocca petrosa del temporale che contiene la catena degli ossicini. La *parete laterale* è costituita in parte dalla membrana del timpano e in parte da una cornice ossea che circonda la membrana stessa. Questa cornice è molto stretta inferiormente e più ampia superiormente, dove prende il nome di *muro della loggetta* e forma la parete laterale del recesso epitimpanico. La *parete mediale* presenta al centro un rilievo detto *promontorio*, il quale è determinato dalla presenza della chiocciola; la superficie di questo promontorio è solcata dal nervo timpanico, ramo del glossofaringeo. Sotto al promontorio si trova la finestra *rotonda*, che mette in comunicazione l'orecchio medio con la chiocciola e che è chiusa dalla membrana secondaria del timpano. Al di sopra della finestra rotonda è presente la finestra *ovale*, a cui si fissa la base della staffa mediante il legamento anulare; la finestra ovale mette in comunicazione l'orecchio medio con il vestibolo. Più posteriormente è presente il seno del timpano, una depressione in rapporto con il canale semicircolare posteriore. Il **nervo faciale**, assieme all'arteria stilomastoidea, attraversa il canale di Falloppio, contenuto all'interno della rocca petrosa, e fuoriesce dal foro stilomastoideo. Il canale di Falloppio è suddivisibile in tre porzioni: porzione labirintica, porzione timpanica e porzione mastoidea. Sopra alla finestra ovale è presente una sporgenza, data dal secondo tratto del canale del nervo faciale; questa sporgenza continua in basso, tra la faccia mediale e quella posteriore del cavo del timpano, costituendo il terzo tratto del canale di Falloppio. Sempre a livello della faccia mediale, dalla sporgenza del canale di Falloppio si diparte un rilievo osseo, detto *eminenza piramidale*, il quale contiene il **muscolo stapedio**. Sopra alla finestra ovale è presente, invece, l'orifizio del canale del muscolo tensore del timpano. Al di sopra della sporgenza e della fossa ovale è presente la porzione della faccia mediale che delimita medialmente il recesso epitimpanico; questa porzione presenta la *prominenza del canale semicircolare laterale*. La *parete anteriore* è costituita da una sottile lamina ossea che separa il cavo del timpano dal canale carotico. Qui sono presenti l'ostio timpanico della tuba uditiva e il canale del muscolo tensore del timpano. La *parete posteriore* presenta in alto l'**aditus ad antrum**, un orifizio che immette nell'antro timpanico. Più in basso è presente il foro della *corda del timpano*, attraverso il quale la corda del timpano, ramo del nervo faciale, penetra nel cavo del timpano (questo orifizio si trova sulla parete della terza porzione del canale di Falloppio). La *parete superiore* è costituita dal **tegmen tympani**, una lamina ossea che separa il cavo del timpano dalla fossa cranica media. La *parete inferiore* presenta l'orifizio di sbocco del canale timpanico, attraversato dal nervo timpanico e dall'arteria

timpanica inferiore; la parete inferiore è in rapporto con la fossa giugulare, in cui è accolto il bulbo della vena giugulare interna.

Il cavo del timpano è rivestito da una mucosa che continua con quella che tappezza la tuba uditiva. È costituita da un *epitelio pavimentoso semplice* e da una lamina propria sottile connessa al periostio. Possono essere presenti zone di epitelio cilindrico dotato di ciglia.

VASCOLARIZZAZIONE e INNERVAZIONE

Arterie:

1. Arteria caroticotimpanica: nasce dal tratto intrapetroso della carotide interna e penetra nel cavo del timpano attraverso la parete anteriore.
2. Arteria timpanica inferiore: ramo della faringea ascendente (ramo della carotide esterna) percorre il canale timpanico e raggiunge il pavimento del cavo.
3. Arteria stilomastoidea: ramo dell'arteria auricolare posteriore (ramo della carotide esterna) che penetra nel canale di Falloppio attraverso il foro stilomastoideo.
4. Arteria timpanica superiore: ramo della meningea media (ramo della mascellare) che percorre a ritroso il canale del nervo piccolo petroso.
5. Ramo petroso superficiale: ramo della meningea media, raggiunge il canale di Falloppio e vi penetra, andandosi ad anastomizzare con la stilomastoidea.
6. Arteria timpanica anteriore: ramo della mascellare.

Vene: confluiscono nelle vene meningee medie, nel bulbo della giugulare interna, nel seno petroso superiore...

Linfatici: tributari dei linfonodi parotidei, retrofaringei e mastoidei.

Innervazione sensitiva: nervo timpanico (ramo del glossofaringeo) + nervi caroticotimpanici del plesso carotideo.

MEMBRANA DEL TIMPANO

La membrana del timpano separa il fondo del meato acustico esterno dal cavo del timpano. È di forma ellittica ed è inclinata in basso medialmente; presenta una faccia laterale concava e una faccia mediale convessa e il punto più infossato della membrana viene detto *ombelico*. La membrana è circondata da un anello fibrocartilagineo, detto *orletto anulare*, mediante il quale si fissa in basso e lateralmente al solco timpanico dell'osso timpanico stesso. In alto, l'orletto anulare continua formando i legamenti timpanomalleolari anteriore e posteriore, che raggiungono la base del processo laterale del martello. La faccia laterale della membrana è rivolta verso il meato acustico esterno e presenta una stria chiara, detta *stria malleolare*, determinata dalla presenza del manico del martello che traspare. La faccia mediale guarda verso il cavo del timpano; qui poggia il manico del martello, che termina a livello dell'ombelico; La corda del timpano è in rapporto con la faccia mediale: questa segue il decorso del legamento timpanomalleolare posteriore, incrocia medialmente il martello e prosegue seguendo il legamento timpanomalleolare anteriore. La faccia laterale è rivestita da un sottile strato cutaneo, mentre la faccia mediale è rivestita dalla mucosa che tappezza anche il cavo del timpano. La membrana del timpano può essere suddivisa in *pars tensa* e *pars flaccida*, che sono separate dai legamenti timpanomalleolari.

1. *Pars tensa*: è la porzione più estesa e più mobile, a cui è applicato il manico del martello. Nella sua porzione anteroinferiore è presente il triangolo luminoso. La *pars tensa* è costituita da uno strato cutaneo esterno, da uno strato fibroso intermedio e da uno strato mucoso interno. Lo *strato cutaneo* è costituito da cute molto sottile che continua con quella che riveste il meato acustico esterno. Lo *strato fibroso* è formato da vari tipi di fibre: fibre radiate, che si dirigono dall'orletto all'ombelico, fibre circolari concentriche, fibre paraboliche, che si dirigono dall'ombelico all'orletto con decorso curvilineo, e fibre semilunari (U), che si inseriscono con entrambe le estremità all'orletto e volgono con la loro convessità verso l'ombelico. Lo *strato mucoso* è costituito dallo stesso epitelio pavimentoso semplice e dalla stessa lamina propria che rivestono il restante cavo del timpano. La *pars tensa* è in grado di vibrare in seguito a stimolazioni sonore.

2. *Pars flaccida*: è la porzione più superiore della membrana ed è compresa tra i due legamenti e la parete superiore del meato acustico esterno (squama del temporale). È un'area di forma triangolare poco resistente che si mette in rapporto con il processo laterale del martello. La *pars flaccida* è costituita semplicemente da connettivo lasso.

VASCOLARIZZAZIONE e INNERVAZIONE

Arterie:

Superficie cutanea: arteria timpanica anteriore e auricolare profonda (stesse arterie che irrorano la parte ossea del meato acustico esterno).

Superficie mucosa; arteria timpanica anteriore e stilomastoidea.

Vene: tributarie della giugulare esterna e della giugulare interna.

Linfatici: tributari dei linfonodi auricolari e parotidei.

Innervazione cutanea: nervo auricolotemporale e auricolare (ramo del vago).

Innervazione mucosa: nervo timpanico (ramo del glossofaringeo).

CATENA DEGLI OSSICINI

La catena degli ossicini è contenuta all'interno del cavo del timpano ed è costituita da martello, l'ossicino più laterale, incudine e staffa, l'ossicino più mediale.

1. **Martello**: è il più laterale degli ossicini ed è composto da una testa, da un collo e da un manico. La testa ha una forma ovoidale e nella sua parte posteriore possiede la faccia articolare per l'incudine. Il collo collega la testa al manico ed è in rapporto lateralmente con la pars flaccida della membrana timpanica e medialmente con la roda del timpano. Il manico del martello è contenuto nello spessore della membrana timpanica e presenta un processo breve laterale, rivolto in fuori verso la pars flaccida, che dà inserzione ai legamenti timpanomalleolari, e un processo lungo anteriore, che si dirige in avanti.

2. **Incudine**: è l'ossicino intermedio che presenta un corpo da cui si dipartono due processi. Il corpo è accolto all'interno del recesso epitimpanico e presenta la faccia articolare per la testa del martello. Il processo breve superiore si dirige verso la parete posteriore del cavo del timpano e si fissa alla fossa dell'incudine, mentre il processo lungo inferiore si porta in basso e medialmente dove termina con il processo lenticolare.

3. **Staffa**: è l'ossicino più mediale ed è costituita da una testa, due archi e una base. La testa si articola con il processo lenticolare dell'incudine e dà inserzione al muscolo stapedio. Gli archi anteriore e posteriore terminano sulla base, di forma ellittica, che è ancorata alla finestra ovale mediante il legamento anulare. La base della staffa presenta quindi una faccia laterale, coperta da mucosa timpanica, e una faccia mediale rivolta verso il vestibolo.

La catena degli ossicini è mantenuta in posizione grazie al legamento anulare della staffa, grazie alla connessione del martello con la membrana timpanica e grazie a altri numerosi legamenti:

- Legamento superiore del martello: vincola la testa del martello al tetto del recesso epitimpanico.
- Legamento laterale del martello: che va dal collo all'osso timpanico.
- Legamento anteriore del martello: che va dal processo anteriore alla spina angolare dello sfenoide.
- Legamento superiore dell'incudine: vincola l'incudine al tetto del recesso epitimpanico.
- Legamento posteriore dell'incudine: dal processo superiore alla fossa dell'incudine.

Gli ossicini sono connessi tra loro mediante diartrosi: tra martello e incudine si ha un'articolazione *a sella*, mentre tra incudine e staffa si ha un'*enartrosi*.

La catena degli ossicini è rivestita dalla mucosa che tappezza le pareti del cavo del timpano. Questa mucosa forma quindi delle pieghe, simili a dei piccoli mesi, che sepimentano la cavità e delimitano varie tasche, come la *tasca di Prussak*, compresa tra la pars flaccida della membrana timpanica e il collo del martello.

I **muscoli** della catena degli ossicini sono:

a) **Muscolo tensore del timpano**: questo è accolto in un canale osseo situato nella parte anteriore della parete mediale, al di sopra della tuba uditiva. Questo canale termina nel cavo del timpano e il suo orifizio è localizzato al di sopra della finestra ovale. Il tendine del muscolo oltrepassa questo orifizio e si inserisce sul manico del martello. Con la sua contrazione sposta medialmente il martello, aumenta la tensione della membrana timpanica e promuove uno spostamento mediale anche di incudine e staffa. È innervato dal nervo mandibolare.

b) **Muscolo stapedio**: questo è contenuto nell'eminanza piramidale, che è un rilievo osseo in stretto rapporto con il canale del faciale, situato nella parte posteriore della parete mediale del cavo del timpano. Il tendine di questo muscolo si fissa alla testa della staffa e, contraendosi, provoca complessivamente una diminuzione della tensione della membrana del timpano. È innervato dal nervo faciale.

I due muscoli si contraggono contemporaneamente in caso di stimolazioni sonore molto intense, irrigidendo la catena degli ossicini e smorzando la trasmissione delle vibrazioni all'orecchio interno. Quando prevale la contrazione del muscolo tensore del timpano, aumenta la tensione della membrana e viene facilitata la trasmissione di suoni acuti, mentre quando prevale la contrazione dello stapedio, viene favorita la trasmissione dei suoni gravi.

In sostanza gli ossicini servono per trasmettere i suoni dall'orecchio esterno a quello interno; la membrana del timpano, quando riceve una stimolazione sonora, incomincia a vibrare e trasmette il suo movimento al martello, che lo trasmette all'incudine, che lo trasmette alla staffa. La base della staffa si muove e i suoi spostamenti sono trasmessi alla perilinfà contenuta nel vestibolo.

APPARATO MASTOIDEO

Il processo mastoideo del temporale è costituito da una massa di tessuto osseo spugnoso rivestita da uno strato di tessuto osseo compatto. All'interno dell'osso spugnoso sono presenti numerose cavità, dette **cellule mastoidee**, che comunicano tra di loro e con il cavo del timpano. La più grande di queste cellule viene detta

antro timpanico e comunica con il recesso epitimpanico mediante l'aditus ad antrum. Le cellule mastoidee si spingono anche intorno alle varie parti del labirinto osseo (cellule perilabirintiche anteriori e cellule perilabirintiche posteriori). Sono rivestite da mucosa identica a quella che riveste il cavo del timpano.

Arterie: arteria meningea media, arteria uditiva interna e arteria stilomastoidea.

Vene: sono affluenti del seno petroso superiore e del seno trasverso.

TUBA UEDITIVA

La tuba uditiva è un condotto lungo circa 40 mm, diretto in basso in avanti e medialmente, che mette in comunicazione la cavità timpanica con la rinofaringe. La tuba ha il compito di drenare nella faringe le secrezioni del cavo del timpano e di permettere la penetrazione nel cavo del timpano e nelle cellule mastoidee; l'aria che penetra nel cavo del timpano equilibra, sulla faccia mediale della membrana timpanica, la pressione che l'aria contenuta nel meato acustico esterno esercita sulla faccia laterale. Un'alterazione della tuba provoca squilibrio tra i due valori pressori e compromette il buon funzionamento della membrana timpanica e del sistema di trasmissione delle onde sonore. La tuba uditiva è costituita da una porzione ossea, scavata all'interno dell'osso temporale, e da una parte cartilaginea, che continuano l'una nell'altra mediante un istmo. La parte ossea inizia con un foro, l'ostio timpanico della tuba uditiva, che si trova a livello della parete anteriore del cavo del timpano. Il condotto della tuba decorre sotto e parallelamente al canale del muscolo tensore del timpano. La parte fibrocartilaginea è costituita da uno scheletro cartilagineo a forma di doccia che è aperto in basso, dove è completato da una lamina di tessuto fibroso. La parete mediale è completamente costituita da cartilagine, mentre nella parete laterale, in fondo, la cartilagine è sostituita da tessuto fibroso. Sul margine inferiore della cartilagine laterale si inserisce il **muscolo tensore del velo del palato**, mentre sulla cartilagine della faccia mediale si inserisce il **muscolo elevatore del velo del palato**. Ciò spiega perché i movimenti del palato molle possono influenzare la pervietà del condotto tubarico. Il lume della parte ossea della tuba è sempre pervio, ma il lume della parte cartilaginea è virtuale. La tuba si apre nella rinofaringe mediante un orifizio triangolare delimitato da un labbro posteriore (torus tubarius), che continua in basso con la piega salpingofaringea, e da un labbro anteriore, che continua in basso con la piega saalpingopalatina.

La tuba uditiva è rivestita da una tonaca mucosa simile a quella che tappezza la rinofaringe; questa è formata da un epitelio cilindrico semplice ciliato, che si fa composto a livello dell'orifizio faringeo, e da una lamina propria contenente ghiandole tubuloacinose a secrezione mista e follicoli linfatici, che si addensano a livello della tonsilla faringea.

VASCOLARIZZAZIONE e INNERVAZIONE

Arterie: arteria faringea ascendente e arteria meningea media.

Vene: sfociano nella giugulare interna.

Linfatici: tributari dei linfonodi della catena giugulare e dei parotidei.

Innervazione: nervo timpanico del glossofaringeo, plesso faringeo e nervo faringeo.

ORECCHIO INTERNO

L'orecchio interno è costituito dal *labirinto osseo*, un complesso di cavità scavate nell'osso temporale, e dal *labirinto membranoso*, costituito da condotti membranosi delimitati da pareti connettivali e contenuto all'interno del labirinto osseo. Tra il labirinto osseo e quello membranoso è presente lo spazio perilinfatico, all'interno del quale è contenuta la *perilinfia*.

LABIRINTO OSSEO

Il labirinto osseo è composto da una parte posteriore, o vestibolare, e da una parte anteriore, o acustica. La parte posteriore comprende il vestibolo, l'acquedotto del vestibolo e i canali semicircolari; la parte anteriore invece comprende la coclea ossea e l'acquedotto della chiocciola. Il labirinto osseo si trova tra il meato acustico interno e l'orecchio medio.

1. Vestibolo

Il vestibolo è una piccola cavità di forma ovoidale e costituisce la parte centrale del labirinto osseo; è in comunicazione con il cavo del timpano mediante la fossa ovale e riceve lo sbocco dei canali semicircolari ossei, della chiocciola ossea e dell'acquedotto del vestibolo. La *parete laterale* è rivolta verso il cavo del timpano e presenta la finestra ovale, chiusa dalla base della staffa e dal legamento anulare. La *parete mediale* corrisponde al fondo del meato acustico interno; internamente presenta un rilievo osseo detto **cresta del vestibolo**, la cui estremità inferoposteriore si biforca in due rami, che delimitano il *recesso cocleare*, il quale presenta numerosi orifizi per il passaggio delle fibre del nervo vestibolococleare. La cresta del vestibolo, inoltre, separa il *recesso ellittico* (posterosuperiore), che accoglie l'utricolo, dal *recesso sferico* (anteroinferiore), che accoglie il sacculo. A livello della parete mediale sono presenti la macula ribrosa utricolare e la macula cribrosa sacculare, che sono piccole aree perforate per il passaggio delle fibre dei nervi

che provengono dagli organi del vestibolo. Sempre a livello della parete mediale è presente l'orifizio interno dell'**acquedotto del vestibolo**, uno stretto canale che mette in comunicazione la cavità del vestibolo con la cavità cranica e che sbocca a livello della faccia posteromediale della piramide del temporale. La *parete anteriore* presenta l'orifizio vestibolare della chiocciola. La *parete posteriore* presenta l'orifizio del canale circolare posteriore. La *parete superiore* presenta 4 orifizi, due laterali e due mediali:

- Orifizi laterali: orifizio del braccio semplice del canale semicircolare laterale e orifizio ampollare del canale semicircolare laterale.

- Orifizi mediali: orifizio ampollare del canale semicircolare superiore e orifizio del braccio comune dei canali superiore e posteriore.

La *parete inferiore* (pavimento) è costituita da due lamine ossee, una lamina mediale (o lamina spirale ossea propriamente detta) e una lamina laterale (o lamina spirale secondaria). Tra le due lamine è presente una fessura, detta *fessura vestibolotimpanica*, che conduce nella *cavità sottovestibolare*; questa cavità continua in avanti con la scala timpanica della chiocciola. Posteriormente la cavità sottovestibolare comunica con l'orecchio medio attraverso la finestra rotonda, chiusa dalla membrana timpanica secondaria.

2. Canali semicircolari (ossei)

I canali semicircolari (superiore, laterale e posteriore) sono situati posteriormente e in alto rispetto al vestibolo; questi canali hanno un diametro di 0,8 mm, ma ad una delle loro 2 estremità presentano una dilatazione, che viene detta *ampolla*. Per questo le due estremità dei canali prendono il nome di *braccio ampollare* e *braccio semplice*. I canali semicircolari sono orientati nei tre piani dello spazio e sono perpendicolari tra di loro; il canale laterale giace su un piano approssimativamente orizzontale (in realtà giace sulla linea che unisce il meato acustico esterno all'angolo dell'occhio); i canali posteriore e superiore, invece, sono orientati verticalmente. È importante ricordare che i canali laterali dei due lati giacciono sullo stesso piano e dunque sono complanari, mentre il canale superiore di un lato si trova sullo stesso piano del canale posteriore controlaterale. Il canale semicircolare superiore è concavo in alto e determina una sporgenza sulla superficie superiore della piramide del temporale, detta *eminenza arcuata*. Il suo braccio semplice si unisce a quello del canale posteriore per formare il *braccio comune* che sbocca a livello della parte superomediale del vestibolo. Il canale posteriore ha una convessità rivolta lateralmente e indietro. Il canale laterale è posto nell'angolo formato dagli altri due canali e la sua convessità è rivolta lateralmente.

3. Chiocciola (ossea)

La chiocciola, o coclea, è costituita da un canale osseo, detto canale spiarle, che si avvolge attorno ad un nucleo osseo detto *modiolo*. Il modiolo è a forma di tronco di cono, la cui base è diretta verso il fondo del meato acustico interno; attorno ad esso si avvolge il canale spirale che compie 2 giri e $\frac{3}{4}$: un giro basale, un giro medio e un giro apicale incompleto. Questo canale è percorso dalla **lamina spirale ossea**, che sale con decorso spirale fino all'apice del modiolo, terminando con un rilievo detto *hamulus* o *rostro*. La lamina spirale suddivide il canale in una scala anteriore, o vestibolare, e in una scala posteriore, o timpanica. La scala vestibolare comunica con la parte anteriore del vestibolo, mentre la scala timpanica si apre nella cavità sottovestibolare e si apre nel cavo timpanico mediante la finestra rotonda. Lungo il margine della lamina spirale ossea che aderisce al modiolo è scavato un canale (che assume anch'esso decorso a spirale) che contiene il **ganglio spirale di Corti**, che è il ganglio del nervo cocleare. All'interno del modiolo sono presenti numerosi canali all'interno dei quali decorrono i ramuscoli del nervo cocleare, i quali penetrano a livello della base del modiolo, che è forata da numerosi orifizi; questi orifizi costituiscono il *tractus spiralis foraminosus*. I ramuscoli raggiungono il ganglio spirale; dal margine libero della lamina spirale, inoltre, fuoriescono dei rami attraverso i *foramina nervina*. Tra il margine libero della lamina spirale e la superficie interna del canale osseo è tesa la *membrana basilare*, che completa la separazione tra scala vestibolare e scala timpanica. Ma all'estremità apicale del condotto è presente un foro, detto *elicotrema*, che mette in comunicazione le due scale. La lamina spirale, procedendo dal giro basale a quello apicale, si restringe, mentre la membrana basilaris amplia. Lo spazio perilinfatico della chiocciola, inoltre, è in comunicazione con lo spazio subaracnoideo della fossa cerebellare media mediante il cosiddetto **acquedotto della chiocciola**; questo origina dalla fossetta piramidale della faccia inferiore della rocca petrosa e si porta in avanti e lateralmente, per raggiungere la scala timpanica della chiocciola. L'interposizione della fossetta piramidale permette il deflusso della perilinfa ma ostacola la diffusione dei liquidi dagli spazi meningei verso l'orecchio.

4. Meato acustico interno

Il meato acustico interno è un canale osseo che è scavato all'interno della rocca petrosa e che mette in comunicazione l'orecchio interno con la cavità cranica; forma un angolo di 45° con l'asse della piramide del temporale. Contiene il nervo faciale, il nervo vestibolococleare e l'arteria del labirinto (ramo della basilare). La sua parete laterale presenta numerosi fori, che corrispondono alle macule cribrose della parete mediale del

vestibolo; la parete laterale è attraversata da una cresta che la suddivide in una porzione superiore e una porzione inferiore. La porzione superiore presenta anteriormente l'orifizio del canale faciale, e posteriormente la fossetta vestibolare superiore, che dà passaggio al ramo superiore del nervo vestibolare. La porzione inferiore presenta una fossetta anteriore, detta fossetta cocleare, che corrisponde alla base del modiolio e presenta i fori (*tractus spiralis foraminosus*) per il passaggio del nervo cocleare, e una fossetta posteriore, detta fossetta vestibolare inferiore, che dà passaggio al ramo inferiore del nervo vestibolare.

LABIRINTO MEMBRANOSO

Il labirinto membranoso è costituito da un insieme di organi cavi ripieni di liquido (*endolinfa*) e fra loro comunicanti, delimitati da una parete membranosa. È contenuto all'interno delle cavità ossee dell'orecchio interno. Dal punto di vista funzionale il labirinto membranoso può essere suddiviso in un *labirinto posteriore* (che comprende canali semicircolari, utricolo, sacculo e condotto endolinfatico), responsabile della percezione propriocettiva statocinetica, e in un *labirinto anteriore* (che comprende il condotto cocleare), che presiede alla ricezione e alla trasmissione degli stimoli acustici. Lo spazio compreso tra il labirinto osseo e il labirinto membranoso è detto spazio perilinfatico ed è occupato dalla *perilinfia*.

1. Canali semicircolari (membranosi)

I canali semicircolari membranosi sono contenuti all'interno dei canali ossei. Ciascun canale presenta un'estremità dilatata, detta *ampollare*, e un'estremità *semplice* o *non ampollare*; entrambe le estremità si aprono nell'utricolo, il quale presenta 5 orifizi, e non 6, perché l'estremità semplice dei canali superiore e posteriore si fondono prima di raggiungere l'utricolo. All'interno dell'ampolla è presente una piccola piega perpendicolare all'asse del canale, detta *cresta ampollare*, in cui si trovano le terminazioni del nervo cocleare. La parete dei canali semicircolari è costituita da una tonaca connettivale esterna e da uno strato epiteliale esterno: questa struttura è comune a tutte le componenti del labirinto membranoso. L'epitelio è pavimentoso semplice e, a livello della cresta ampollare dell'ampolla, si rileva e assume le caratteristiche di un epitelio recettoriale per la raccolta di stimolazioni cinetiche. Qui l'epitelio appare formato da cellule di sostegno intercalate a cellule recettrici. Le cellule recettrici sono dette anche *cellule cigliate* e si distinguono in cellule di tipo 1 (a forma di ampolla) e cellule di tipo 2 (cilindriche); entrambe sono dotate di un *pelo acustico* costituito da varie stereociglia e da un singolo chinociglio. I peli sporgono nella *cupola ampollare*, una formazione gelatinosa che occupa il lume dell'ampolla e che interrompe il lume dei canali semicircolari.

2. Vestibolo (membranoso)

All'interno del vestibolo osseo sono presenti due vescicole, l'*utricolo* e il *sacculo*.

L'**utricolo** è la più voluminosa delle due vescicole, ha una forma allungata e si trova nella porzione superoposteriore del vestibolo, accolta nel recesso ellittico. L'utricolo riceve posteriormente lo sbocco dei vari canali semicircolari. La parete laterale dell'utricolo è in rapporto con la finestra ovale e con la base della staffa. Dalla porzione anteromediale dell'utricolo origina il condotto utricolosacculare, che ha decorso a V; dalla parte centrale di questo condotto origina il **condotto endolinfatico**. A livello della parete mediale dell'organo è presente la *macula dell'utricolo*, in cui le cellule epiteliali si differenziano in elementi recettoriali.

Il **sacculo** è situato anteroinferiormente all'utricolo ed è accolto nel recesso sferico del vestibolo. Presenta medialmente l'orifizio del condotto endolinfatico, e dalla sua porzione inferiore si diparte il *condotto reuniente*, che mette in comunicazione il sacculo con il condotto cocleare. Sulla parete mediale presenta la *macula del sacculo*, a livello della quale sono presenti elementi recettoriali.

Entrambe le vescicole sono costituite da una tonaca connettivale esterna e da un epitelio interno. Questo epitelio assume particolari caratteristiche a livello delle macule, dove si differenzia in cellule di sostegno e cellule cigliate. Le macule sono ricoperte da una lamina gelatinosa, la **membrana otolitica**, nel cui spessore sono accolti i peluzzi delle cellule cigliate. All'interno della membrana otolitica sono presenti gli *otoconi*, dei granuli di carbonato di calcio di diametro compreso tra 0,5 e 10 micron.

[**Cellule cigliate:** le cellule cigliate sono suddivisibili in:

- Cellule di tipo 1: sono cellule a forma di ampolla, con una base ampia contenente il nucleo e un collo piuttosto ristretto. Dalla loro porzione apicale emergono numerose stereociglia e un singolo chinociglio, costituito da una coppia di microtubuli centrali circondati da 9 coppie di microtubuli periferici. Il chinociglio è più lungo delle stereociglia, le quali mostrano lunghezza decrescente via via che si allontanano dal chinociglio. Le stereociglia sono unite da materiale filamentoso che, in corrispondenza dell'apice, forma i cosiddetti *tip-links*. Le cellule di tipo 1 sono circondate dalle espansioni a forma di calice delle terminazioni afferenti. La superficie esterna di queste espansioni, inoltre, è raggiunta da fibre efferenti.

- Cellule di tipo 2: sono cellule cilindriche che presentano stereociglia e chinociglio più corti rispetto alle cellule di tipo 1. Inoltre, le cellule afferenti che raggiungono queste cellule non formano un'espansione caliciforme, ma si mettono semplicemente in contatto con il polo basale. Queste cellule, dunque, sono

raggiunte direttamente sia da terminazioni afferenti che da terminazioni efferenti, che invece di poggiare sulla superficie esterna dell'espansione caliciforme, poggiano direttamente sul polo basale delle cellule cigliate.

Le cellule cigliate sono disposte in maniera non casuale all'interno delle macule e delle ampolle. Nelle macule, in posizione centrale, è presente un rilievo detto *striola*, che separa due gruppi di cellule cigliate, che presentano orientamento opposto del chinociglio; nella macula dell'utricolo le cellule cigliate rivolgono il chinociglio verso la striola, mentre nella macula del sacculo il chinociglio è orientato in direzione opposta rispetto alla striola. Nelle creste ampollari i chinocigli del canale laterale giacciono su un piano orizzontale, mentre quelli dei canali superiore e posteriore giacciono su un piano verticale. Questo preciso orientamento permette una corretta risposta agli stimoli.]

3. **Condotto endolinfatico**

È un condotto che decorre all'interno dell'acquedotto vestibolare e che termina a livello della faccia posteriore della piramide, formando un piccolo rigonfiamento al di sotto della dura madre, costituito dal *sacco endolinfatico*. A livello del sacco endolinfatico, l'endolinfa viene riassorbita e convogliata in canali che originano dal sacco endolinfatico e penetrano nella dura madre. Se il sacco viene danneggiato si determina un accumulo dell'endolinfa → idrope. Il condotto endolinfatico origina dall'unione di due canali, uno che origina dalla faccia mediale dell'utricolo e uno che origina dalla faccia mediale del sacculo; il ramo utricolare presenta nella sua parte iniziale una valvola (detta *valvola utricoloendolinfatica*) che ha la funzione di escludere i recettori utricolari dall'effetto delle vibrazioni endolinfatiche di provenienza cocleare, che potrebbero risalire nel dotto dopo aver attraversato il sacculo.

4. **Condotto cocleare**

Il condotto cocleare è un canale che fa parte del labirinto membranoso ed è contenuto all'interno della scala vestibolare della chiocciola. Origina a livello del pavimento del vestibolo, riceve lo sbocco del canale reuniente, proveniente dalla porzione inferiore del sacculo e si porta in avanti nella scala vestibolare. Nel canale spirale della coclea, il condotto occupa una posizione eccentrica e contribuisce a separare la scala timpanica da quella vestibolare. In sezione trasversale, il condotto appare di forma triangolare e presenta una parete esterna, una parete vestibolare e una parete timpanica. La parete timpanica è formata dalla membrana basilare, che separa la cavità della scala timpanica dal condotto cocleare; la parete vestibolare è costituita dalla *membrana vestibolare (di Reissner)*, che separa lo spazio perilinfatico della scala vestibolare dal condotto cocleare. A livello della parete esterna, il periostio appare notevolmente ispessito e prende il nome di *legamento spirale*; alle due estremità, il legamento si solleva in una cresta di inserzione per la membrana basilare e in una cresta di inserzione per la membrana vestibolare. Tra le due creste il legamento presenta una sporgenza, detta *prominenza spirale*; tra la prominenza e la membrana basilare è presente un solco, il *solco spirale esterno*; tra la prominenza e la membrana vestibolare, invece, è presente una zona riccamente vascolarizzata, detta **stria vascolare**. Anche a livello della porzione di lamina ossea che sporge nel condotto cocleare il periostio risulta ispessito e forma il *lembo spirale*; questo, in superficie, presenta i cosiddetti *denti acustici*, e lateralmente ad essi è scavato nel solco *spirale interno*. Il labbro superiore di questo solco (vedi pag 417-418) continua con una lamina detta *membrana tectoria*, mentre il labbro inferiore continua con la membrana basilare; tra lembo spirale e membrana basilare è presente l'*habenula perforata*, un'area ricca di fori (*foramina nervina*) che danno passaggio ai rami efferenti del ganglio spirale.

Parete esterna: qui è presente il legamento spirale; la porzione del solco spirale esterno è rivestita da un epitelio prismatico semplice, mentre la porzione della stria vascolare è rivestita da un epitelio stratificato in cui le cellule più superficiali sono di forma cilindrica. La stria vascolare è una regione riccamente irrorata da rami dell'arteria cocleare, che dal modiolo si portano a circondare la scala vestibolare e raggiungono il legamento spirale; questi rami proseguono nella rete venosa della sala timpanica.

Parete vestibolare: è formata dalla membrana vestibolare di Reissner, costituita da una lamina connettivale tappezzata da un epitelio pavimentoso semplice. Separa il condotto cocleare dalla perilinfa della scala vestibolare.

Parete timpanica: è costituita da lembo spirale e dalla membrana basilare. Il lembo spirale è rivestito da uno strato di cellule epiteliali alte, che diventano cubiche a livello del solco spirale interno. La membrana basilare è costituita da 3 strati: uno *strato limitante*, simile ad una membrana basale, uno *strato intermedio*, costituito da fibre connettivali a decorso radiale, dette **corde acustiche**, che sono in grado di vibrare in seguito a stimoli sonori, e uno *strato timpanico*, fatto da connettivo lasso. Questi strati compongono la *zona tecta* della membrana basilare, che è ricoperta dall'epitelio di rivestimento del canale cocleare. A questo livello, l'epitelio si differenzia formando l'**organo spirale di Corti**.

Organo spirale di Corti: questo è rappresentato da cellule differenziate dell'epitelio di rivestimento del canale cocleare, che poggiano sulla *zona tecta* della membrana basilare. L'organo di Corti è costituito da cellule di

sostegno e da cellule acustiche, che sono disposte in modo da formare un rilievo sul pavimento del condotto cocleare. Questo rilievo è attraversato da un canale a sezione triangolare, detto **galleria spirale di Corti**.

- *Cellule di sostegno:*

1. *Pilastrini di Corti*

I pilastrini sono cellule alte e rigide, impiantate sulla zona certa della membrana basilare; sono disposte su due file, una fila interna, vicina ai foramina nervina, e una fila esterna. Ciascun pilastrino presenta un piede, che poggia sulla membrana basilare, un corpo di forma allungata e una testa. Il piede accoglie il nucleo, mentre la restante porzione della cellula è occupata da materiale filamentoso (simile a tonofibrille). I pilastrini interni sono più numerosi rispetto a quelli esterni (4:3); i pilastrini esterni e quelli interni giungono in contatto solo a livello delle loro estremità apicali e formano l'*arcata di Corti*. I due pilastrini delimitano uno spazio, detto *galleria spirale di Corti*, avente sezione triangolare, con apice rivolto verso la cavità del condotto cocleare e la base rivolta verso la membrana basilare.

2. *Cellule di Deiters*

Si trovano esternamente ai pilastrini esterni e sono disposte in 3-4 file. Possiedono un corpo incavato, che accoglie una cellula acustica, da cui si diparte il collo, che termina in alto con un'espansione appiattita detta *falange*. Le varie falangi si mettono in contatto tra loro e formano una *membrana reticolare*. Tra le cellule di Deiters e i pilastrini esterni sono presenti delle cavità, degli spazi intercellulari, che nel complesso formano lo *spazio di Nuel*, attraversato dalle fibre nervose.

3. *Cellule di Hensen*

Sono cellule di sostegno che fanno seguito alle cellule di Deiters e che presentano altezza progressivamente decrescente procedendo verso l'esterno.

4. *Cellule di Claudius*

Sono cellule di sostegno collocate esternamente rispetto alle cellule di Hensen. Queste cellule continuano con le cellule che rivestono il solco spirale esterno e sono simili ad esse: formano un epitelio prismatico monostratificato.

- *Cellule sensoriali dell'organo di Corti (cellule acustiche)*

Le cellule acustiche sono suddivisibili in cellule acustiche interne e cellule acustiche esterne, situate rispettivamente medialmente e lateralmente rispetto alla galleria spirale di Corti. Queste cellule, nella loro superficie apicale, presentano circa 20 stereociglia disposte a V o a U. In corrispondenza della membrana basolaterale ricevono sia terminazioni afferenti dal ganglio spirale di Corti, che terminazioni efferenti dai neuroni del tronco encefalico.

Le cellule *interne* sono disposte in un'unica fila, medialmente ai pilastrini esterni. Ricevono più terminazioni afferenti e meno terminazioni efferenti rispetto alle cellule esterne.

Le cellule *esterne* sono disposte su più file, sono più numerose rispetto a quelle interne e sono localizzate lateralmente ai pilastrini esterni. Ricevono più terminazioni efferenti e meno terminazioni afferenti rispetto alle cellule interne.

In particolare, il ganglio spirale di Corti contiene due tipi di neuroni sensitivi: le **cellule gangliari di tipo 1**, che sono neuroni bipolari il cui assone raggiunge prevalentemente le cellule acustiche interne; le **cellule gangliari di tipo 2**, che sono neuroni pseudounipolari il cui assone raggiunge prevalentemente le cellule acustiche esterne.

La parte apicale delle cellule acustiche è accolta negli spazi della membrana reticolare, delimitati dalle falangi delle cellule di Deiters. Al di sopra della membrana reticolare e dei peli acustici è presente la *membrana tectoria*, una cuticola che si diparte dal lembo spirale, costituita da fibrille tenute insieme da una sostanza gelatinosa ricca di mucopolisaccaridi. Questa membrana costituisce un sistema di copertura e di isolamento dell'organo del Corti dalla restante parte del condotto cocleare. La membrana tectoria e l'organo del Corti vengono messi in movimento dalla vibrazione della membrana basilare in risposta a stimoli sonori → le ciglia si deflettono e le cellule acustiche si eccitano. All'interno degli spazi sottostanti alla membrana tectoria (spazio di Nuel, galleria spirale dei Corti, solco spirale interno) è contenuta la *cortilinfia*, una endolinfia con composizione differente da quella classica che è contenuta all'interno del labirinto membranoso. Questa endolinfia ha una composizione ionica simile a quella della perilinfia e contiene molto più sodio rispetto alla normale endolinfia. L'alto contenuto di sodio consente alle fibre del nervo cocleare di depolarizzarsi più facilmente.

Come funzionano le cellule cigliate?

Le cellule cigliate della coclea, dei canali semicircolari, del sacculo e dell'utrículo, sono trasduttori di stimoli meccanici; in particolare, le cellule della coclea rispondono a vibrazioni acustiche, mentre le cellule dei canali,

del sacculo e dell'utricolo rispondono ad accelerazioni angolari o lineari. Sono proprio le stereociglia che fungono da apparato recettore degli stimoli meccanici: queste sono elementi rigidi il cui diametro diminuisce in corrispondenza della base; le stereociglia, dunque, quando sono sollecitate meccanicamente al loro apice, si flettono a livello della base d'inserzione. Queste ciglia sono collegate tra di loro mediante tip-links, sottili fibre poste fra le estremità distali delle stereociglia e collegate alla porta dei canali ionici. La deflessione delle stereociglia può determinare l'aumento di tensione o il rilassamento di questi legami: ciò determina l'apertura o la chiusura dei canali ionici delle cellule ciliate. Ciò porta a modificazioni del potenziale di membrana (depolarizzazione o iperpolarizzazione) e alla liberazione o meno di neurotrasmettitore (in particolare, la deflessione delle stereociglia verso il chinociglio provoca depolarizzazione, mentre la deflessione in direzione opposta determina iperpolarizzazione). Il NT eccita le fibre afferenti che scaricano potenziali d'azione e conducono lo stimolo acustico o vestibolare. Nel caso degli organi otolitici, lo spostamento delle ciglia è dato dal movimento della massa degli otoliti in risposta ad accelerazioni lineari. Nel caso delle creste ampollari, che rispondono ad accelerazioni rotazionali, la deflessione delle stereociglia è dovuta allo spostamento dell'endolinfa che occupa i canali semicircolari: l'endolinfa, infatti, si muove in direzione opposta rispetto al capo, producendo una deformazione della cupola in cui sono immerse le stereociglia, che quindi vengono deflesse.

VASCOLARIZZAZIONE e INNERVAZIONE

Arterie:

Arteria uditiva interna, ramo del tronco basilare, che penetra nel meato acustico interno insieme al nervo faciale e al nervo vestibolococleare. Questa arteria si divide in:

1. Arteria vestibolare: vascolarizza l'utricolo, parte del sacculo e dei canali semicircolari.
2. Arteria vestibolococleare: irrorata il sacculo, l'utricolo, i canali semicircolari e parte della coclea.
3. Arteria cocleare: si suddivide in vari rami che penetrano all'interno del modiolo attraverso i fori del tractus spiralis foraminosus. Questi rami penetrano nella coclea e si dividono in *rami anteriori*, che circondano la scala vestibolare e raggiungono il legamento spirale, *rami medi*, che sono destinati alla lamina spirale e al lembo spirale, e *rami posteriori*, che vascolarizzano il ganglio spirale.

Vene:

1. Vena uditiva interna: drena il sangue di parte della chiocciola. Riceve le vene della lamina spirale, che percorrono il modiolo, escono attraverso i fori del tractus spiralis foraminosus e confluiscono formando la vena uditiva interna stessa, che sbocca nel seno petroso superiore o nel seno trasverso.
2. Vena dell'acquedotto della chiocciola: drena il sangue della maggior parte della chiocciola, di parte del sacculo e dell'utricolo. Nella chiocciola si formano una vena spirale anteriore, che decorre nella scala vestibolare, e una vena spirale posteriore, che decorre nella scala timpanica. Dall'unione di queste due e di venule provenienti da utricolo e sacculo ha origine la vena dell'acquedotto della chiocciola, che percorre il canale omonimo per gettarsi nella giugulare interna.
3. Vena dell'acquedotto del vestibolo: drena il sangue del labirinto posteriore, decorre nell'acquedotto del vestibolo e sbocca nel seno petroso superiore.

Innervazione

Nervo cocleare

Il nervo cocleare ha origine dalle cellule del ganglio spirale di Corti, situato nel canale spirale del modiolo. Le *fibre centripete* sono dirette al SNC; queste penetrano nei canalicoli scavati nel modiolo e raggiungono il tractus spiralis foraminosus, nel fondo del meato acustico interno; qui le varie fibre escono dai forellini e si accollano a formare il nervo cocleare, che decorre nel meato acustico interno e raggiunge la fossetta retrolivare del ponte. Le *fibre periferiche* raggiungono i foramina nervina e si distribuiscono alle cellule acustiche dell'organo del Corti, dopo aver perso il rivestimento mielinico. In realtà, prima di raggiungere le cellule acustiche, le fibre formano un plesso da cui originano due tipi di fibre: fibre radiali che si dirigono direttamente a cellule interne o esterne, e fibre spirali, che sono più numerose e più lunghe, che si dividono a T e assumono un andamento a spirale; da queste fibre si distaccano collaterali per le cellule acustiche.

Nervo vestibolare

Origina dalle cellule bipolari del ganglio vestibolare di Scarpa, posto lungo il decorso del nervo, sul fondo del meato acustico interno. Le *fibre centripete*, dirette al SNC, si portano alla fossetta retrolivare assieme al nervo cocleare. Le *fibre periferiche* formano i due rami di divisione del nervo vestibolare: il ramo superiore attraversa l'area vestibolare superiore e innerva la macula dell'utricolo e le creste ampollari superiore e laterale, mentre il ramo inferiore attraversa l'area vestibolare inferiore e innerva il sacculo e la cresta ampollare del canale posteriore.

Trasmissione sonora: Le onde sonore vengono trasmesse alla perilinfia e all'endolinfia attraverso l'apparato costituito dalla membrana del timpano (pars tensa) e dalla catena degli ossicini. La successiva vibrazione dei liquidi cocleari mette in vibrazione la membrana basilare, provocando la stimolazione dell'organo del Corti, che trasforma le vibrazioni in impulsi nervosi. In particolare, la membrana basilare risponde in modo ottimale a frequenze più basse nella porzione apicale, e a frequenze più alte nella parte basale della coclea (tonotopia); le cellule acustiche che rispondono a stimolo di bassa frequenza presentano stereociglia più lunghe e viceversa. I neuriti delle cellule del ganglio spirale si mettono in rapporto con le cellule acustiche interne con modalità tali da garantire il mantenimento dell'organizzazione tonotopica delle vie uditive. Le cellule interne sono raggiunte da dieci o più fibre di altrettanti neuroni di tipo 1, mentre le cellule esterne sono innervate da una scarsa quantità di fibre afferenti; infatti, da una singola cellula di tipo 2 del ganglio spirale si diparte una fibra che innerva decine di cellule acustiche esterne.

VIE VESTIBOLARI

I recettori vestibolari sono localizzati nelle macule dell'utricolo e del sacculo e nelle creste ampollari dei canali semicircolari. Questi presentano un pelo acustico, formato da un chinociglio e da varie stereociglia, che è immerso nella membrana otolitica o nella cupola ampollare. Questi peli sono sottoposti a deflessione in seguito a stimoli di accelerazione lineare (utricolo e sacculo) o di accelerazione rotazionale (canali semicircolari). Tale deflessione genera lo stimolo nervoso, che viene trasportato al SNC mediante il nervo vestibolare. Dai neuroni del ganglio di Scarpa originano fibre periferiche che si mettono in connessione con il polo basale delle cellule recettoriali (con terminazione caliciforme o bottoniforme); le fibre centripete del ganglio di Scarpa formano il nervo vestibolare che attraversa il meato acustico interno e si dirige alla fossetta retrolivare. Qui raggiunge i nuclei vestibolari (anche se parte delle fibre si dirigono direttamente all'archicervelletto. Le fibre provenienti dai canali semicircolari raggiungono i nuclei superiore e mediale, mentre le fibre provenienti dagli organi vestibolari si portano ai nuclei mediale, inferiore e laterale. I nuclei vestibolari sono altamente connessi con il cervelletto, ma esiste anche una via diretta alla corteccia telencefalica che nell'uomo non è ancora stata identificata. Dai nuclei vestibolari originano anche fibre ascendenti che attraversano il fascicolo longitudinale mediale e che raggiungono i nuclei oculomotori, la regione tectale e pretectale e intervengono nei riflessi di regolazione della posizione dei globi oculari e della testa in seguito a stimoli vestibolari. Dai nuclei vestibolari partono anche fibre per il midollo, per il tronco encefalico e per la lamina tecti.

VIE ACUSTICHE

Gli stimoli acustici sono raccolti dall'organo del Corti, posto nell'orecchio interno; le parti basali di questo organo sono sensibili soprattutto a stimoli ad alta frequenza, mentre le parti apicali recepiscono prevalentemente gli stimoli a bassa frequenza. Questa diversa distribuzione topografica delle varie tonalità viene mantenuta anche in seguito: fibre diverse portano informazioni su differenti tonalità e raggiungono la corteccia cerebrale in cui si ha un'organizzazione **tonotopica**.

All'interno dell'organo del Corti sono presenti cellule acustiche interne ed esterne, che sono raggiunte sia da terminazioni sensitive provenienti dal ganglio spirale, che da terminazioni efferenti provenienti da varie regioni del nevrassa. Le terminazioni afferenti raccolgono l'impulso generato dalle cellule acustiche in seguito alla ricezione di uno stimolo sonoro. Dal ganglio spirale, quindi, nascono fibre centripete che formano il nervo cocleare, che penetra nella cavità cranica dopo aver attraversato il tractus spiralis foraminosus. Il nervo decorre assieme al nervo vestibolare e raggiunge la fossetta retrolivare del tronco encefalico. Qui penetra nel tronco e si porta ai nuclei cocleari dorsale e ventrale. Da questi nuclei origina un fascio ascendente, che decussa in parte formando il *corpo trapezoide*, e che raggiunge i collicoli inferiori; molte fibre si arrestano prima di raggiungere i collicoli, ad esempio a livello dei nuclei olivari superiori o del nucleo del corpo trapezoide. Alcune fibre convergono nel lemnisco laterale e possono raggiungere i nuclei del lemnisco laterale stesso: da questi nuclei originano fibre che raggiungono il nucleo motorio somatico del trigemino, che innerva il muscolo tensore del timpano, e il nucleo motorio somatico del faciale, che innerva il muscolo stapedio. Mediante queste connessioni si instaurano degli archi riflessi mediante i quali i muscoli dell'orecchio medio si contraggono o si rilassano in risposta a stimoli acustici di diversa intensità (es: se c'è troppo rumore i muscoli si contraggono, aumentano la rigidità della catena degli ossicini e diminuiscono la trasmissione delle vibrazioni all'orecchio interno).

Il collicolo inferiore è anche connesso con il fascicolo longitudinale mediale, e tramite di esso contribuisce a regolare le risposte motorie degli occhi e della testa in seguito a stimoli acustici.

Dal collicolo inferiore, mediante il braccio congiuntivo inferiore, le informazioni raggiungono il corpo genicolato mediale, da cui originano le radiazioni acustiche, che giungono alle aree acustiche della corteccia;

queste aree sono localizzate sul giro superiore del lobo temporale. Qui sono l'area acustica primaria, o area 41 di Brodman, e anche altre aree secondarie.

