

G. Precerutti, G. Broich, D. Fresa

LA MATURAZIONE Uditiva NEL PERIODO PRENATALE

Estratto da I CARE

Direttore Resp. G. GITTI

Ottobre-Dicembre' 81 - Anno VI - N° 4

Direzione, Redazione, Amministrazione

c/o C.R.O.

Piazzale della Porta al Prato, 34-35

50123 FIRENZE

La maturazione uditiva nel periodo prenatale

La conoscenza dell'ontogenesi degli apparati sensoriali ha sempre destato notevole interesse.

L'analisi precisa del divenire morfologico e funzionale permette infatti una migliore comprensione dei meccanismi dell'apparato e permette inoltre di evidenziare quanto al perfezionamento della sua funzione è portato dall'esperienza. L'apparato uditivo non è sfuggito a queste indagini, sebbene la stragrande maggioranza di queste sia stata condotta sull'animale e non sull'uomo.

Non sempre l'animale nasce con l'apparato uditivo maturo, il topo domestico, ad esempio, nasce sordo, nessun potenziale può essere evocato da stimoli acustici fino all'ottavo giorno (Mikallian D. e Ruben R. J., 1965 - Schmidt R. S. e Fernandez, 1963), l'apparato uditivo periferico non è fisiologicamente maturo fino ai 14 giorni, il numero dei neuroni del nucleo cocleare si stabilizza dopo i 15 gg. (Mlonyeni M., 1967) e i meccanismi uditivi centrali, indagati con metodiche psicofisiche, non sono maturi prima dei 18 giorni (Ehret G., 1976-1977).

I primi potenziali microfonicococleari evocati da stimoli acustici si possono registrare nella cavia da 15 a 20 giorni prima della nascita, le stesse risposte possono essere registrate nel gatto 2 giorni prima della nascita, nel cane ancora, 4 o 5 giorni dopo la nascita. I potenziali d'azione sono ancora più tardivi dal 12° all'8° giorno dopo la nascita nella cavia, dalla nascita al 2° giorno di vita nel gatto e in 7° - 8° giornata di vita nel cane. Nei giorni seguenti la intensità di stimolo necessario a evocare le risposte diminuisce e lo spettro in frequenza idoneo ad evocare tali risposte elettriche si va ampliando (R. Pujol, 1971) lo sviluppo delle risposte elettriche a livello del nucleo cocleare nell'embrione di pollo inizia già a essere registrabile addirittura all'11° giorno di incubazione (il tempo totale di incubazione è di 20,5 giorni) e già durante il nono giorno e mezzo prima dello schiudersi i parametri dell'attività evocata mostrano un miglioramento sistematico sia della soglia che della gamma delle frequenze (Saunders, 1974).

Le indagini morfo-funzionali permettono di distin-

guere nel processo di maturazione uditiva 3 fasi:

- 1) la fase precedente la comparsa della risposta elettrica
- 2) la fase di entrata in funzione (onset) del sistema uditivo
- 3) la fase di perfezionamento delle risposte (R. Pujol, 1976).

Nella prima fase le cellule sensoriali sono già ben differenziate, l'organo di Corti a questo stadio non presenta ancora spazi intercellulari e tantomeno è presente il tunnel, la membrana tectoria è adesa su tutta la lunghezza alle cellule epiteliali. Al microscopio elettronico l'innervazione pare già avanzata. Alla comparsa delle prime cellule ciliate nella vescicola otica già si possono osservare alcune fibre nervose il cui ruolo è tuttora discusso: primordiale per molti autori (R. J. Ruben 1967, J. Friedman 1969) pare per altri secondario in quanto esperienze culturali sull'otociste hanno fatto osservare la possibilità di sviluppo cellulare senza la presenza delle fibre nervose (T. R. Von de Water e Coll. 1973). Il giorno prima della comparsa delle risposte elettriche, si forma il solco spirale e rapidamente si libera la membrana tectoria; in tale periodo si può osservare la mielinizzazione delle fibre nella lamina spirale (Y. Nakai e D. A. Hilding 1968 - R. Pujol e D. A. Hilding 1973) nonché la comparsa delle prime sinapsi specie a livello delle cellule ciliate interne ove esisterebbero già anche le terminazioni efferenti.

G. Rossi (1961) studiando l'epoca di comparsa e la localizzazione dell'Acetilcolinesterasi nell'orecchio interno della cavia, confermava la precoce comparsa delle fibre efferenti a livello cocleare. La positività della reazione precedeva la differenziazione morfologica delle cellule acustiche e di sostegno e si stendeva dai giri basali all'apice che viene però raggiunto in epoca post natale.

Una parte importante della dotazione sinaptica è dunque presente prima della maturazione funzionale cocleare (G. Rossi 1961, R. Pujol e D. A. Hilding 1973 - R. Pujol e M. Abanec 1976).

R. Morty e J. Thomas (1963) confermarono tali osservazioni registrando risposte corticali dopo sti-

nale e nella parte superficiale della zona intermedia. Nel feto di 80-90 mm (13^a settimana di gestazione) la parte superficiale della zona intermedia si trasforma in un vero strato corticale « subplate layer » caratterizzato da neuroni in maturazione con dendriti e arborizzazione assonica fine e una ridotta densità cellulare. Gli elementi del circuito neuronale si sviluppano dunque assai presto nella futura corteccia uditiva e sono distribuiti nello strato corticale profonda (« subplate layer ») ciò che corrisponde al territorio sinaptico delle altre regioni della corteccia fetale umana.

Non va fatta confusione fra il termine « Udire » e il termine « Risposta uditiva » (Murphy, 1968). La risposta agli stimoli sonori può avvenire senza che il livello corticale della via uditiva elabori gli impulsi sensoriali in una percezione vera e propria. La presenza di risposte uditive nel feto umano, fu evidenziata da Peiper (1924) che descrisse movimenti fetali in seguito a stimolazione sonora (trombe di automobile). Sontag registrò variazioni del battito cardiaco fetale (BCF) con stimoli acustici (1936). Altri (Fleischer, 1955) registrarono graficamente movimenti fetali, dopo il 6^o mese di gestazione, in risposta a stimoli acustici di 500 e 1000 Hz a 115 dB SPL inviati da un altoparlante posto a 20-50 cm. dall'addome materno.

La metodica oggi in uso è basata con metodiche varie su quella proposta da Johnsson e Coll. (1964) e poi adottata da Dwornicka (1964), Grimwade e Coll. (1971), Sakalne e Coll., (1973) Giachino F. (1975), Pachi e Coll. (1976).

Altri AA ricercarono le risposte nelle variazioni del tracciato E.E.G. come Barden e Coll. (1968), Sacabue e Coll. (1969) Scibetta e Coll. (1971). I rilievi delle risposte EEG assai sporadici per Borden che registrava modificazioni della frequenza dell'EEG di base (1-7 Hz nel feto) sono invece più indicativi per i giapponesi che introdussero le tecniche ERA mediante computer registrando una vera risposta corticale N₁ 100/150, P₂ 200/300, N₂ 500/600, P₃ 700/800 mediante elettrodi posti sul ventre materno in corrispondenza del capo fetale dalla 32^a alla 38^a settimana di gestazione. Analoga frequenza di risposte con tecnica ERA fu ottenuta da Scibetta e Coll. i quali però apposero gli elettrodi direttamente sul cranio fetale durante il parto. La risposta corticale non è stata però da questi identificata altrimenti che per una latenza di 200 ms. e una ampiezza di circa 10 V.

Tali ricerche mostrano peraltro chiaramente che lo stimolo acustico giunge alla corteccia fetale già all'8^o mese. Pachi e Coll. (1976) concludono inoltre che le risposte fetali sono influenzabili da fenomeni di condizionamento e di fatica acustica concettualmente impensabili in uno stadio di sviluppo così precoce.

Le conclusioni di Ando e Mattori (1970) sono però ancora più sorprendenti.

Gli AA esaminando il comportamento dei neonati di fronte al rumore di aereoplani distinguono nettamente fra le reazioni di quelli nati da madri trasferite nei pressi dell'aeroporto prima della gravidanza o prima del 5^o mese e di quelli nati da madri trasferite in tale zona dopo il 5^o mese o appena dopo il parto. Nei figli dei primi 2 gruppi di madri oltre il 48% non è svegliato dal rumore e solo il 13% si sveglia e grida per il rumore degli aerei, il 15% dei figli del 3^o e 4^o gruppo di madri dorme e ben il 50% invece si sveglia per lo stesso rumore.

Su tali dati statistici gli AA ipotizzano che durante i primi 5 mesi di gravidanza informazioni acustiche sono già convogliate dalla madre ai figli in grado di adattare i figli al rumore. Tali ricerche psicoaudiologiche restano a tuttora aperte. La validità peraltro di tali indagini di audiometria fetale a parte il risvolto conoscitivo è piuttosto limitata. Lo scopo prospettato dapprima da Johnsson e Coll. di accertare le condizioni uditive prenatali in vista di una possibile decisione abortiva, è stata abbandonata in quanto il limite di 24 settimane concesso dalla legge Svedese per quanto ampio è ancora insufficiente per tali determinazioni. Resta ancora valida l'indicazione di conoscenza generica delle funzioni nervose centrali del nascituro o di pilotaggio intrapartum delle condizioni fetali (Scibetta e Coll. 1971) o eventualmente, come prospettato da Giachino, quale parametro di sofferenza neurologica fetale, può essere utile nel sospingere l'ostetrico verso un parto cesareo per impedire che il trauma del parto aggravi sofferenze neurologiche già presenti.

G. Precerutti, G. Broich, D. Fresca

BIBLIOGRAFIA

- Ando Y. Hattori H.: Effectes of Intense Noise during Fetal Life upon Postnatal Adoptability (Statistical Study of the Reactions of Babies to Aircraft Noise). J.A.S.A. 47, 1128, 1970.
- Anggard L.: Air electrophysiological studi of the development of coelear functions in the rabbit. Acta otolaryng. Suppl. 203, 1965.
- Barde N. T. P., Peltzman P., Graha M. J. T.: Human faetal electroencefalographie response to intrauterine acoustic signals. Amer J. Obstet. Gynecol. 100, 128, 1968.
- Bast T. M., Anson B. J.: The temporal bone and the ear. Thomas, Springfield, 1949.
- Carlier E., Abonnenc M., Pujol R.: Maturation des responses unitaires à la stimulation tonale dans le nerve cochleaire du choton. J. Physiol., 70, 129, 1975.
- Crowley D. E., Mepp-Reymond M. C.: Development of cochlear function in the ear of the infanti rat. J. Comp. physiol. Psychol., 62, 427, 1966.
- Dayal U. S., Farkashioy J., Korsmanian A.: Embryology of the ear. Canad. J. Otolaryng. 2, 136, 1973.

- Dwornicka B., Jasienska A., Smolarz W., Wanwryk R.: A Hempt of Determining the fetal reaction to acoustic stimulation. *Acta otolaryng.* 57, 571, 1964.
- Ehret G.: Development of absolute auditory thresholds in the house mouse (*mus musculus*). *J. Am. Audiol. Soc.*, 84, 179, 1978.
- Ehret G.: Postnatal development in the acoustic system of the house mouse in the light of developing masked thresholds. *J. Acoust. Soc. Am.* 62, 143, 1977.
- Elisemberg R. B.: Auditory behavior in the human neonate. *J. Audit. Res.*, 5, 159, 1965.
- Fleischer K.: Untersuchungen zur Entwicklung der Innenohrfunktion (Intrauterine Kindersbewegungen nach Shalbreizen). *Z. Laryng. Rhinol.*, 34, 733, 1955.
- Foss I., Flottorp G.: A comparative study of the development of hearing and vision in various species commonly used in experiments. *Acta otolaryng* 77, 202, 1974.
- Friedman I.: The innervation of the developing fowl embryo otocyst in vivo and in vitro. *Acta otolaryng.* 67, 724, 1969.
- Giachino F.: Audiometria fetale. Tesi di laurea 1974-75, Torino.
- Johansson B., Wedemberg E., Westin B.: Measurement of tone response by the human foetus. *Acta otolaryng.* 57, 188, 1964.
- Krmpotic Neuanic J., Kostovic D., Kelovic Z.: The laminar organization of the prospective auditory cortex in the human fetus. *Acta Otolaryng.* 87, 241, '79.
- Marty R., Thomas J.: Responses electrocorticales à la stimulation du nerf cochleaire chez le chat nouveau-né. *J. Physiol.* 55, 165, 1963.
- Mikaelian D., Ruben R.J.: Development of hearing in the normal CBA-J mouse. *Acta otolaryng.* 59, 451, 1965.
- Mlonyeni M.: The late stages of the development of the primary cochlear nuclei in mice. *Brain Res.* 4, 334, 1967.
- Murphy K. P., Smyth C. N.: Response of foetus to Auditory stimulation. *Lancet* 5, 972, 1962.
- Murphy K. P.: The psychophysiological maturation of auditory function. *Int. Audiol.* 7, 416, 1968.
- Nakai Y., Hilding D. A.: Cochlear development. Some electronmicroscopic observations of maturation of hair cells, spiral ganglion and Reissner's membrane. *Acta Otolaryng.* 66, 369, 1968.
- Pachi A., Monti U., Nobili-Benedetti F., Catasta G. L.: Audiometria fetale. *Pat Clin. Ost. Ginecol.* 4, 237, 1976.
- Peiper A.: Sinnesempfindungen des Kindes vor seine Geburt. *Wschr. Kinderheilk* 29, 236, 1924.
- Pujol R., Marty R.: Postnatal maturation in the coclea of the cat. *J. Comp. Neurol.* 139, 115, 1970.
- Pujol R.: Maturation on postnatale du system auditif chez le chat. Etude fonctionnelle et structurale. These Doct. Sc. Montpellier 1971.
- Pujol R.: Development of tone burst response along the cats auditory pathway. *Acta Otolaryng.* 74, 383, 1972.
- Pujol R., Hilding D.A.: Anatomy and physiology of the onset of auditory function. *Acta Otolaryng.* 76, 1, 1973.
- Pujol R., Abonnec M.: Receptor maturation and synoptogenesis in the golden hamster cochlea. *Arch. Otolaryng.* 102, 12, 1976.
- Pujol R.: Maturation du systeme auditif. *Rev. Laryng.* 97, 551, 1976.
- Romand R., Granier M. R., Marty R.: Developpement postnatal de l'activite provoquee dans l'olive superieure laterale chez le chat, par la stimulation sonore. *J. Physiol.* 66, 303, 1973.
- Rossi G.: L'acetylcholinesterase on cours du developpement de l'oreille interne du cobaye. *Acta otolaryng. Suppl.* 170, 1961.
- Ruben R. J.: Development of the inner ear of the mouse: a radioautographic study of terminal mitoses. *Acta Otolaryng suppl.* 220, 1967.
- Sakabe N., Oooki T., Itami E.: A recording technique of human fetal response to sound stimulation. *Audio Jap.* 16, 148, 1973.
- Saunders J. G.: The development of auditory evoked responses in the chick embryo. *Minerva Otorinolaring.* 24, 221, 1974.
- Saunders J. C., Gates G. R., Coles R. B.: Brain stem evoked response as on inde of hearing threshold in one day old chicks and duckling. *J. Comp. Physiol.* 86, 426, 1974.
- Schmidt R. S., Fernandez C.: Development of mammalian endocochlear potential. *J. Exp. Zool.* 153, 227, 1963.
- Scibetta J. J., Rosen M. G., Hochberg C. J., Chik L., Human foetal brain response to sound during labor. *Amer. J. Obstet. Gynec.* 106, 1, 1974.
- Shiple C., Buchwald J. S., Norman R., Guthrie D.: Brain stem auditory evoked response development on the kitten. *Brain Res.* 182, 313, 1980.
- Sontag L. W.: Changes in the rate of the human foetal heart in response to vibratory stimuli. *Am. J. Dis. Child.* 51, 583, 1936.
- Streeter G. L.: The development of the scala tympani scala vestibuli and peristricular cystem in the human embryo. *Amer. J. Anat.* 21, 299, 1917.
- Van de Water T. R., Heywood P., Ruben R. J.: Development of sensory structures in organ cultures of the 12th and 13th gestation day mouse embryo inner ears. *Amm. Oto-rhino-laryng.* 82, Suppl. 4, 1973.
- Vasilii D. I.: Contributions to the morfphophysiological studes auditory apparatus. *Rev. roumaine physiol.* 6, 159, 1969.