تطور الجهاز السمعي من الجنين إلى البلوغ

تمهيد:

إن السمع لا يعتمد على توجيه الأذنين بنشاط نحو بيانات الحس، ولا يمكن إغلاق أذان الانسان أو إيقاف تشغيل السمع بأي طريقة شاملة، لذلك توفر المعلومات السمعية خلفية ثابتة لتجربتنا الادراكية. علاوة على ذلك، يمكن الموجات الصوتية أن تتخلل الوسائط الصلبة، مما يعني، الى جانب التطور المبكر للجهاز السمعي قبل الولادة، أن المعلومات السمعية هي أقدم المعلومات التي يدركها الجنين خارج الرحم، مع تأثيرات كبيرة على نمو الرضع اللاحق.

1. البصمة الصوتية (L'empreinte vocale):

يولد » الصوت منذ اللحظات الأولى من الحياة. تتم أول مواجهة بين الجنين وأمه فعليًا من خلال الصوت. بين الأسبوع الثاني والعشرين والأسبوع السابع والعشرين من الحمل، يتطور الجهاز السمعي للجنين، مما يسمح له باكتشاف العالم الصوتي المحيط به. من بين جميع الأصوات التي تنبع من الداخل والخارج، سيكون للصوت الأموي مكانة مميزة.

لقد كانت هذه الاكتشافات حول العالم الصوتي الجنيني بمثابة بدايات لافتراضات مثيرة للاهتمام بشكل خاص حول أصل الحياة النفسية. وهكذا، ترى المحللة النفسية الإيطالية مايبلوMaïello (1993) أن الحياة النفسية تتشكل من تجربة (الحضور/الغياب) لصوت الأم، والذي من شأنه أن يتيح للجنين إقامة أول علاقة موضوعية.

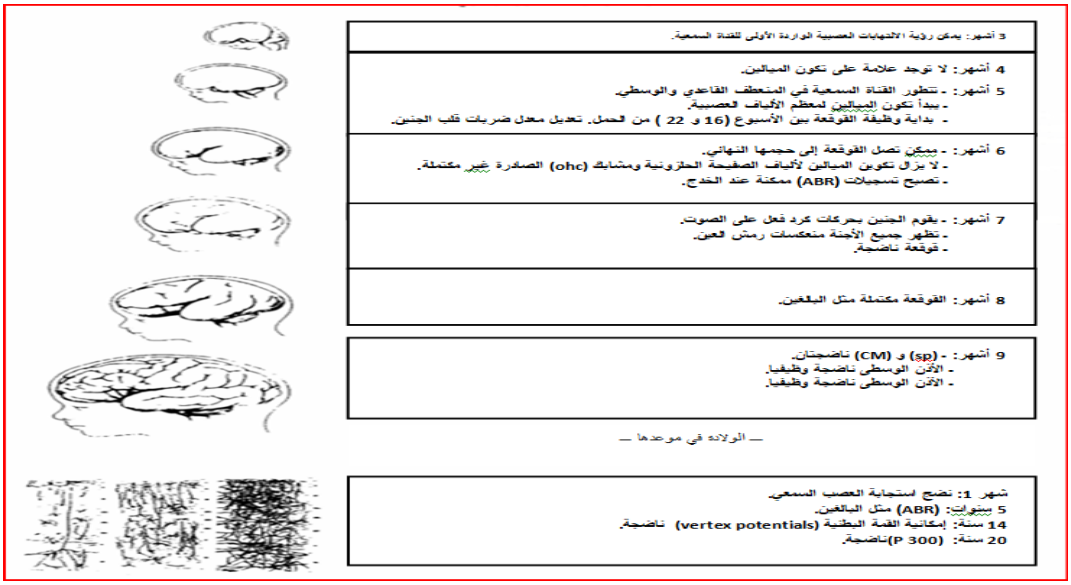
ـ هذا الصوت، يتعرف عليه الطفل بعد ولادته، مما يمنحه خصائص مهدئة وآمنة ليتمكن من استكشاف القارة الهوائية الجديدة التي تم دفعه إليها. وعلى الرغم من أن الطفل، من أجل كسب استقلاله، يجب أن يواجه "الحزن الأصلي" للوحدة (الصوتية) مع الأم.

ـ عودة هذا الصوت القديم قد تكون إحدى مصادر الإبداع الموسيقي. هكذا، في رسالة وجهها فرويد إلى رولان، يتساءل قائلاً: «هل يقوم الموسيقي بإعادة صوت الأم ـ الذي سمعه الجنين بالفعل ـ، المصدر المثالي لحياته النفسية وللموسيقى؟» . كما يتساءل Rosolatoعن دور الصوت الأمومي في العلاقات التفاعلية المبكرة بين الأم والطفل، ويقترح فرضية مشابهة لفرضية فرويد: «يمكن القول إن هذا [الصوت الأمومي] هو النموذج الأول للمتعة السمعية وأن الموسيقى تجد جذورها وحنينها في جو أصلي [...]».

في الآونة الأخيرة، تساءل العديد من الباحثين عما إذا كان كون الصوت أحد أولى العروض الموسيقية للبشرية مرتبطاً بحساسية الرضيع تجاه « sonate maternelle». حيث لا تتطلب الوظيفة نفسها، إلا أن الصوت الأبوي مهم بنفس القدر في أصول الحياة النفسية بقدر ما، من خلال كسره للحوار التوحدي بين الأم والرضيع، سيقدم الآخرية. فرويد، ثم لاكان، مدركين للفصل والحد الذي يقدمه صوت الأب، اعتبارًا من ذلك، سيعتبرونه المصدر الأصلي للضمير الأعلى. في كتابه «الأنا والهو»، كتب فرويد في هذا الشأن: «نظرًا للدور الذي خصصناه للبصمات اللفظية اللاواعية الموجودة في الأنا، يمكن للمرء أن يتساءل عما إذا كان الضمير الأعلى، عندما يكون لاواعيًا، يتكون من هذه البصمات اللفظية أو من شيء مماثل.»

2. بداية وظائف السمع لدى البشر:

تبدأ وظيفة السمع عند الإنسان في الرحم. من خلال قياس رد فعل الرمش للجنين باستخدام تقنيات التصوير بالموجات فوق الصوتية عالية الدقة، حيث نجد أن الجنين الذي يزيد عمره عن 29 أسبوعًا يستجيب للصوت بقوة 110 ديسيبل عند الجدار البطني للأم. تم قياس ضغط الصوت على بعد بوصتين من المحول في "المجال الحر"؛ وكان للصوت ذروتان طيفيتان سائدتان عند 250 و 850 هرتز. حيث يوضح الشكل رقم (1) الخطوط الزمنية لتطور الإنسان. التغيرات التنموية الكبيرة التي تحدث في الدماغ والقوقعة توضح من خلال التغيرات التخطيطية في القشرة. يجب أن يُدرك أن العوامل المحددة في عمل الجهاز السمعي، كما هو مبين في الجانب الأيمن، جميعها موجودة في القوقعة وتعصيبها. بعد الولادة في المدة الكاملة، تحدث تغيرات تنموية تملأ النخاع للعصب السمعي ومسارات جذع الدماغ، وفي الروابط بين الخلايا في القشرة. يتم توضيح ذلك من خلال ثلاث صور لشبكة التغصنات القشرية (عند الولادة، بعد 3 أشهر، وحوالي سنتين).



الشكل 1: يمثل الخطوط الزمنية لتطور الإنسان.

3. تطور الجهاز السمعي:

الأذن مسئولة عن الترميز الأولي للإشارات الصوتية. تشير الدراسات التشريحية إلى أن العديد من التغيرات تحدث بعد الولادة الكاملة. على سبيل المثال، تواصل قناة الأذن النضوج؛ ففي الرضع تكون القناة أقصر من تلك لدى البالغين.

ـ يعد الجهاز السمعي من أوائل الأجهزة التي تتطور لدى الجنين، والجهاز الوحيد الذي يسبقه هو الحاسة الجلدية.

ـ المعلومات السمعية الخارجية الوحيدة المتاحة للجنين، لذلك يكون التحفيز السمعي متاحا قبل الولادة بوقت طويل، ويساهم حتى في النمو المبكر للرضيع.

يتمتع الجهاز السمعي لدى الجنين والرضيع بتتابع نمو خاص به. الأجزاء التشريحية للجهاز تتطور مبكرًا.

بحلول الأسبوع 15 من الحمل	تتشكل الأجزاء البنائية للقوقعة في الأذن الوسطى بشكل جيد.
بحلول الأسبوع 20 من الحمل	تصبح وظيفية تشريحية.

ـ كل من الأنظمة الجسدية الحسية (اللمس)، الحركية (الحركة)، الإدراك الذاتي للموقف (الوضعية)، الدهليزية (حركة الرأس)، والحسية الكيميائية (الشم واللمس) تكون مبنية ووظيفية في الوقت نفسه.

1.3. المسارات السمعية:

بعد 3 أسابيع من الحمل: ـ يبدأ الجهاز العصبي بالتطور

من الأسبوع 28 فصاعدا:	ـ يزداد تكوين المشابك العصبية قوة.
بحلول الشهر 5:	. يبدأ تكوين الميالين بعد ذلك، وتغطى جذور العصب الثامن (العصب السمعي) بالكامل.
بحلول الأسبوع 14:	ـ يكتمل تكوين الخلايا الشعرية الداخلية.
بعد الأسبوع 22:	ـ يكتمل تكوين الخلايا الشعرية الخارجية.
حتى السنة 2 بعد الولادة:	ـ استمرار تكوين الميالين في المسار السمعي القشري ـ يعني النمو الشعاعي للأذن الداخلية أن الخلايا الشعرية الداخلية تنضج قبل الخلايا الشعرية الخارجية.

2.3.الوظيفة السمعية قبل الولادة وبعدها:

توجد وظيفة سمعية **بحلول الأسبوع 19 بعد الحمل**. ومع ذلك، يختلف العالمان السمعيان قبل الولادة وبعدها اختلافا كبيرا بسبب الطبيعة السائلة للبيئة داخل الرحم. هذا يستبعد مشاركة الاذن الخارجية والوسطى في السمع قبل الولادة.

ـ مرحلة ما قبل الولادة:	ـ سمع الجنين يحدث عبر التوصيل العظمي، وتطور الاذن الخارجية والوسطى قبل الولادة ليست ذات أهمية وظيفية إلا بعد توفر الصوت المحمول جوا بعد الولادة. **ـ (10-12 أسبوعًا) من الحمل:** ـ يتم تكوين عدد زائد من خلايا الشعرية بالقوقعة في مرحلة مبكرة من التطوريلي ذلك تطور الأهداب على قمة خلايا الشعرية. ـ يبدأ أولاً في خلايا الشعر الداخلية ثم في خلايا الشعر الخارجية لاحقًا. يتقدم تطور خلايا الشعرية (الداخلية + الخارجية) من قاعدة القوقعة إلى المناطق القمية. ـ تتطور القوقعة من القاعدة الى القمة، فيؤدي إلى حساسية للترددات العالية مبكرا مقارنة بالترددات المنخفضة.
ـ حديثو الولادة:	ـ يستقبلون أيضا الصوت الموصل بالعظم، على سبيل المثال أثناء الرضاعة، يكون هذا الصوت أقل تواترا وهيمنة من الصوت المنقول جوا عبر الاذن الخارجية والوسطى، لذا يمكن تحديد استجابة الرضيع في الفترة المحيطة بالولادة لتردد وسعته، وتكامل الأصوات الصادرة من الاذنين. ـ تعمل خصائص القناة السمعية (الأقصر+ جدارها المرن) ورنين الاذن الخارجية على امتصاص الترددات المنخفضة، على ابراز الترددات العالية، ومع تقدم العمر يتحول التركيز على الترددات المنخفضة.

4. تطور جذع الدماغ السمعي (Auditory Brainstem):

خلال الفترة الجنينية [1-13] أسبوع من الحمل:	ـ يبدأ تكوين القوقعة (cochlea)، والعصب القوقعي (cochlear nerve)، ونوى ومسارات جذع الدماغ (brainstem)، بالإضافة إلى الصفيحة القشرية (cortical plate)، ـ تزداد سماكة البشرة على جانبي رأس الجنين لتشكل بنية تُسمى اللويحة الأذنية (otic placode)، والتي تتطور بدورها إلى كرة مجوفة أو حويصلة (vesicle). يؤدي المزيد من تمايز هذه الحويصلة إلى تطور القوقعة والجهاز الدهليزي [بما في ذلك القريبة (utricle)، والكيس (saccule)، والقنوات نصف الدائرية (semicircular canals)]. ـ تُشكل القوقعة البدائية (primitive cochlea) قناة قوقعية (cochlear duct) تبدأ في التمدد، وتلتف في النهاية لتشكل دورتين ونصف حول محورها.
عند 9 أسابيع من الحمل:	يظهر عضو كورتي في القناة القوقعية كسلسلة من الخلايا التي تحتوي على زغيبات(microvilli) على سطحها. يتم استبدال هذه الزغيبات الصغيرة بأهداب (stereocilia) ساكنة خلال الأسابيع الثلاثة التالية من التطور. ـ يتشكل عضو كورتي والغشاء السقفي (tectorial membrane) في وقت واحد. ـ يغطي الغشاء السقفي (tectorial membrane) المتصل بالعظمة الوتدية عضو كورتي، وتنغرس فيه أطراف الأهداب المشعرة للخلايا الشعرية. تحاط القوقعة بطبقة غضروفية. ـ تنقسم مجموعة الخلايا التي تنفصل عن الحويصلة الأذنية إلى العقدة السمعية الساكنة (statoacoustic ganglion) أو العقدة الحلزونية (spiral ganglion). ـ تتشابك النتوءات الطرفية لخلايا العقدة الحلزونية مع الخلايا الشعرية لعضو كورتي (9 جيجاواط)، بينما تتشابك النتوءات المركزية لهذه الخلايا مع النوى القوقعية لجذع الدماغ (5-6 جيجاواط)، لتشكل العصب القوقعي. يمكن التعرف على جميع النوى [النوى القوقعية، والنواة الزيتونية (cochlear nuclei) العلوية الجانبية والوسطى والتلة السفلية] والمسارات السمعية في جذع الدماغ بحلول GW8 8-7، كما تبدأ النواة الركبية الوسطى (medial geniculate nucleus) للمهاد (thalamus) في التطور بحلول GW.9 8،10 ـ خلال الثلث الثاني من الحمل (GW 26-14)، تنضج القوقعة والعصب القوقعي ويحدث النمو العصبي ونضج المحور وتطور النظام الصادر.يمكن تمييز الفراغات المملوءة بالسوائل في القوقعة، وسلالم الطبلة، وسلالم الدهليز بوضوح. كما تتطور الخلايا الشعرية الداخلية لعضو كورتي بشكل أكبر، ويبدأ تكوين الميالين في القوقعة. تتراكم مجموعات من الخلايا الدبقية القليلة التغصن حول ألياف العصب القوقعي، وتبدأ بتكوين الميالين. تبدأ خلايا جميع نوى جذع الدماغ بالنضج أكثر، وتُنتج شجيرات شجرية تبدأ بالتفرع بعد ٢٤-٢٥ جيجاوات. ـ وفي نهاية الثلث الثاني من الحمل، تُعبَّر بروتينات الخيوط العصبية بمستويات البالغين في جذع الدماغ، والعصب القوقعي، والمسارات المركزية لجذع الدماغ.تتكون هذه الفصيلة الفرعية من البروتينات الفسفورية من NF-L (منخفض الوزن الجزيئي)، وNF-M (متوسط الوزن الجزيئي)، وNF-H (عالي الوزن الجزيئي). 15-12 خيطًا وسيطًا تُشكل الهيكل الخلوي المحوري.- يؤدي تراكم NF-M وNF-H في المحاور العصبية إلى زيادة في قطرها، وهو ما يصاحبه، إلى جانب زيادة في كثافة النخاع، زيادة في سرعة توصيلها؛ لذلك، يمكن استخدام التعبير عن بروتينات الخيوط العصبية كمؤشر على نضج الدوائر العصبية خلال نمو الجهاز العصبي. ـ خلال فترة ما حول الولادة، يبدأ تكوين الميالين في العصب القوقعي وفي مسارات جذع الدماغ، بما في ذلك الجسم شبه المنحرف، والوصلة الجانبية، ومفاصل جذع الدماغ، والمسارات التي تربط الجزء السفلي من الدماغ.
من الثلث الثالث من الحمل إلى الشهر 6 بعد الولادة:	تنضج الخلايا العصبية والمسارات المحورية في جذع الدماغ. تنضج القوقعة قبل الولادة ببضعة أسابيع، وبحلول الشهر السادس بعد الولادة، يصبح جذع الدماغ بالفعل شبيهًا بالبالغين من حيث البنية.

5. التطور البنيوي للقشرة السمعية:

من عمر سنتين إلى 5 سنوات:	ـ هناك زيادة في المحاور العصبية في الطبقات الرابعة إلى السادسة. كما تستمر المحاور العصبية المهادية داخل القشرة السمعية في النضج ووصلت كثافتها إلى مستويات البالغين في الطبقات الرابعة والسادسة. ـ ازداد حجم الخلايا العصبية القشرية وكان هناك زيادة في أشجارها الشجرية.
بعد 3 أشهر إلسن 6:	ـ بدأ التغمق في القشرة السمعية.
بحلول 12 عامًا:	ـ أن التعبير عن الخيوط العصبية يصل إلى مستويات البالغين

المراجع

Benoit, J. (2018). Le développement de l'enfant: quelques rappels fondamentaux. Administration & Éducation, 157(1), 137-142. https://shs.cairn.info/revue-administration-et-education-2018-1-page-137

Bragard, A. (Ed.). (2021). *Premiers pas avec un enfant déficient auditif: Regards sur la surdité*. Presses universitaires de Louvain.https://books.google.com/books?hl=fr&lr=&id=7TMTEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA5&dq=D%C3%A9veloppement+de+l%27appareil+auditif+du+f%C5%93tus+%C3%A0+l%27adolescence&ots=NzCtVodVFg&sig=4hHcYJrxaujwIAabAmQO677b858

Brault, A., & Marty, F. (2018). Une grosse voix qui ne peut se faire entendre: méandres dans les remaniements de l'identité sonore à l'adolescence. *Corps & Psychisme*, *73*(1), 13-26.https://shs.cairn.info/revue-corps-et-psychisme-2018-1-page-13?tab=texte-integral

Burnham, D., &Mattock, K. (2014). Auditory development. *The Wiley-Blackwell Handbook of Infant Development, 2 Volume Set*, 81.https://books.google.com/books?hl=fr&lr=&id=rcdUEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA81&dq=Development+of+the+auditory+system+from+the+fetus+to+adulthood&ots=s2uAPCP30i&sig=Vp94mv1yZOgT9BS5bCKqM4pICsw

Cant, N. B. (1998). Structural development of the mammalian auditory pathways. In *Development of the auditory system* (pp. 315-413). New York, NY: Springer New York.https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-1-4612-2186-9_7?pdf=chapter%20toc

Eggermont, J. J. (1989). The onset and development of auditory function: contributions of evokedpotentialstudies. *J Speech Lang PatholAudiol*, *13*(5).https://www.cjslpa.ca/files/1989_JSLPA_Vol_13/No_01_1-80/Eggermont_HumComm_1989.pdf

Eggermont, J. J., & Moore, J. K. (2011). Morphological and functional development of the auditory nervous system. In *Human auditory development* (pp. 61-105). New York, NY: Springer New York.https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4614-1421-6_3

Graven, S. N., & Browne, J. V. (2008). Auditory development in the fetus and infant. *Newborn and infant nursing reviews*, *8*(4), 187-193.https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1527336908001347

Hepper, P. G., &Shahidullah, B. S. (1994). The development of fetal hearing. *Fetal and MaternalMedicineReview*, *6*(3), 167-179.https://www.cambridge.org/core/journals/fetal-and-maternal-medicine-review/article/development-of-fetal-hearing/49DFEBEDC7C279D5EC0F3FB035D51166

Iyengar, S. (2012). Development of the human auditory system. *Journal of the Indian Institute of Science*, *92*(4), 427-440.https://journal.iisc.ac.in/index.php/iisc/article/download/320/392

Lalande, N. M., Hétu, R., & Lambert, J. (1986). Is occupational noise exposure duringpregnancy a risk factor of damage to the auditory system of the fetus?. *American Journal of IndustrialMedicine*, *10*(4), 427-435.https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ajim.4700100410

Lasky, R. E., & Williams, A. L. (2005). The development of the auditory system from conception to term. *NeoReviews*, *6*(3), e141-e152.https://publications.aap.org/neoreviews/article-abstract/6/3/e141/89489

Litovsky, R. (2015). Development of the auditory system. *Handbook of clinical neurology*, *129*, 55-72.https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444626301000032

Moore, D. R. (2002). Auditory development and the role of experience. *British Medical Bulletin*, *63*(1), 171-181.https://academic.oup.com/bmb/article-abstract/63/1/171/377484

Moore, J. K., &Linthicum Jr, F. H. (2007). The human auditory system: a timeline of development. *International journal of audiology*, *46*(9), 460-478.https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14992020701383019

Nara, T., Goto, N., Nakae, Y., & Okada, A. (1993). Morphometric development of the human auditory system: ventral cochlear nucleus. *Early human development*, *32*(2-3), 93-102.https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/037837829390003D

Pujol, R., & Lavigne-Rebillard, M. (2003). Development and plasticity of the human auditory system. *A Textbook of AudiologicalMedicine: Clinical Aspects of Hearing and Balance, Dunitz, London*, 147-156.https://www.researchgate.net/profile/Remy-Pujol/publication/21259352_Development_of_the_Human_Cochlea/links/59e10624aca2724cbfdb6cb8/Development-of-the-Human-Cochlea.pdf