كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الرابعة

المادة : فزيولوجيا الحواس

المحاضرة : الرابعة/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

11

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

فسيولوجيا السمع Physiology of hearing

المنبه المناسب للسمع Hearing :

Sound يعتبر الصوت المنبه المناسب لمستقبلات السمع. ينتج الصوت من حركة الأجسام أو اهتزازها، حيث تؤدي طاقة هذا الاهتزاز إلى تضاغط وتخلخل منتظم لجزيئات الهواء المجاور للجسم المهتز (شكل 12 -1أ). تدعى موجات التضاغط والتخلخل لجزئيات الهواء هذه أمواج الصوت Sound waves وهي تختلف في أمرين هما الشدة **intensity أو ارتفاع الصوت loudness**: إذ تكون بعض الأصوات منخفضة وفي هذه الحالة يكون مقدار الموجة أو ارتفاعها صغيرا بينما في الأصوات المرتفعة يكون مقدار الموجة أو اتساعها كبيرا. يقاس مقدار الموجة أو اتساعها بأنه المسافة بين قمة الموجة وقعرها.

(الشكل 12-1ب)

درجة حدة الصوت pitch: فالأصوات الحادة كالتي يصدرها الأطفال مثلا تمتاز بأن الزمن الذي تستغرقه الموجة الواحدة يكون قصيرة وبذا تكون الموجات متقاربة أو متضاغطة وتكون أعلى تكرارا frequency أو ترددا. يعبر عن تكرار الموجة (f) رياضية بالصيغة الاتية: f=1\T حيث T تمثل الزمن الذي تستغرقه موجة واحدة. فكلما كان الزمن صغيرا كان التكرار عاليةً، ويقاس تكرار أمواج الصوت أو ترددها بوحدة هيرتز (Hertz Hz) الذي يساوي موجة واحدة / ثا تستطيع أذن الإنسان السليمة التقاط أمواج يتراوح ترددها بين 20 -20،000 هيرتز وإن كانت معظم الأصوات المسموعة لدينا تقع في الغالب بين 1،000 و4000 هيرتز، كما تستطيع حيوانات أخرى التقاط أمواج خارج المدى المسموع للإنسان ومن الأمثلة البارزة لذلك أن الكلاب تسمع أصواتا ذات تردد أعلى من20،000 هيرتز أي أعلى من تلك التي يسمعها الإنسان. تقاس شدة (ارتفاع) الصوت

بوحدة ديسبل (dB) decibel ويستطيع الإنسان أن يميز بين شدة أصوات إذا اختلفت عن بعضها بمقدار 0.1 ديسبل.

يتبع قياس شدة الصوت تدريجا لوغاريتميا حيث تعتبر عتبة السمع (قدرة شخص بالغ صغير السن على تحري أقل صوت ممكن في السكون التام) بأنها تساوي صفر ديسبل، والصوت الأقوى بعد ذلك بمقدار 10 مرات قوته 10 ديسبل (أي 10 لوغاريتم 10 وهذا يساوي 10x 1=10) والصوت الأقوى بمقدار 100 مرة شدته 20 ديسبل (أي 10 لوغاريتم 100) والأقوى بمقدار 1000 مرة شدته 30 ديسبل وهكذا. وللمقارنة فإن صوت المحادثة العادية مقداره حوالي 40 ديسبل بينما صوت الطائرة النفاثة عند إقلاعها هو حوالي 120 ديسبل وتعتبر الأصوات فوق 110 ديسبل مؤذية للأذن لأنها تحدث ألما وتلفا في مستقبلات السمع كما سنرى.

يقيس الطبيب السمع بجهاز يدعى مقياس السمع audiometer يصدر أصواتا مختلفة الشدة والتردد ويطلب من المريض أن يستجيب عند سماعها، ويكون السمع طبيعيا إذا كانت عتبة السمع بين صفر -25 ديسبل أما إذا زادت عن ذلك فإن هناك درجة من ضعف السمع تختلف باختلاف شدة أقل صوت يسمعه المريض. وهناك اختباران أحدهما يدعي اختبار ويبر Weber test والآخر اختبار ريني Rennie ' s test يمكنان الطبيب من تحديد فيما إذا كان الضعف في السمع نتيجة لخلل في نقل الموجات الصوتية إلى المستقبلات الحسية أم لخلل في نقلها بالأعصاب وإدراكها في الدماغ.

تركيب الأذن Ear Structure

تتكون أذن الإنسان، والثدييات عموما، من ثلاثة أجزاء (شكل 12 -2):

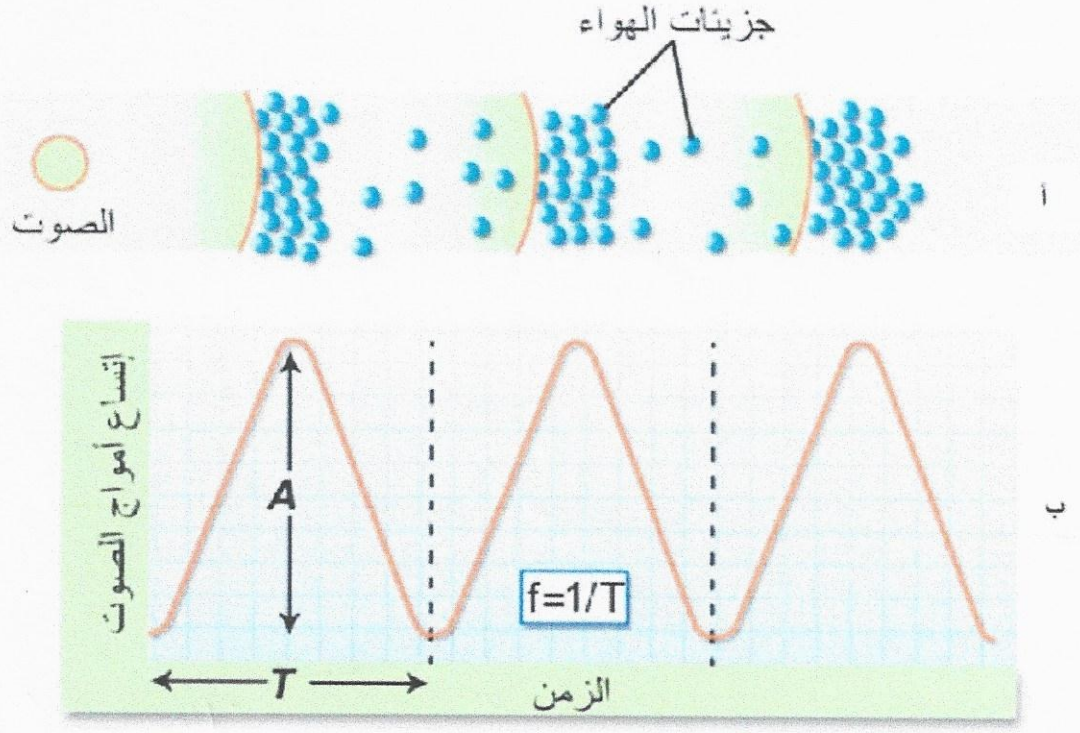
1 -أذن خارجية External ear:

تتكون من صيوان pinna غضروفي يجمع أمواج الصوت ومن قناة سمعية خارجية external auditory canal طولها حوالي 2.5 سم. القناة السمعية الخارجية عظمية وتبطنها طبقة من الغضروف المتصل بغضروف الصيوان ويبطن الغضروف ثنية من الجلد الحساس ويوجد عند الفتحة الخارجية للقناة غدد دهنية متحورة وظيفيا تدعى

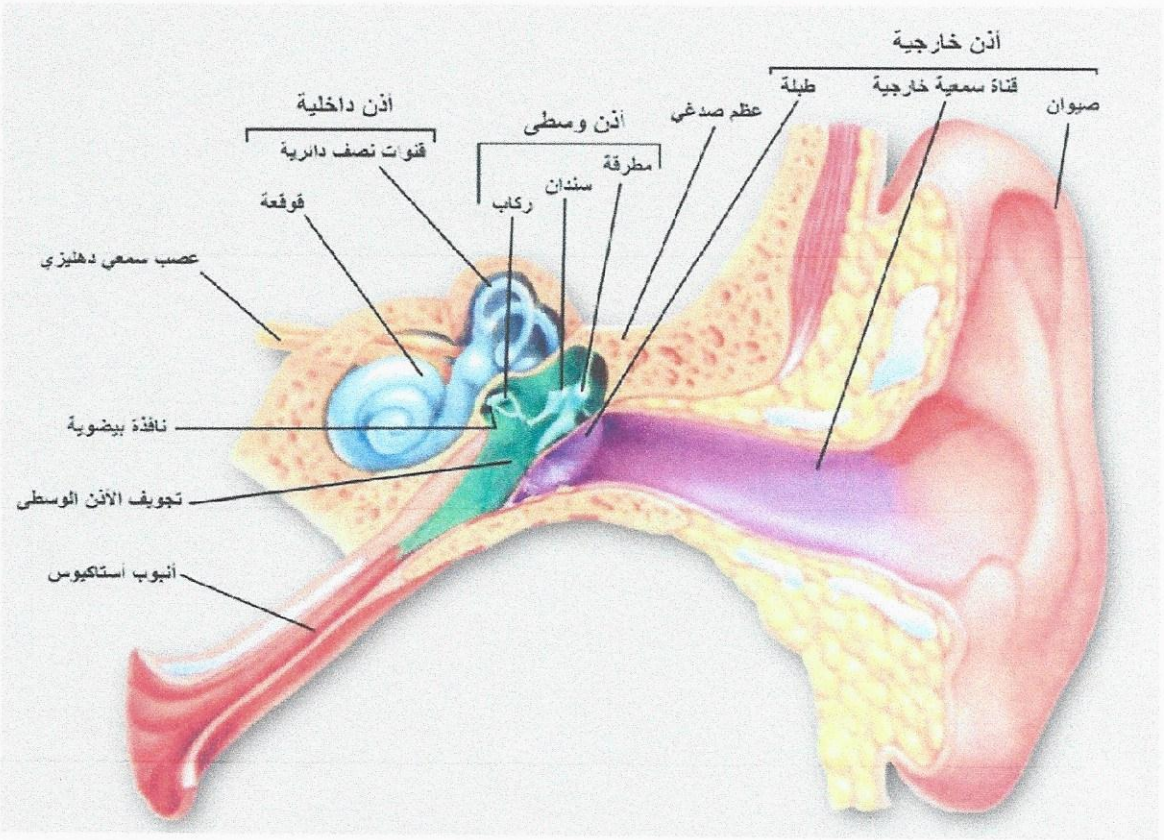
الغدد الشمعيةcerumonous (Wax) gland تفرز مادة شمعية earwax يلتصق بها الغبار والجراثيم والأجسام الغريبة فلا تتراكم على طبلة الأذن الواقعة إلى الداخل. تنتهي القناة السمعية بالغشاء الطبلي tympanic membrane أو طبلة الأذن ear drum، الذي يتكون من نسيج ضام ليفي شبه شفاف يغطيه من الخارج ثنيه من الجلد الرقيق الحساس ومن الداخل ثنية من نسيج طلائي، وتكون الطبلة مقعرة نحو الداخل.

2 -أذن وسطى Middle ear:

وهي تجويف صغير مملوء بالهواء ومبطن بطبقة طلائية وتتواجد فيه ثلاثة عظيمات Ossicles سميت نسبة لأشكالها وهي: المطرقة malleus (hammer) ويدها تلتصق بالطبلة، والسندان incus anvil) وهي وسطية الموقع ويتصل جسمها مع رأس المطرقة، والركاب stapes (stirrup) الذي يتصل رأسه بالسندان وقاعدته بالنافذة البيضوية oval window العائدة للأذن الداخلية. يتصل تجويف الأذن الوسطى



الشكل 12-1: أ) رسم تخطيطي يبين تضاغط وتخلخل جزيئات الهواء عند تأثرها بمصدر صوت؛ ب) تردد أمواج الصوت تبعا لذلك.



الشكل 12-2: تركيب الأذن في الإنسان.

الوسطى عن طريق أنبوب استاكيوس Eustachian tube بالبلعوم الأنفي، وهذه القناة، التي تكون مغلقة غالباً، تقوم بمساواة الضغط على الجانب الداخلي للطبلة مع الضغط على الجانب الخارجي ويتم ذلك بالابتلاع أو بالتثاؤب عند اختلال الضغط.

ترتبط العظيمات الثلاث ببعضها بواسطة مفاصل، كما ترتبط إلى جدران الأذن الوسطى بواسطة أربطة كما توجد عضلتان صغيرتان داخل الأذن الوسطى: الأولى تتصل بالمطرقة وتشدها بعيدا عن الطبلة لتخفف اهتزازها وتوترها المتزايد نتيجة الأصوات المرتفعة وبذلك يتم حماية الأذن الداخلية الأكثر حساسية، أما العضلة الثانية فترتبط بالركاب وتشده نحو

الخلف وبذا تقوم بوظيفة حماية الأذن الداخلية عندما تكون الأصوات مرتفعة. تنقبض العضلتان بشكل إرادي فعند سماعنا لأصوات با لغة الشدة نقوم بتحريك هاتين العضلتين لأداء الحماية المطلوبة.

نتيجة لعمل العظيمات الثلاث الذي يشبه عمل الروافع (وهي أدوات تؤدي بواسطتها قوة صغيرة إلى إحداث شغل كبير) فإن الاهتزازات الصوتية الواصلة إلى طبلة الأذن والمنقولة عبر العظيمات يجري تضخيمها حوالي 20 مرة. يساعد في ذلك أن غشاء النافذة البيضوية الذي تنقل إليه الاهتزازات هو أصغر مساحة من غشاء الطبلة ولذلك فإن مقدار القوة المسلطة على وحدة المساحة من غشاء النافذة البيضوية هو أعلى من ذلك على غشاء الطبلة. من جانب آخر، فإنه لو أنتقل الصوت بواسطة الهواء من الطبلة إلى النافذة البيضوية بدلا من انتقاله عبر العظيمات فإن جزءا كبيرا من طاقته سيتبدد.

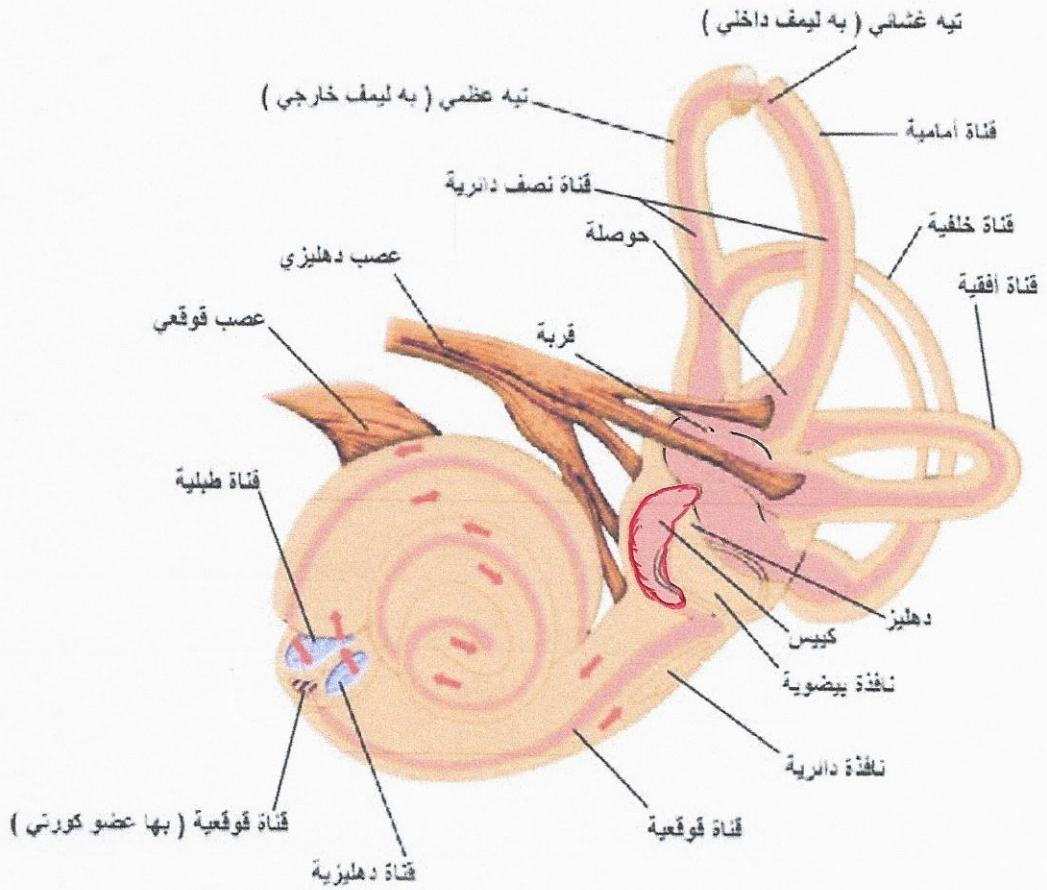
3 -أذن داخلية Inner Ear:

تتكون من سلسلة معقدة من القنوات تشبه المتاهات تدعي التيه labyrinth (أو المتاهة). يتشكل التيه على هيئة تيه عظمي خارجي وتيه غشائي داخلي يساير التيه العظمي في شكله والتفافه لحد كبير. يحتوي التيه العظمي على سائل، يدعي اللمف الخارجي perilymph، يشبه في تركيبة السائل الدماغي الشوكي بينما يحتوي التيه الغشائي على سائل اللمف الداخلي endolymph الذي يشبه في تركيبه السائل داخل الخلايا.

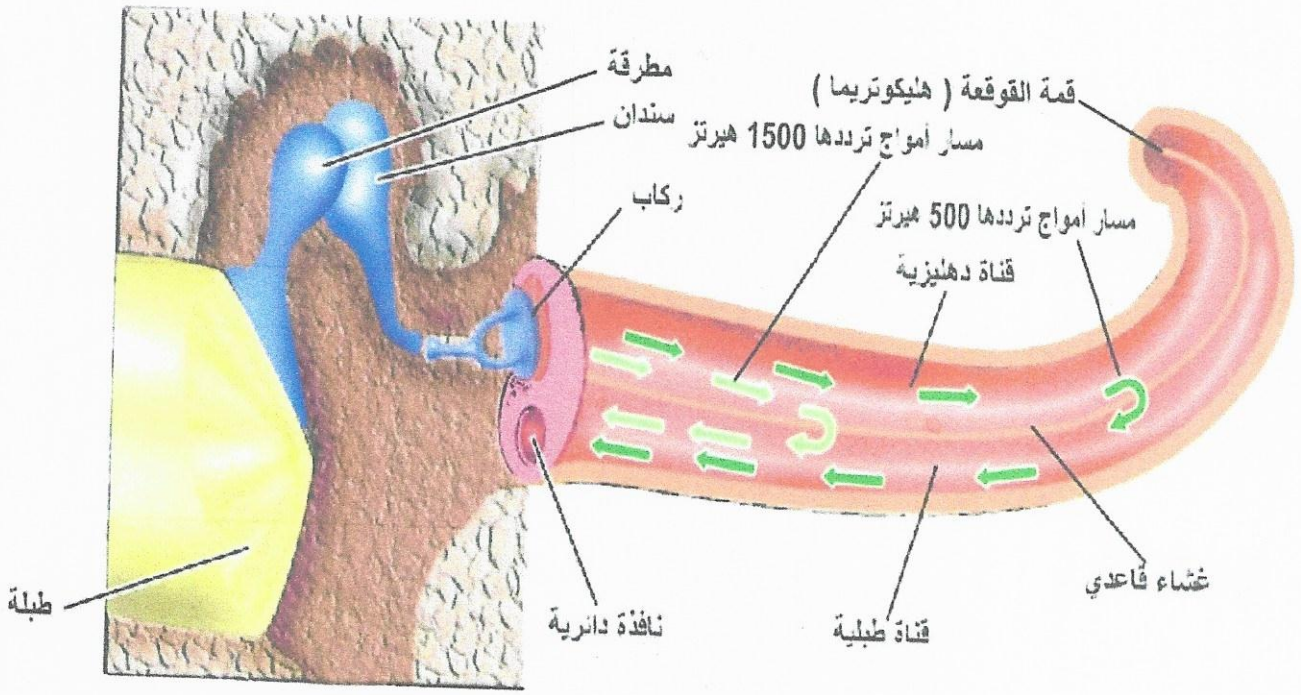
يمكن تمييز ثلاث مناطق في التيه العظمي تكون الأذن الداخلية (شكل 12 -3):

1- الدهليز vestibule والقوقعة cochlea والقنوات شبه الدائرية semicircular canals. فالدهليز بيضوي الشكل، وسطي الموقع بين القوقعة الأمامية والقنوات شبه الدائرية الخلفية العلوية. يوجد في جدار الدهليز العظمي منطقة رقيقة مغطاة بغشاء تشكل النافذة البيضوية التي يلامسها الركاب. أما التيه الغشائي الموجود داخل الدهليز فيتشكل على هيئة كيسين صغيرين أحدهما يدعي القربة utricle والأخر أمامي الموقع يدعى الكييس saccule.

أما القوقعة فهي تركيب عظمي مخروطي الشكل غير مستقيم بل يلتف حول محور عظمي على شكل حلزوني مشكلا لفتين ونصف اللفة وتكون قمة المخروط متجهة نحو الأعلى. يمر داخل هذا المخروط ثلاث قنوات تنفصل عن بعضها البعض بواسطة غشاءين يشكلان مع بعضهما تركيبا يشبه الحرف (V). ولو أمكننا فك لفات القوقعة والنظر إليها (شكل 12 -4) لوجدنا أن النافذة البيضوية تتصل مع القناة العلوية للقوقعة التي تدعى القناة الدهليزية vestibular canal والتي تضيق تدريجيا كلما اتجهنا نحو قمة القوقعة لتعود في الجانب الأسفل للقوقعة على هيئة قناة أخرى تدعى القناة الطبلية tympanic canal التي تتسع تدريجيا كلما اقتربنا من قاعدة القوقعة حيث تنتهي عند الجدار العظمي للقوقعة بغشاء رقيق آخر أصغر مساحة من غشاء النافذة البيضوية يدعى النافذة الدائرية round window. تدعى الفتحة التي توصل بين القناتين قمة القوقعة helicotrema. ويتضح من هذا التركيب أن السائل الذي يملأ القناتين وهو اللمف الخارجي متصل مع بعضه البعض وأن حدوث اهتزاز لغشاء النافذة البيضوية يؤدي إلى انتقال هذا الاهتزاز عبر السائل في القناة الدهليزية ثم في القناة الطبلية حيث يصل في النهاية إلى غشاء النافذة الدائرية. يشكل هذا النظام وسيلة لتبديد طاقة أمواج الصوت القادمة عبر النافذة البيضوية بعد إحداثها الأثر المطلوب على مستقبل السمع، فلو لم تتواجد النافذة الدائرية وغشائها المرن القابل للحركة بشكل معاكس لحركة غشاء النافذة البيضوية لأدت موجات الضغط الناتجة عن الصوت إلى انفجار القوقعة المملوءة بالسائل غير القابل للانضغاط. أما القناة الثالثة في القوقعة، وهي القناة القوقعية cochlear duct، فهي أصغر قطر؛ وتقع محصورة بين القناتين السابقتين ويقع داخلها عضو السمع المسمى عضو كورتي organ of Corti وتمتلئ باللمف الداخلي. يحيط بالقناة الطبلية من الأعلى غشاء دهليزي vestibular membrane يفصلها عن القناة الدهليزية ومن الأسفل غشاء قاعدي basilar membrane يفصلها عن القناة الطبلية، ويستقر عليه عضو كورتي.



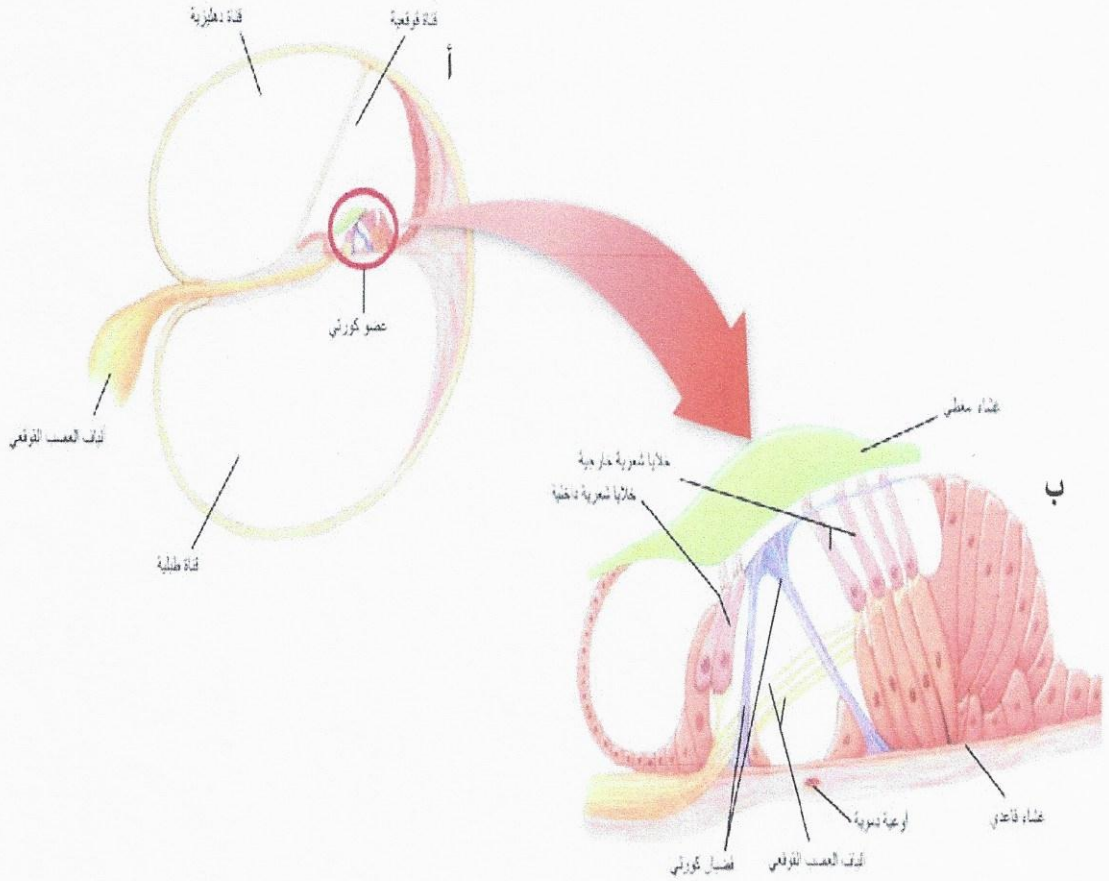
الشكل 12-3: تركيب الأذن الداخلية مبينا مقطعين أحدهما في القوقعة ليبين ترتيب القنوات الدهليزية والقوقعية والطبلية بالنسبة لبعضها والأخر في التيه العظمي لإحدى القنوات نصف الدائرية ليبين التيه الغشائي.



الشكل 12-4: رسم تخطيطي يبين تصورا للقوقعة لو فكت لفاتها ومدت وذلك من أجل بيان مسار الأمواج الصوتية داخل قنوات القوقعة.

* - المسالك العصبية التوازنية :

تبدأ بالتراكيب الغشائية المتواجدة داخل الدهليز العظمي وهي :
القريبة والكيس التي تحوي الخلايا الحسية ، أو حويصلات القنوات
الهدبية (الأعراف الحسية) ، حيث تسري السيالة العصبية
بحو جذع الدماغ (الدماغ المستطيل) عبر محاور الخلايا العصبية
التي تؤلف بمجموعها الفرع الدهليزي للعصب الثامن ، بينما تذهب
بعض الألياف عبر الوريقة المخيخية السفلى إلى المخيخ ، وبعض
الألياف يصل إلى النسيج الشبكي ويعود ينزل إلى النخاع الشوكي
وخاصة يصل إلى نوى بعض الأعصاب القحفية ، وسادس يمر
إلى الجهاد وصلة بحو القشرة المخية (الباحة 41)



إكتب المعادلة هنا

الشكل 12-5: أ) مقطع في القوقعة يبين موقع عضو كورتي مستقرا على الغشاء القاعدي؛ ب) تركيب عضو كورتي مبينا أنواع الخلايا المكونة والأعصاب الناقلة والغشاءين القاعدي والساتر (المغطي).

عضو كورتي Organ of Corti

يستقر عضو كورتي على الغشاء القاعدي (شكل 12 -15) الذي يشبه شريطا يمتد على طول القوقعة وبطول حوالي 35 ملمترا، ويكون عرضه عند قمة القوقعة أكبر من عرضه عند قاعدتها. يؤدي هذا الاختلاف في عرض الغشاء القاعدي إلى اختلاف في اهتزازه عند التعرض لأصوات ذات ترددات مختلفة، فالجزء الرفيع الموجود عند قاعدة القوقعة يهتز استجابة لأصوات ذات تردد مرتفع بينما يستجيب الجزء العريض الموجود عند قمة القوقعة

لأصوات ذات تردد منخفض. أما الأصوات ذات التردد المتوسط فتحرك الأجزاء الوسطى من الغشاء القاعدي بشكل يتناسب مع الحدود المبينة أعلاه. أما عضو كورتي نفسه فيتكون من مجموعة من الخلايا الطلائية تقع على الجانب الداخلي للغشاء القاعدي المواجه لتجويف القناة الطبلية.

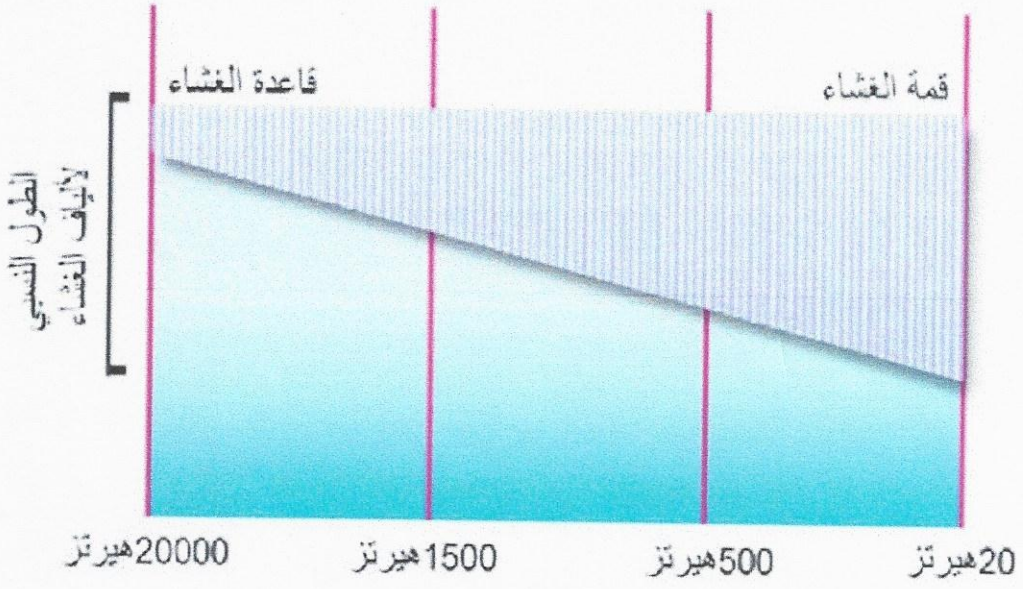
تتمايز الخلايا الطلائية هذه (شكل 12 – 5 ب) إلى خلايا داعمة supporting cells وخلايا شعرية hair cells والأخيرة تمثل مستقبلات السمع. يمكن تمييز مجموعتين من الخلايا الشعرية: داخلية inner تقع أقرب إلى خط منتصف الجسم وتشكل صفا واحدا وخارجية outer تشكل عدة صفوف. لكل خلية شعرية عند حافتها الحرة مجموعة من الأهداب أو الزوائد (الشعرات) sterocilia تنغمس في اللمف الداخلي للقناة الطبلية، كما يغطي هذه الأهداب من الأعلى غشاء رقيق مرن جيلاتيني يدعى الغشاء الساتر أو المغطي tectorial membrane. أما الحافة القاعدية للخلايا الشعرية فتحتوي حويصلات تشابكية بها ناقل عصبي يعتقد بأنه جلوتاميت glutamate أو GABA وتتشابك أغشيتها مع ألياف عصبية حسية تعود للفرع القوقعي من العصب الثامن VIII. وقد وجد بتجارب على الفئران أن التعرض لأمواج صوتية مرتفعة كتلك الناتجة عن الموسيقى الصاخبة أو أزيز الطائرات يؤدي إلى تدمير الخلايا الشعرية لعضو كورتي وإلى إحداث اضطراب في تنظيمها ويكون ذلك مصحوبا بدرجة من فقد السمع الدائم ولذا فإن العاملين ببعض هذه الحقول يلبسون كمامات واقية للأذن.

فسيولوجيا السمع Physiology of hearing

يجمع صيوان الأذن الأمواج الصوتية ويوجهها نحو القناة السمعية فيؤدي ارتطامها بالطبلة إلى اهتزازها اهتزازا قويا أو ضعيفا حسب شدة الصوت (ارتفاعه)، وبتكرار مماثل تماما لتردد الصوت (أو حدته). تنقل الاهتزازات عبر عظيمات الأذن الوسطى الثلاث التي تحافظ على الميزتين الأساسيتين للصوت ألا وهما الشدة والتردد، مع الأخذ بعين الاعتبار أن وصول الأمواج الصوتية إلى غشاء النافذة البيضوية يكون مصحوبا بتضخيم

للاهتزازات يصل إلى 20 مرة كما سبق وأشرنا. تؤدي اهتزازات النافذة البيضوية إلى اهتزاز اللمف الخارجي عن القناة الدهليزية حيث ينقل هذا الاهتزاز إلى منطقة محددة من الغشاء القاعدي فيحركها وبهذا ينتقل الاهتزاز إلى اللمف الخارجي في القناة الطبلية التي تحرك بدورها غشاء النافذة الدائرية التي تمثل موقعا لامتصاص طاقة أمواج الصوت إذ تنقلها إلى هواء الأذن الوسطى ثانية.

لا يؤثر صوت معين في كل مناطق الغشاء القاعدي، فالأصوات ذات التردد العالي تسبب أكبر درجة من الحركة في جزء الغشاء القاعدي الموجود قرب قاعدة القوقعة أما الأصوات ذات التردد المنخفض فإن أمواجها تجري عبر القناة الدهليزية وتسبب أوسع حركة في جزء الغشاء القاعدي الموجود قرب قمة القوقعة. وهكذا فإن الوسيلة الأولى لكي تميز الأذن بين الأصوات المختلفة هي التمييز بين تردد الأصوات بحيث أن كل منطقة من مناطق الغشاء القاعدي تستجيب لصوت من تردد معين. أما الوسيلة الثانية للتمييز بين الأصوات المختلفة فهي شدتها، فعندما تكون الأصوات مرتفعة فإنها تحدث اهتزاز واسعة في الغشاء القاعدي في منطقة معينة أما الأصوات المنخفضة فإنها تحدث اهتزازا صغيرا (الشكل 12-6).



الشكل 12-6: رسم تخطيطي يبين الطول النسبي لألياف الغشاء القاعدي الذي يستقر عليه عضو كورتي كما يبين في أي منطقة من الغشاء تؤثر أمواج الصوت ذات الترددات المختلفة.

كيف تترجم اهتزازات الغشاء القاعدي الآلية إلى جهود فعل؟

تؤدي حركة منطقة معينة من الغشاء القاعدي إلى حركة الخلايا الشعرية المستقرة على تلك المنطقة، ويؤدي هذا بدوره إلى تحريك الأهداب الملامسة للغشاء الساتر والى ثنيها. يؤدي ثني الأهداب إلى شد الغشاء البلازمي للخلايا الشعرية وفتح قنوات أيونية تؤدي إلى حدوث إزالة استقطاب ينتج عنها جهد المستقبل. تكون إزالة الاستقطاب هذه مصحوبة بدخول أيونات كالسيوم إلى داخل الخلية الشعرية مما يسبب تحرر الناقل العصبي. يؤدي تحرر الناقل العصبي إلى ارتباطه بمستقبلات موجودة على ألياف عصبية حسية تعود لحوالي 20 عصبونا تتشابك مع كل خلية شعرية مما يعطي في هذه العصبونات جميعها جهد فعل ينتقل عبر الفرع القوقعي للعصب الثامن. يجدر التذكير بأن اهتزاز الغشاء القاعدي في منطقة معينة يؤدي إلى جهد فعل في عصبونات معينة، واهتزازه في منطقة أخرى يؤدي إلى جهد فعل في عصبونات أخرى وهكذا، فإن المجرى الذي تسلكه السيالات العصبية يحدد المنطقة من الغشاء القاعدي التي استجابت للصوت وهذا بدوره يمكن الدماغ من إدراك مقدار تردد الصوت. ولمعرفة شدة الصوت فقد وجد أن الأصوات المرتفعة تحدث إزاحة أكبر في الغشاء القاعدي من الأصوات المنخفضة وهذا يؤدي بدوره إلى إعطاء عدد أكبر من جهود الفعل في وحدة الزمن في العصبونات الحسية ولذا فإن شدة الصوت يعبر عنها بزيادة تكرار جهود الفعل.

المسالك العصبية السمعية

Auditory Pathways ينقل العصب الثامن الإحساسات السمعية إلى النواتين القوقعيتين في النخاع المستطيل ثم إلى النواة الزيتونية العليا ومن هناك تنتقل الإحساسات إلى الحدبات السفلى inferior colliculi في الجانب المقابل للأذن الملتقطة للصوت. من

هذه الأخيرة تنتقل السيالات العصبية إلى النواة الركبية الوسطية medial geniculate العائدة للمهاد في كل من جانبي الدماغ ثم إلى القشرة السمعية التي توجد في الفص الصدغي.

تحديد موقع الصوت

يتم تحديد موقع الصوت بمقارنة الزمن ودرجة الشدة التي تصل بها الأمواج الصوتية الناتجة عن مصدر الصوت إلى كل من الأذنين. فالأصوات الصادرة عن جسم يقع إلى يميننا مثلا تصل بشدة أعلى وبزمن أقل إلى الأذن اليمنى من وصولها إلى الأذن اليسرى ويدعى هذا الفارق الزمني فرق التوقيت بين الأذنين interaural time difference وقد قدر هذا الزمن بأنه حوالي 42 ميكرو ثانية لكل 20 درجة إزاحة عن خط الوسط.

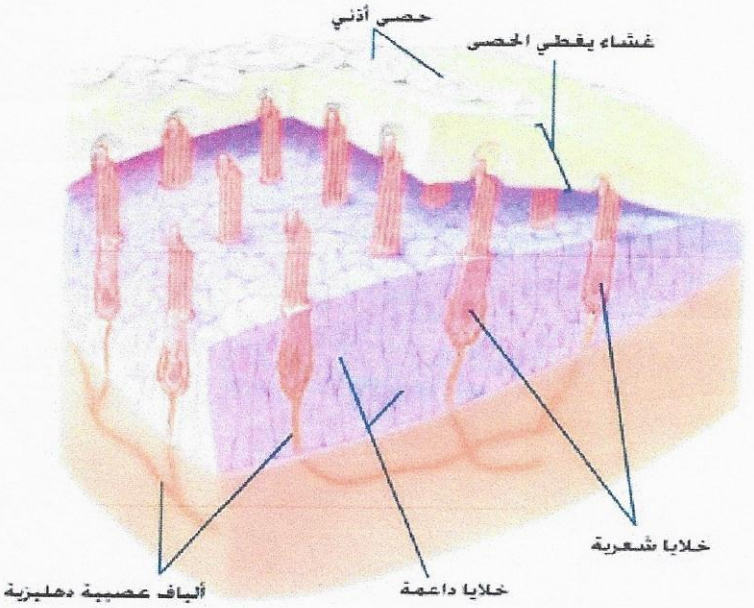
التوازن Equilibrium

يعتمد التوازن في الإنسان وفي الثدييات على الجهاز الدهليزي vestibular system الذي يضم الدهليز والقنوات شبه الدائرية الثلاث. ولعلك تذكر أن هذه التراكيب تشكل جزءا من التيه العظمى. وتوجد مستقبلات التوازن في الكييس والقريبة (البقع الحسية) وفي القنوات نصف الدائرية وتعرف بالمستقبلات الحويصلية (الأعراف). تتوضّع البقع الحسية في جدار القريبة بشكل أفقي وتكشف وضع الرأس في حالة الانتصاب ضدّ الجاذبية، بينما تتوضّع هذه البقع في جدار الكييس بشكل عمودي وتكشف الراس في حالة الاستلقاء.

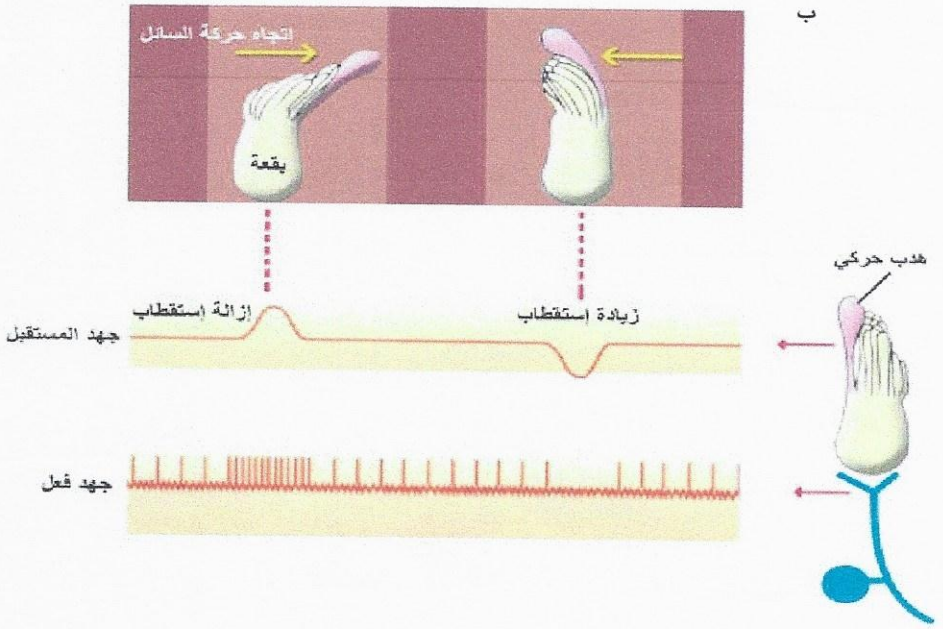
الدهليز

لقد أشرنا سابقا إلى أن الدهليز العظمي يضم تراكيب غشائية بداخله هي القريبة والكييس، وهي تحتوي بداخلها على تراكيب حسية تزود الدماغ بمعلومات عن التسارع الخطي المستقيم linear acceleration إلى الأمام أو الخلف وعن التغيرات في موقع الرأس بالنسبة لقوى الجاذبية أو ما يدعى التوازن السكوني static (stationary) equilibrium. يحتوي جدار كل من القريبة والكييس (شكل 12 -7) على تركيب حسي

يدعى البقعة macula. تتكون البقعة من خلايا عصبية طلائية متحورة يغذيها الفرع الدهليزي من العصب الثامن VIII. ويمكن تمييز نوعين من الخلايا ضمن البقعة: خلايا داعمة supporting وخلايا شعرية hair cells تعتبر هي المستقبلات الحسية للتوازن.



أ



ب

الشكل 12-7: أ) تركيب البقعة الموجودة في القريبة والكييس، ب) استجابة أهداب الخلايا الشعرية لحركة النيمف الداخلي باتجاهين مختلفين مقرونة بالتغير في جهد غشاء الخلية الشعرية وجهود الفعل في العصبون الحسي المتصل بها.

تملك الخلية الشعرية عند حافتها الحرة مجموعة من الأهداب (الزغابات) الدقيقة stereocilia وتترتب الأهداب حسب طولها على حافة الخلية حيث يدعى أطول الأهداب الهدب الحركي kinocilium. يستقر فوق الأهداب مباشرة طبقة جيلاتينية من بروتينات سكرية يعتقد بأنها أفرزت من الخلايا الداعمة تدعى الغشاء الحصوي الأذني otolithic membrane. ويستقر فوق هذا الغشاء طبقة من بلورات كربونات كالسيوم ذات كثافة نوعية مقدارها 3 وتدعى هذه البلورات حصى الأذن otoliths أو الغبار أو الرمال الأذنية.

آلية عمل الدهليز

حيث أن كثافة الحصى أكبر من كثافة اللمف الداخلي الذي يملأ القربة والكييس فإنه يشكل ضغط على أهداب البقعة. تؤدي حركة الجسم والرأس إلى الأمام أو الخلف إلى تحريك الغشاء الجيلاتيني ومعه حصى الأذن فوق الأهداب مما يؤدي إلى ثني هذه الأهداب، وقد وجد أن ثني الأهداب باتجاه الهدب الحركي الطويل يحدث إزالة استقطاب في الخلية الشعرية بينما ثنيها باتجاه الأهداب القصيرة يؤدي إلى زيادة الاستقطاب. تؤدي إزالة الاستقطاب إلى تحرر ناقل عصبي تستقبله النهايات الحرة للعصبونات الحسية المتشابكة مع الخلية الشعرية هذه، مما يعطي جهد فعل (شكل 12 -7).

تنتقل جهود الفعل في العصبونات الحسية العائدة للفرع الدهليزي للعصب الثامن الذي تدخل معظم أليافه إلى جذع الدماغ وتستقر في النخاع المستطيل، بينما تذهب بعض الألياف إلى المخيخ عبر السويقة المخيخية السفلى. يؤدي عمل المخيخ في النهاية وبالتعاون مع المخ إلى إعطاء إشارات عصبية لعضلات العين عبر الأعصاب الثالث

والرابع والسادس ولعضلات الرأس والعنق عبر العصب الحادي عشر (العصب الإضافي) مما يؤدي إلى السيطرة على حركات العيون وحركات الرأس والجذع الضرورية للتوازن.

القنوات شبه الدائرية

تحتوي القنوات شبه الدائرية بداخلها على تراكيب حسية تزود الدماغ بمعلومات عن التسارع الزاوي angular acceleration أثناء دوران الرأس في واحد أو أكثر من مستويات ثلاثة متعامدة. تقع القنوات شبه الدائرية (شكل 12 -8) في تجاويف بالعظم الصدغي وكل قناة في مقطعها الطولي تتكون من قناتين: خارجية عظمية تحتوي اللمف الخارجي، وداخلية غشائية تحتوي اللمف الداخلي. تترتب القنوات في ثلاث مستويات متعامدة على بعضها فإحدى القنوات أمامية والثانية خلفية وهما في مستويين عموديين والثالثة جانبية وتقع في مستوى أفقي. تنتفخ كل قناة عند نهايتها مشكلة حويصله ampulla وتحتوي كل حويصله على عضو يدعى العرف crista يحتوي على المستقبلات الحسية.

يتألف العرف من مجموعة من الخلايا الشعرية hair cells تغطيها كتلة من المادة الجيلاتينية تدعى الكؤيس cupula. تتشابك الخلايا الشعرية عند قاعدتها مع نهايات عصبية العصبونات حسية عائدة للفرع الدهليزي من العصب الثامن.

آلية عمل القنوات شبه الدائرية

عندما يتحرك الرأس بزاوية معينة فإن القنوات شبه الدائرية والأعراف كلها تتحرك بالاتجاه نفسه. أما اللمف الداخلي فإنه وبسبب القصور الذاتي يتخلف عن مواكبة هذه الحركة، ويبدو بالنتيجة، أنه يتحرك بالاتجاه المعاكس تؤدي حركة اللمف الداخلي النسبية هذه إلى تحريك أهداب الخلايا الشعرية وثنيها مما يسبب تغيرا جهد الخلايا الشعرية المستقبلة فيتحرر منها ناقل عصبي يؤثر على العصبونات الحسية. فقد وجد، على سبيل المثال، أنه إذا ما تحرك الرأس من اليمين نحو الشمال بعكس اتجاه عقارب الساعة فإن هذا يحدث حركة نسبية للمف الداخلي من اليسار نحو اليمين (باتجاه عقارب الساعة). تؤدي حركة السائل هذه إلى تحريك أهداب الخلايا الشعرية في الجانب الأيسر للرأس بشكل يؤدي إلى إزالة استقطاب بينما تلك التي في الجانب الأيمن للرأس بشكل يؤدي إلى زيادة استقطاب.

هكذا فإن العصب الدهليزي الأيسر يزيد من تكرار جهود الفعل المنقولة فيه بينما العصب الدهليزي الأيمن يقلل من تكرار جهود الفعل المنقولة فيه. تنقل هذه المعلومات إلى الدماغ الذي يدرك حركة الرأس على أنها دوران للرأس بعكس اتجاه عقارب الساعة (شكل 12 – 8).

يقوم الجهاز الدهليزي كذلك بتوجيه العيون لكي تركز على نقطة ثابتة في حقل الإبصار تعتبر نقطة مرجعية أثناء التسارع. فالمعلومات الحسية الصادرة عن هذا الجهاز تصل في النهاية إلى النواة الدهليزية التي ترسل إشارات إلى العصب القحفي الثالث في نفس الجانب والرابع في الجانب المقابل للسيطرة على عضلات العيون وعلى حركتها. فحركة الرأس باتجاه دوران عقارب الساعة تسبب حركة بطيئة للعيون بعكس اتجاه دوران عقارب الساعة من أجل التركيز على نقطة ثابتة مرجعية. وعندما يستمر التسارع، تتحرك العيون الأن بسرعة بنفس اتجاه الدوران لكي تحاول وتدعى الحركة البطيئة والسريعة للعيون أثناء الدوران الرأرأة nystagmus.

بالإضافة إلى توجيه العيون يقوم الجهاز الدهليزي ببعض المنعكسات التي تحافظ على وضع الجسم العمودي (القائم)، أي بدعم الرأس وتوجيهه في الفراغ ليكون أعلى الجسم. كما أن وصول معلومات الجهاز الدهليزي الحسية إلى القشرة الدماغية بشكل مستمر يزودنا بالمعرفة الواعية لوضع ولتسارع الجسم.

وظائف مستقبلات التوازن: أي الوظائف التي تقوم بها القريبة والكؤيس وهما وظيفتان:

1- الإحساس بالوضع الطبيعي للرأس والاحساس بأي تغير يطرأ على الوضع الطبيعي.

2- الإحساس بالحركات المستقيمة أي أنها مسؤولة عن التوازن الساكن للجسم.

كما تشارك في المحافظة على توازن الجسم عندما يخضع لحركات مستقيمة نحو الأمام أو الخلف وتولّد هذه المستقبلات نموذجين من المنعكسات: الأولى وتدعى منعكسات التصحيح لكل انحراف عن الوضع الطبيعي للجسم، والثانية هي منعكسات الوضعية التي تسمح بالمحافظة على اية وضعية يأخذها الجسم.

وظائف مستقبلات القنوات الهلالية: تتنبه القنوات الهلالية عندما يبدأ الرأس بالدوران أو عندما يتوقف عنه، ويتحقق هذا التنبيه اياً كانت جهة الدوران وباي مستوى (أفقي-عمودي مائل)، لأن ذلك يولّد حركة بإحداها أو بها جميعاً بدرجات متفاوتة في الشدّة أو متعاكسة في الاتجاه. أي أن هذه المستقبلات تكشف أدنى تغيير في في سرعة دوران الجسم وبمستوى ذلك الدوران أي: اكتشاف الحركات الزّاوية وتسارعاتها، وفي اكتشاف الحركات المستقيمة وتسارعاتها أيضاً وهي مسؤولة عن بعض الاستجابات الخاصة كالرأرأة في العين والدّوار (الدّوخة) وبعض الاستجابات الاعاشية كانخفاض ضغط الدم والشعور بالغثيان والتقيؤ وشحوب الجلد وتضيُّق حدقة العين.

الرّأرأة العينية: هي حالة تتمثل في الحركة اللاإرادية السريعة والمتكررة للعيون. ينتج اضطراب العين بشكل رئيسي عن خلل في مناطق الدماغ التي تتحكم في حركات العين.

لها أسباب كثيرة ولكن يعنينا الرأرأة **دهليزيه**، وهي مرتبطة بالأذن الداخلية، مركز إدارة التوازن، والذي يمكنه إرسال المعلومات إلى الجهاز الحركي للعين من المراكز الدهليزية ويتجلى ذلك مع **الدوخة** وطنين الأذن وفقدان السمع.

الدّوار أو الدوخة:

الدوار هو نوع من الدوخة تكون كإحساس كاذب بالحركة. يشعر المرضى بأنهم يدورون أو أن الأشياء من حولهم تدور، أو كلا الأمرين معًا. يكون الشعور مشابهاً للشعور الناجم عن ممارسة لعبة الدوران حول الكراسي ثم التوقف بشكل مفاجئ. حيث يشعر الشخص أحيانًا بأنه يُسحب باتجاه واحد. قد يعاني الأشخاص المصابون بالدوار من الغثيان والتقيؤ، وصعوبة التوازن، وصعوبة المشي. تحتوي الأذن الداخلية على بنى تشريحية (القنوات الهلالية، والكيس، والقريبة) التي تمكن الجسم من الشعور بالوقوف والحركة. يتم إرسال المعلومات من هذه البنى التشريحية إلى الدماغ من خلال العصب الدهليزي القوقعي (العصب القحفي الثامن الذي يمارس دورًا في عملية السمع). تتم معالجة هذه المعلومات في كل من جذع الدماغ (الذي يُعدل وضعية الجسم بناءً عليها)، والمخيخ (الذي ينسق

حركات الجسم لمنح الإحساس بالتوازن). يمكن للاضطراب في أي من هذه البنى التشريحية أن يُسبب الدوار.

- أسئلة -

1 - تكون الخلل إما في ..... او في ..... في حالة ضعف
2 - الحدود القصوى لمدة الصوت الذي تسمعه الانسان 150 ديسبل
3 - ما هي وظيفة العظم الدهليزية في الأذن الخارجية.
4 - ما هي مكونات الأذن الوسطى
5 - ما هي الذهبية الوظيفية وسبب أو نقير أو سماكيوسا.
6 - ما هي وظيفة العضلة الرابطة للطرقة والركابي في الأذن الوسطى؟
7 - ما هي وظيفة النافذة البيضوية
8 - مما تتكون كل من القبة العظمي والغشائي في الأذن الداخلية
9 - كيف يتم تبديد طاقة أمواج الصوت القادمة عبر النافذة البيضوية
10 - علل عملية القوقعة من أمواج الضغط الناتج عن الصوت
11 - ما هي مكونات عضو كورتي لكلوية وعلل مدرته في التعامل مع الأصوات ذات الترددات المختلفة
12 - كيف يتم تمييز الأصوات في الغشاء القاعدي؟
13 - كيف ترتبط اهتزازات الغشاء القاعدي بالخلايا الشعرية
14 - ما هي الحالات العصبية السمعية ؟

مكتبة A to Z