

DEBATE



CONCEITOS DE PLASTICIDADE DO SISTEMA NERVOSO CENTRAL APLICADOS À FONOAUDIOLOGIA

Central nervous system plasticity concepts applied to phonoaudiology

*Ângela Ribas

*Fonoaudióloga. Docente do curso de Fonoaudiologia da Universidade Tuiuti do Paraná (UTP). Doutora em Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Mestre em Distúrbios da Comunicação. Especialista em Audiologia.

E-mail: angela.ribas@utp.br

Material recebido em agosto de 2009 e selecionado em outubro de 2009.

RESUMO

O presente artigo aborda o tema plasticidade, aspecto inerente ao sistema nervoso central, e se detém, mais especificamente, no sistema auditivo, pois trata de questões relativas à protetização, implante coclear e desenvolvimento de habilidades auditivas de interesse da fonoaudiologia.

Palavras-chave: Plasticidade neuronal. Implante coclear. Surdez.

ABSTRACT

The present article approaches the theme of plasticity, which is an aspect inherent to the central nervous system and is found, most specifically, in the auditory system since it relates to issues such as prothetization, cochlear implants and the development of auditory abilities of interest to speech-language pathology.

Keywords: Neuroplasticity. Cochlear implant. Deafness

INTRODUÇÃO

O implante coclear (IC) é um dos recursos que a fonoaudiologia e a medicina têm à disposição para a reabilitação de perdas auditivas severas e profundas de caráter irreversível.

Trata-se de um mecanismo eletrônico implantado no sistema auditivo periférico de indivíduos portadores de perda auditiva. Ele envia para as vias auditivas centrais estímulos elétricos correspondentes aos estímulos sonoros captados no meio ambiente.

Porém, quem atua nesta área precisa acreditar na capacidade que as vias auditivas centrais possuem de se modificar a partir de estimulação recebida. Este fenômeno, conhecido por plasticidade, será estudado neste capítulo, que apresenta um breve histórico do desenvolvimento do conceito de neurociência, base teórica do fenômeno; tipos de plasticidade; desenvolvimento da percepção auditiva; e conceitos de plasticidade de interesse da fonoaudiologia, aplicados, principalmente, na área do IC.

NEUROCIÊNCIA: A BASE TEÓRICA DA PLASTICIDADE DO SISTEMA NERVOSO

Uma retrospectiva das descobertas sobre o funcionamento do sistema nervoso central (SNC) nos mostra que os conceitos que temos hoje, à nossa disposição, são recentes na história da humanidade e das ciências.

Tem-se registro de que em 310 a.C. Herophilus (Egito) dissecou cadáveres e descobriu que o cérebro e os intestinos humanos funcionavam da mesma maneira... É óbvio que esta conclusão se deu levando-se em consideração apenas o aspecto anatômico dos dois órgãos, pois eles possuem circunvoluções que se assemelham.

Em 200 d.C. Galeno (Itália), por meio de observações, descobre que a alma racional estava alojada no encéfalo.

Em 390 d.C. Nemesius (Síria) descreve que o cérebro possui câmaras (ventrículos), sendo que as mais densas eram sujas e terrenas (referia-se ao córtex cerebral) e os espaços vazios eram puros (aqui referia-se aos ventrículos). Este conceito estava relacionado à visão religiosa que imperava na época, em que os

homens eram definidos de acordo com sua escolha transcendental. A teoria ventricular reinou por mais de mil anos na comunidade científica.

Em 960 Avicena (Oriente Médio), aprimorando a teoria ventricular, divide os ventrículos cerebrais em três porções: uma relacionada à percepção, outra à imaginação e a terceira à memorização.

Por volta de 1427 Reisch (Alemanha) desenvolve a teoria da localização das faculdades mentais. Este cientista “comprovou” que cada espaço ventricular do cérebro é responsável por um sentido: o senso comum; o pensamento; a imaginação e a memória.

Em 1519 Leonardo da Vinci (Itália) injeta cera nos ventrículos de um boi e desenha a estrutura ventricular que era associada à cognição e memória. Ainda vigorava, nessa época, a teoria ventricular.

No ano de 1650 Descartes (França) ensina que fluidos ou espíritos animais circulavam pelo cérebro através de tubos nervosos. Seria o nascimento da teoria das sinapses?

Em 1675 Gall (Áustria) publica estudo que comprova que a cognição não está alojada nos ventrículos cerebrais, mas sim no córtex. Esta transferência das funções mentais dos ventrículos para o córtex cerebral não foi fácil. Imagine-se quebrar um paradigma que já existe há mais de mil anos. Nasce a Neurociência.

Em 1832 Spurzheim (Áustria) desenha as cincunvoluções cerebrais. O fato de este estudioso ter conseguido identificar, no córtex, zonas anatomicamente definidas permitiu o desenvolvimento de conhecimentos e teorias de que as diferentes funções cerebrais alojam-se em diferentes porções do córtex.

No ano de 1861 Paul Broca (França) declara que a linguagem tem uma localização precisa no cérebro.

Somente em 1902 Goltz (Alemanha) afirma que o intelecto não pode ser confinado a apenas uma porção cerebral.

E em 1934 Cajal (Espanha) demonstra que o cérebro é um conjunto de unidades celulares especializadas e anatomicamente diferentes.

Por volta de 1950, Luria (Rússia) defende a teoria do funcionamento em bloco do SNC. Para este autor o SNC não pode ser compartimentalizado. Cada estímulo é processado de maneira que todo o sistema se envolve no processo. É claro que cada qual em seu nível de importância. Por exemplo: podemos ouvir uma aula em uma sala ruidosa. O cérebro reagirá de uma maneira ao estímulo mais importante (a aula) e de outra ao ruído de fundo, fazendo o que se conhece por atenção seletiva.

Em 1991 Neher e Sakman (Alemanha) ganham o prêmio Nobel de medicina por registrarem o funcionamento neuronal.

A evolução da neurociência perdura até os dias de hoje. Conceitos desta área do conhecimento são aplicados diariamente em diferentes campos de atuação dos profissionais da área da saúde.

Cerca de 2.319 anos separam os primeiros estudos do cérebro humano das atuais descobertas, e o fato é que este pequeno pedaço do corpo ainda guarda dentro de si segredos e possibilidades infinitas... É neste ponto que se insere a fonoaudiologia, ciência da área da saúde, que tem por objeto de estudo a comunicação humana e que utiliza conhecimentos da neurociência para atuar no diagnóstico e na reabilitação auditiva. Vejamos, a partir de agora, alguns conceitos

Cerca de 2.319 anos separam os primeiros estudos do cérebro humano das atuais descobertas, e o fato é que este pequeno pedaço do corpo ainda guarda dentro de si segredos e possibilidades infinitas...

importantes de plasticidade que se aplicam à clínica da reabilitação.

PLASTICIDADE

Entende-se por plasticidade a capacidade de recuperação do cérebro (ANUNCIATO, 1994). Trata-se da modificação de células nervosas e seu funcionamento, por meio de aprimoramento a partir de influências do meio ambiente, que causam uma mudança comportamental.

Para Lent (2005) o marco teórico da plasticidade é a neurociência. Para o autor a evolução deste conhecimento é tão vertiginosa que não existe uma neurociência, mas diversas, cada qual preocupada em explicar um tipo de fenômeno.

Ele cita como exemplos a neurociência molecular, que estuda a química do SNC; a celular, que estuda a estrutura e função das células do SNC; a sistêmica, preocupada em estudar a integração dos sistemas no SNC; a comportamental, que estuda fenômenos emocionais, sexuais e psicológicos; a neurociência cognitiva, que desenvolve estudos sobre as capacidades mentais do

DEBATE

ser humano como a linguagem, a memória, a consciência.

A plasticidade é diferente da maturação. Plasticidade ocorre durante a vida toda, refere-se à adaptação ao novo. Já a maturação acontece em tempo definido e possui relação direta com o desenvolvimento normal do indivíduo.

Para Neto (2009), a plasticidade pode ser *boa* ou *ruim*. A boa plasticidade é aquela que permite o desenvolvimento e a reabilitação. Já a outra está relacionada às doenças degenerativas, a acidentes e à privação sensorial, como a surdez, por exemplo.

Este fenômeno pode ser estudado de vários pontos de vista (LENT, 2008). Segundo a idade: ontogenética ou adulta; segundo a manifestação: morfológica, funcional ou comportamental; de acordo com o alvo: axônica, dendrítica ou sináptica; e por fim segundo o fenômeno: regeneração, brotamento, ramificação, aprendizagem, adaptação.

Abordaremos, a seguir, alguns tipos de plasticidade que são responsáveis pela reabilitação de muitos pacientes portadores de surdez.

Plasticidade produzida pela experiência

Ao longo da vida o ser humano passa por diferentes experiências que vão moldando seu organismo às necessidades do meio e das contingências da própria vida. Essas experiências causam alterações morfológicas do córtex cerebral. Podemos citar como exemplo aprender uma segunda língua, aprender a dirigir um carro ou a operar um computador. Na verdade, algumas teorias explicam que essas habilidades são inatas ao ser humano, e o contato com outros indivíduos e situações cotidianas favorece o seu desenvolvimento.

Ao longo da vida o ser humano passa por diferentes experiências que vão moldando seu organismo às necessidades do meio e das contingências da própria vida. Essas experiências causam alterações morfológicas do córtex cerebral.

Podemos citar como exemplo aprender uma segunda língua, aprender a dirigir um carro ou a operar um computador.

Plasticidade neuronal

Refere-se especificamente às alterações que ocorrem com a célula nervosa quando devidamente estimulada. Pode ser caracterizada por:

- aumento de número de neurônios;
- formação de neurônios (neurogênese);
- formação de novas sinapses (sinaptogênese);
- recuperação da eficácia sináptica: observada após acidentes vasculares, traumatismos ou cirurgias. Como exemplo, podemos citar um indivíduo que sofreu um traumatismo craniano. Um edema diminui a capacidade sináptica em uma região do

córtex importante para a fala. Logo depois do acidente o indivíduo não consegue falar, porém, com a reversão do edema, a capacidade sináptica se recupera e a fala também.

Plasticidade sináptica

É a mais importante para o fonoaudiólogo. Segundo Neto (2009) as sinapses são os “chips” do cérebro, responsáveis pelos fenômenos de habituação e sensibilização. Também são responsáveis pela capacidade de aprendizagem.

As sinapses podem ser modificadas pelos seguintes fenômenos:

- potencialização sináptica: ocorre quando um ou mais ramos do neurônio são lesados, porém um se mantém íntegro e é potencializado para compensar a falta dos demais. Isto pode ocorrer de forma natural (mecanismo de compensação) ou por ação medicamentosa;
- aumento da sensibilidade das células deafferentadas: o desaparecimento de alguns prolongamentos é seguido pelo aumento dos receptores da membrana pós-sináptica. Neste caso células vizinhas são acionadas;
- recrutamento de sinapses: muitos neurônios fazem contato com outras células nervosas, porém sem atividade relevante. Aqui as sinapses dormentes podem ser ativadas.

Adaptação

Trata-se da capacidade que o organismo possui para se adaptar às novas condições de vida. Esta capacidade é

explicada de maneiras diferentes por diferentes pesquisadores, haja vista as grandes teorias que procuram estudar o desenvolvimento da linguagem dos seres humanos: Piaget (teoria construtivista); Vygotsky (teoria sociointeracionista); e Chomski (teoria inatista).

O que realmente importa aqui é que a capacidade plástica do SNC existe e possibilita que, com suas ações, o fonoaudiólogo estimule as vias auditivas centrais e, desta forma, promova o desenvolvimento das habilidades auditivas, antes prejudicadas pela surdez.

DESENVOLVIMENTO DA PERCEPÇÃO AUDITIVA

Do ponto de vista da neurociência (LENT, 2005), percepção é a capacidade que seres humanos têm de associar as informações sensoriais à memória e à cognição, de modo a formar conceitos sobre o mundo e sobre si mesmos e orientar seu comportamento. Para o autor, a percepção é dependente, mas diferente dos sentidos, pois envolve processos complexos que a tornam uma experiência mental particular.

Desta maneira, depreendemos que os sentidos que se encarregam da primeira etapa da percepção são responsáveis pela parte analítica do processo que, ao final, permite a tomada de consciência do mundo que nos cerca, alterando comportamentos e a forma de vermos o mundo.

Toda percepção acontece em uma atmosfera de generalidade, diz Merleau-Ponty (1999), e toda vez que experimentamos uma sensação, passamos a tomar parte de um mundo, passamos a conhecê-lo e a vê-lo de outra maneira. Por ou-

tro lado, o mundo, para poder ser pensado, não pode ser ignorado. A percepção revela os objetos sonoros, na medida em que audição não é um simples instrumento de percepção, mas permite a experiência de uma modalidade de existência.

Segundo Vygotsky (1995), a audição é um dos processos biológicos naturais por meio do qual o ser humano faz contato, troca informações com o meio e aprende. Porém, escutar é muito mais que ouvir ou sentir o som. Para efetivamente escutarmos um som, é necessário senti-lo, tomar consciência do mesmo e reagir a ele de forma consciente ou não (RIBAS, 1999).

Autores que desenvolvem pesquisas em uma perspectiva biológica referem que *sentir* é uma resposta do receptor sensorial a um estímulo, quando impulsos nervosos são transmitidos ao longo das vias aferentes do sistema nervoso, enquanto *perceber* envolve a decodificação deste estímulo pelos centros mais altos do cérebro (MURCH, 1973) ou que *sensação* refere-se aos efeitos de um estímulo que excita um dos órgãos dos sentidos e *percepção*, ao processo mental de tomada de consciência ou de reconhecimento de um determinado objeto (STEDMAN, 1979).

Na concepção de Lasky e Katz (1983, p.5), percepção auditiva (que eles chamam de processamento auditivo) é “[...] o que fazemos com o que ouvimos[...]” e envolve desde a sensação da presença do sinal acústico até a análise desta informação no cérebro.

Segundo Boothroyd (1986), a percepção do som é um comportamento complexo que envolve uma série de atividades que se manifestam, de maneira hierárquica, no sistema sensorial periférico e central do

indivíduo. O processo perceptual auditivo envolve vários componentes: o evento a ser percebido (som); o órgão sensorial (orelha); os dados sensoriais transmitidos como estímulo elétrico através do nervo auditivo; e o processamento, isto é, a operação realizada pelos centros auditivos do cérebro e que resulta na percepção – representação interna do evento original.

De acordo com Sloan (1991), percepção auditiva é o resultado do processamento auditivo central e este, por sua vez, é tudo o que ocorre com o sinal acústico em um período determinado de tempo, desde sua entrada pelo meato acústico externo até o seu conhecimento pelo ouvinte, em nível cerebral. Durante todo o processamento, o sinal acústico é transformado, codificado e decodificado pelas vias auditivas. Com base neste aspecto, a autora expôs que a percepção auditiva não é uma réplica direta do sinal acústico, mas sua representação construída pelo processamento do sinal pelas vias auditivas. Este processamento, segundo Bellis (1996), depende das vias auditivas e da experiência consciente do estímulo pelo ouvinte. Este comportamento é altamente influenciado pelos altos níveis neurocognitivos e comportamentais, relacionados, principalmente, à memória, atenção e aprendizagem. São estes altos níveis que influenciam o reconhecimento, a decodificação e a interpretação do sinal acústico, a fim de que, depois do seu processamento, ele seja percebido e compreendido ou, então, desconsiderado.

Para Schmid (2005), além de funcionar como transdutor/amplificador de energia, o ouvido é um sistema que monitora o ambiente, leva ao cérebro a descrição física do ruído

DEBATE

e outros elementos necessários à sua identificação, e tem efeito qualitativo sobre o indivíduo.

É importante ressaltar que a percepção auditiva, em muitas situações, envolve a integração do sistema auditivo central com outros sistemas sensoriais e, também, envolve as experiências do indivíduo durante a sua vida e a importância do estímulo auditivo para cada pessoa. O indivíduo utiliza diferentes áreas corticais do cérebro, dependendo do tipo de análise que necessita realizar sobre o estímulo que ouviu (ZATORRE e col., 1992). Portanto, não se ouve apenas com o ouvido e vias auditivas, ouve-se, sim, com o funcionamento inter-relacionado de todas as áreas corticais e subcorticais do cérebro.

Ainda sobre a percepção auditiva, é importante salientar que existem diferentes habilidades que o indivíduo deve realizar para efetivamente escutar um som:

- Localização - habilidade de determinar o local de origem de uma fonte sonora;
- Figura-fundo – habilidade de identificar um determinado sinal sonoro na presença de outros sons competitivos;
- Síntese ou integração binaural – habilidade para reconhecer estímulos apresentados, simultânea ou alternadamente, em ambas as orelhas;
- Separação binaural – habilidade para atender e integrar informações auditivas diferentes,

apresentadas nas duas orelhas simultaneamente;

- Fechamento – habilidade para reconhecer o sinal acústico, quando partes dele são omitidas;
- Discriminação – capacidade de diferenciação do som;
- Memória – habilidade para armazenar e reter o estímulo auditivo;
- Atenção – habilidade para deter-se em um determinado estímulo durante um período de tempo;
- Associação – habilidade para estabelecer relações distintas entre diferentes fontes sonoras;
- Compreensão ou cognição – habilidade para estabelecer relações entre o estímulo e o seu significado, para uma adequada interpretação do mesmo;
- Reconhecimento de sequências de estímulos sonoros no tempo.

Esta lista de tarefas auditivas se processa nos sistemas auditivos periférico e central.

Por sistema auditivo periférico entendemos a orelha externa, formada pelo pavilhão auricular, meato e conduto auditivo; orelha média, composta pela membrana timpânica, cadeia ossicular e janelas oval e redonda; e o ouvido interno, composto pela cóclea e pelo órgão de Corti. Este sistema não é plástico. A criança, ao nascer, já possui este aparelho pronto para funcionar. Aliás, pesquisas apontam que o ouvido co-

meça a funcionar mesmo dentro do ventre materno e as crianças ouvintes nascem com memória auditiva. Em função disto, depois de instalada a surdez neurosensorial, somente com o uso de aparelhos se conseguem melhorar os limiares auditivos.

Já o sistema auditivo central é plástico. Composto pelas vias auditivas que percorrem toda a estrutura do tronco encefálico e adentram o cérebro, faz conexões com diferentes áreas corticais.

Se tomarmos por base as considerações feitas anteriormente sobre plasticidade e percepção auditiva, compreenderemos a importância do trabalho fonoaudiológico com indivíduos surdos que utilizam IC. Vejamos, a seguir, como funcionam as estruturas auditivas centrais e como o fonoaudiólogo pode atuar para a melhoria da percepção auditiva de um indivíduo implantado.

PLASTICIDADE AUDITIVA E O IMPLANTE COCLEAR

O IC é indicado, na maioria dos casos, para indivíduos portadores de perda auditiva severa ou profunda, que não possuem benefício com o uso do aparelho de amplificação sonora, mais conhecido por prótese auditiva.

Também leva-se em consideração a época em que a perda auditiva se instalou. No caso de perdas pós-linguais, aquelas que acometem a pessoa depois que ela já adquiriu linguagem, o prognóstico é melhor, pois já existe memória auditiva, o que facilita o processo de adaptação.

Em crianças que ensurdecem antes de desenvolverem a linguagem oral, temos as chamadas perdas pré-linguais. Neste caso o prognóstico piora à medida que a criança cresce, ou seja, quanto mais cedo o implante for realizado melhores serão os resultados.

Em crianças que ensurdecem antes de desenvolverem a linguagem oral, temos as chamadas perdas pré-linguais. Neste caso o prognóstico piora à medida que a criança cresce, ou seja, quanto mais cedo o implante for realizado melhores serão os resultados.

Neste sentido, podemos imaginar três classes de pessoas que hoje se beneficiam deste mecanismo eletrônico:

- crianças que apresentam perda auditiva pré-lingual;
- jovens e adultos que apresentam perda auditiva pós-lingual;
- e aqueles que possuem perdas auditivas pré-linguais mas que, por algum motivo, não tiveram a chance de realizar o IC na época mais adequada.

Em qual destes casos acontece a plasticidade auditiva?

Quem acredita que acontece nos três casos acertou. A plasticidade vai beneficiar a todos os usuários de IC, porém, cada qual em uma intensidade diferenciada, pois cada indivíduo possui uma estrutura neurológica específica, já estimulada em maior ou menor grau.

Algumas pessoas usuárias do implante que tiveram boa experiência auditiva antes de ensurdecerem têm bom desempenho auditivo mesmo sem treinamento específico. Porém, na maioria dos casos, o trabalho fonoaudiológico é fundamental. Cabe ao profissional fonoaudiólogo ensinar

usuários de implante a escutar, por meio de atividades e tarefas específicas. E esta aprendizagem somente é possível, graças à capacidade plástica do SNC.

A via auditiva aferente é composta por cinco estações auditivas, localizadas ao longo do tronco encefálico (núcleo coclear, complexo olivar, leminisco lateral, corpo geniculado e tubérculo quadrigêmeo) e estruturas cerebrais. Cada estação é responsável por análises importantes do sinal acústico. Vejamos.

Do nervo coclear de cada uma das orelhas, as fibras nervosas seguem para os núcleos cocleares. Eles são ipsilaterais, ou seja, o núcleo coclear da orelha esquerda recebe apenas fibras nervosas oriundas da orelha esquerda. Estes núcleos são tonotópicos, fazem a diferenciação de frequências altas e baixas em consonância com o sinal acústico recebido e pré-analisado dentro da cóclea.

No complexo olivar superior, grande parte das fibras que partem da cóclea direita cruzam para o lado esquerdo e vice-versa. Esta estação está envolvida com a localização sonora de baixas e altas frequências, e auxilia na decodificação da direção do som no espaço.

No leminisco lateral, as fibras projetam-se ipsilateralmente ou contralateralmente. É a principal via do tronco cerebral, pois leva as informações do núcleo coclear ao colículo inferior. Toda a via auditiva,

da cóclea ao córtex, é tonotópica, porém o leminisco é o mais sensível.

O tubérculo quadrigêmeo inferior é a estrutura mais larga do tronco encefálico. Sua principal função é de localização da fonte sonora e resolução de frequência. Dele as fibras partem para o corpo geniculado. Este se localiza no tálamo e mantém o direcionamento da atenção livre.

O corpo geniculado divide-se em ventral, medial e dorsal, sendo a parte medial a mais importante para o sistema auditivo, pois possui projeções para várias rotas subcorticais e corticais. A grande função desta estação é o processamento da fala.

Do corpo geniculado, as fibras irradiam-se pela formação reticular, que é o centro do tronco encefálico. Neste momento, não se consegue mais diferenciar ou distinguir as fibras auditivas, visuais e somatocinestésicas, a organização é difusa. Esta estação atua na atenção seletiva, isto é, figura-fundo.

No córtex cerebral, as fibras dirigem-se para o giro de Heschl, *planum* temporal, giro supramarginal, lobo parietal, ínsula e corpo caloso. Nestas estruturas, os sinais auditivos serão processados e associados aos estímulos visuais e somatocinestésicos (MACHADO, 2003; LÚRIA, 1992).

No ser humano, o cérebro é dividido em dois hemisférios cerebrais que são, essencialmente, imagens em espelho, contendo centros semelhantes para o processamento de funções sensitivas e motoras (BHATNAGAR, 2004).

Cada hemisfério cerebral controla o lado oposto do corpo e, além das funções sensitivo-motoras básicas, apresenta habilidades especializadas, por exemplo: em termos auditivos o hemisfério esquerdo é superior no processamento de elementos

DEBATE

segmentares da fala ou linguagem, enquanto o hemisfério direito está mais bem equipado para processar música e elementos suprasegmentares da fala, como ritmo, entonação, tempo e melodia.

Cada hemisfério cerebral é dividido anatomicamente em cinco lobos: parietal, frontal, occipital, temporal e insular.

O córtex auditivo localiza-se no lobo temporal. O campo do lobo temporal ocupa o giro transversal e o giro de Heschl, onde se situam as áreas auditivas 21, 22, 44, 41 e 42 de Broadmann, responsáveis por uma série de atividades relacionadas com a percepção auditiva de diferentes sons, desde a linguagem até simples ruídos.

Assim como a cóclea e as vias auditivas de tronco encefálico, o córtex auditivo também apresenta representação tonotópica de espectro de frequência e mapas de localização sonora, porém, depois que as fibras ascendem do corpo geniculado medial, fica difícil determiná-las ou separá-las de fibras aferentes visuais e cinestésicas (BONALDI, 1997).

Apesar de ter sido estudado por muitos cientistas, a exemplo de Broadmann, de maneira a se identificarem partes, o cérebro é um todo e atua como tal em todas as suas manifestações, e a neuromorfologia comprova, atualmente, a existência não de compartimentos especializados em uma ou outra tarefa, mas

de vários níveis de atividades e de funções cerebrais (LÚRIA, 1992).

Segundo o autor, o cérebro pode ser dividido em três blocos funcionais. O primeiro inclui o tronco encefálico e o sistema límbico e atua na função de alerta e atenção, localização da fonte e atenção seletiva. O segundo inclui partes posteriores dos hemisférios cerebrais e garante as funções receptivas visuais, auditivas e cinestésicas. Atuam na discriminação, análise e síntese, memória de curto prazo, associação de informações, reconhecimento e identificação de estímulos. O terceiro inclui partes anteriores dos hemisférios cerebrais e garante a programação, regulação e controle das ações humanas, além das funções eferentes que permitem a execução de comportamentos.

Portanto, a capacidade de codificar e decodificar mensagens sonoras não depende apenas da acuidade auditiva, mas da integridade das vias centrais da audição, das associações sensoriais e das experiências auditivas do indivíduo (Vygotsky, 1995). Compreender mensagens sonoras depende de todo o processo de associação que ocorre entre as vias auditivas e outras áreas corticais relacionadas aos demais sentidos humanos. No processo de compreender algo, todo o cérebro da pessoa reage e processa informações, e, no fim, executa uma tarefa em resposta à estimulação.

Se toda esta estrutura pode ser

modificada a partir de estimulação recebida, podemos inferir que é possível ensinar uma pessoa a ouvir (no caso de quem nasceu surdo) ou a ouvir novamente (no caso de quem ensurdeceu).

Cabe ao fonoaudiólogo revelar ao usuário de IC o mundo sonoro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A capacidade que o SNC possui de se modificar a partir de estimulações específicas representa o ponto de partida para todo o trabalho de reabilitação fonoaudiológica.

Depois que um surdo passa a usar o IC é necessário que ele se submeta ao treinamento auditivo, pois somente assim utilizará efetivamente suas funções auditivas.

Antes, a cóclea sem função não estimulava as vias auditivas centrais. Depois de realizado o IC, as vias passaram a receber estimulação e devem “aprender” a reagir, codificar e decodificar os novos sons.

É um processo lento, que depende da dedicação do surdo, de sua família e de quem o reabilita: médicos, fonoaudiólogo programador e fonoaudiólogo reabilitador. E para que o processo de reabilitação ocorra da melhor maneira, é importante que todos conheçam a capacidade plástica do sistema e nela acreditem.

Referências bibliográficas

- ANUNCIATO, N.F. O processo plástico do sistema nervoso. Revista *Temas sobre Desenvolvimento*. v.3, 1994.
- BELLIS, T.J. *Assessment and management and central auditory processing disorders*. Califórnia: Singular, 1996.
- BHATNAGAR, S.C. *Neurociência para o estudo dos distúrbios da comunicação*. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2004.
- BONALDI, L.V. *Bases anatômicas da audição e do equilíbrio*. São Paulo: Ed Santos, 2004.
- BOOTHROYD, A. Acoustic perception of speech. In: RUSSO, I; SANTOS, M.T. *Audiologia Infantil*. São Paulo: Cortez, 1994.
- LASKY, E.Z; KATZ, J. *Perspectives on central auditory processing*. Texas: Pro-ed, 1983.
- LENT, R. *Cem bilhões de neurônios*. São Paulo: Atheneu, 2005.
- _____. *Neurociência da Mente e do Comportamento*. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2009.
- LURIA, Alexander. *Desenvolvimento cognitivo*. São Paulo: Ícone, 1992.
- MACHADO, S. *Processamento auditivo, uma nova abordagem*. São Paulo: Plexus, 2003.
- MERLEAU-PONTY, M. *Fenomenologia da percepção*. São Paulo: Martins Fontes, 1999.
- MURCH, C.M. *Visual and auditory perception*. New York: Bobbs-Merryl, 1973.
- NETO. Plasticidade auditiva. Conferência proferida no IV EIPA. São Paulo: 2009.
- RIBAS, A. *A relação entre o processamento auditivo central e o distúrbio de aprendizagem*. 1999. Dissertação. (Programa de pós-graduação em Distúrbios da Comunicação) – Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba.
- SCHMID, A.L. *A idéia de conforto: reflexões sobre o ambiente construído*. Curitiba: Pacta.
- SLOAN, C. *Treating auditory processing difficulties in children*. Califórnia: Singular, 1991.
- STEDMAN. *Dicionário Médico*. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1979.
- VYGOTSKY, L. *Fundamentos da defectologia*. Cuba: Pueblo e Educación, 1995. [Obras completas]
- ZATORRE, R.J. Lateralization of phonetic and pitch discrimination in speech processing. *Science*: 256: 846-9, 1992.