

BOLALARDA KOXLEAR IMPLANTLARNI DASTURLASHDA ELEKTR ESHITISH BO'SAG'ALARINING KLINIK AHAMIYATI

Abdukayumov A.A., Abdukamilova M.M., Nadjimutdinova N.Sh., Musayev A.A., Razzakov A.D.

Respublika ixtisoslashtirilgan pediatriya ilmiy-amaliy tibbiyot markazi, Toshkent

РЕЗЮМЕ

Цель. Оценить клиническое значение электрических порогов и максимально комфортных уровней при программировании кохлеарных имплантов у детей, а также обобщить факторы, способные изменять эти параметры.

Материал и методы. Выполнен аналитический обзор публикаций, посвященных электрическому динамическому диапазону и объективизации настройки кохлеарных имплантов. В качестве исходной работы использовано исследование J.L. Vargas и соавт., в котором изучены карты программирования 121 пользователя системы COMBI 40+ в возрасте от 18 месяцев до 68 лет. Результаты этой работы сопоставлены с современными данными об использовании ECAP/NRT и электрически вызванного стапедального рефлекса у детей.

Результаты. В опубликованной выборке величина THR была связана с возрастом при имплантации, наличием недавнего слухового опыта и состоянием улитки. У детей младше 5 лет пороговые уровни были ниже, чем в группе 5-16 лет, а у взрослых – выше, чем в обеих детских группах. Для MCL сопоставимой возрастной зависимости не выявлено. Отсутствие недавнего слухового опыта сопровождалось повышением THR, тогда как тяжелое повреждение улитки ассоциировалось с увеличением и THR, и MCL. Современные исследования подтверждают клиническую полезность объективных методов, однако показывают, что электрофизиологические пороги не должны механически приравниваться к поведенческим уровням карты.

Заключение. Электрический порог и максимально комфортный уровень характеризуют разные границы электрического динамического диапазона и неодинаково реагируют на клинические факторы. У детей раннего возраста наиболее обоснован индивидуальный мультимодальный подход, объединяющий объективные измерения, наблюдение за поведенческой реакцией, свободнопольную аудиометрию и последующую оценку слухоречевого развития.

Ключевые слова: кохлеарная имплантация, дети, программирование, электрический порог, THR, MCL, ECAP, NRT, eSRT, слуховой нерв.

SUMMARY

Objective. To evaluate the clinical relevance of electrical thresholds and maximum comfortable stimulation levels in pediatric cochlear implant programming and to summarize factors associated with variation in these parameters.

Materials and methods. Published evidence on the electrical dynamic range and objective cochlear implant programming was analytically reviewed. The study by J.L. Vargas et al., based on programming maps from 121 COMBI 40+ users aged 18 months to 68 years, was used as the principal reference. Its findings were considered together with more recent evidence on ECAP/NRT and electrically evoked stapedius reflex measurements in children.

Results. Published data indicate that THR varies with age at implantation, recent auditory experience, and cochlear status. Thresholds were lower in children implanted before 5 years of age than in those implanted at 5-16 years, while adults showed the highest values.

A comparable age effect was not demonstrated for MCL. Lack of recent auditory experience was associated with higher THR, whereas severe cochlear damage was associated with increases in both THR and MCL. Contemporary studies support the clinical usefulness of objective measures in pediatric fitting, but electrophysiological thresholds should not be treated as direct substitutes for behavioral map levels.

Conclusion. Electrical threshold and maximum comfortable level describe different boundaries of the electrical dynamic range and are influenced differently by clinical factors. In young children, programming is best individualized by integrating objective measurements with behavioral observation, free-field audiometry, and longitudinal assessment of auditory and speech development.

Keywords: cochlear implantation, children, programming, electrical threshold, THR, MCL, ECAP, NRT, eSRT, auditory nerve.

Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti ma'lumotlariga ko'ra, dunyo bo'yicha 34 milliondan ortiq bola nogironlashtiruvchi darajadagi eshitish qobiliyati pastligiga

ega, tug'ma neyrosensor eshitish qobiliyati pastligi esa har 1000 ta tirik tug'ilgan chaqaloqning taxminan 1-3 tasida uchraydi. Og'ir va chuqur darajadagi tug'ma

neyrosensor karlik holatlarining katta qismida koxlear implantatsiya bolada eshitish va nutq rivojlanishini ta'minlashning asosiy usuli hisoblanadi [6]. Koxlear implantatsiya eshituv nervi tuzilmalarini bevosita elektr stimulyatsiya qilish orqali akustik axborotni uzatish imkonini beradi. Biroq elektrodlar matritsasining muvaffaqiyatli joylashtirilishi va implant tizimining barqaror ishlashi kundalik hayotdagi eshitish sifatini o'z-o'zidan ta'minlamaydi. Tizim faollashtirilgandan so'ng nutq protsessorini individual sozlashning uzoq muddatli bosqichi boshlanadi. Ushbu jarayonda qurilmaning texnik imkoniyatlari har bir bemorning eshituv tizimi individual javob xususiyatlariga moslashtirilishi lozim.

Ko'p kanalli koxlear implant tizimida har bir elektrod belgilangan elektr stimulyatsiya diapazoni doirasida ishlaydi. Diapazonning quyi chegarasi elektr stimul eshitila boshlaydigan minimal darajaga, yuqori chegarasi esa yetarlicha baland, ammo noqulaylik tug'dirmaydigan maksimal komfort stimulyatsiya darajasiga mos keladi. Ushbu ikki ko'rsatkich orasida elektr dinamik diapazon shakllanadi. Uning chegaralarini noto'g'ri belgilash turli klinik oqibatlariga olib kelishi mumkin: past intensivlikdagi nutq va atrof-muhit tovushlari eshitilmay qolishi yoki, aksincha, ayrim tovushlar haddan tashqari baland va noqulay qabul qilinishi mumkin.

Barqaror eshitish tajribasiga ega katta yoshli bemorlarda dasturlash jarayonida ko'p jihatdan bemorning verbal javoblariga tayanish mumkin. Pediatrik amaliyotda esa vaziyat boshqacha. Kichik yoshdagi bola tovushni aniqlashi mumkin, biroq uning balandligini ishonchli taqqoslay olmasligi, ketma-ket stimullarga yetarlicha diqqat qaratmasligi yoki noqulaylikni aniq ifodalay olmasligi mumkin. Shu sababli audiologning vazifasi yagona “ideal” obyektiv ko'rsatkichni topish emas, balki bir nechta axborot manbalarini o'zaro solishtirib, individual qaror qabul qilishdan iborat.

Bunday manbalarga impedans telemetriyasi, elektr orqali chaqirilgan eshituv nervi harakat potentsiali (ECAP; turli ishlab chiqaruvchilar tizimlarida NRT yoki ART atamallari qo'llanadi), elektr orqali chaqirilgan stapedius refleksi (eSRT), bolaning xulq-atvor reaksiyalarini kuza-tish hamda dasturlash natijalarini funksional baholash kiradi. Zamonaviy ma'lumotlar obyektiv ko'rsatkichlar dastlabki xaritaning shakllantirishda muhim ekanligini ko'rsatadi, biroq ular bilan individual xulq-atvor asosida aniqlangan darajalar o'rtasidagi bog'liqlik mutlaq emas [1,2,3].

Shu sababli elektr eshitish bo'sag'alarini klinik jihatdan to'g'ri talqin qilish muhim ahamiyat kasb etadi.

TADQIQOT MAQSADI

Bolalarda koxlear implantni dasturlash jarayonida elektr eshitish bo'sag'asi va maksimal komfort stimulyatsiya darajasining klinik ahamiyatini baholash hamda ushbu parametrlarga ta'sir qiluvchi omillarni umumlashtirish.

TADQIQOT MATERIALI VA USULLARI

Mazkur ish analitik sharh shaklida bajarildi. Muho-kama uchun asos sifatida Vargas J.L. va hammuallif-

larining tadqiqoti olindi [5]. Ushbu tadqiqotda Ispaniyaning Granada shahridagi San Cecilio University Hospital klinikasida COMBI 40+ tizimi implantatsiya qilingan 121 nafar bemorning dasturlash xaritalari tahlil qilingan. Operatsiya vaqtida bemorlarning yoshi 18 oylikdan 68 yoshgacha bo'lgan.

Dastlabki tadqiqotda bemorlar yoshiga qarab uch guruhga ajratilgan: 5 yoshgacha, 5-16 yosh va 16 yoshdan katta. Bundan tashqari, yaqin davrdagi eshitish tajribasining mavjudligi yoki mavjud emasligi hisobga olingan hamda koxleaning og'ir darajadagi shikastlanishi bo'lgan bemorlar alohida guruh sifatida tahlil qilingan. Asosiy o'rganilgan ko'rsatkichlar elektr eshitish bo'sag'asi – THR, maksimal komfort darajasi – MCL hamda elektrodlar matritsasi bo'ylab stimulyatsiya darajalarining taqsimlanishi bo'lgan.

Asosiy manba tadqiqotda guruhlararo (yosh, eshitish tajribasi, koxlea holati bo'yicha) THR va MCL ko'rsatkichlarini solishtirish uchun statistik tahlil usullari (dispersion tahlili va guruhlararo taqqoslash mezonlari) qo'llanilgan; aniq statistik ko'rsatkichlar (p-qiymatlar) manba maqolada keltirilgan bo'lib, ushbu sharhda ular umumlashtirilgan tarzda, bog'liqlikning yo'nalishi va klinik ahamiyati nuqtai nazaridan taqdim etiladi [5].

Natijalarni klinik jihatdan talqin qilish maqsadida bolalarda eSRT va ECAP kabi obyektiv dasturlash usullaridan foydalanishga bag'ishlangan zamonaviy ilmiy ishlar ham ko'rib chiqildi [1,3]. Turli ishlab chiqaruvchilarda stimulyatsiya birliklari, kodlash strategiyalari va dasturlash darajalarining nomlanishi farq qilishi sababli, ushbu sharhda mutlaq sonli qiymatlarni boshqa tizimlarga ko'chirishga emas, balki aniqlangan bog'liqliklarning yo'nalishi va klinik ahamiyatiga e'tibor qaratildi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Implantatsiya vaqtidagi yosh

Vargas J.L., va hammualliflarining tadqiqotida [5] eng izchil bog'liqlik THR ko'rsatkichi uchun aniqlangan. 5 yoshgacha implantatsiya qilingan bolalarda elektr eshitish bo'sag'alari 5-16 yoshli bemorlarga nisbatan statistik jihatdan past bo'lgan. O'z navbatida, 5-16 yoshli bemorlarda THR katta yoshli bemorlarga nisbatan pastroq bo'lgan. MCL uchun yoshga bog'liq shunga o'xshash izchil farq aniqlanmagan. Ushbu natija muhim klinik ahamiyatga ega: elektr dinamik diapazonning quyi va yuqori chegaralarini bir xil klinik omillar ta'sirida parallel ravishda o'zgaradigan ko'rsatkichlar sifatida baholash to'g'ri emas.

Avvalgi eshitish tajribasining ahamiyati

Yaqin davrda eshitish tajribasining mavjud emasligi yuqoriroq THR qiymatlari bilan bog'liq bo'lgan [5]. Shu bilan birga, ushbu omilga qarab MCL ko'rsatkichida sezilarli o'zgarish aniqlanmagan. Bu qonuniyat eshitish stimulyatsiyasining davomiyligi va uzluksizligi eshituv tizimining elektr stimulga javobiga ta'sir ko'rsatishi mumkinligini ko'rsatadi. Biroq faqat yuqori THR qiymatiga asoslanib, saqlanib qolgan eshituv nervi neyronlari soni yoki kelajakdagi nutqni idrok etish

natijalari haqida xulosa chiqarish mumkin emas [2]. O'lganadigan elektr darajalariga anatomik xususiyatlar, elektrodning joylashuvi, "elektrod-to'qima" interfeysi, elektr impuls parametrlari va implant tizimining texnik xususiyatlari bir vaqtning o'zida ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Koxleaning holati

Koxleaning og'ir darajadagi shikastlanishi mavjud bo'lgan bemorlarda elektr dinamik diapazonning har ikki chegarasi – THR va MCL – yuqori bo'lgan [5]. Shuning uchun klinik amaliyotda odatdagidan yuqori stimulyatsiya darajalari aniqlanganda keng qamrovli tahlil o'tkazish zarur. Anamnez va anatomik xususiyatlar bilan bir

qatorda impedans ko'rsatkichlari, eshituv nervining elektr stimulga javobi, elektrodlar matritsasining joylashuvi va funksional eshitish natijalarini ham baholash lozim.

Elektrodning koxleadagi joylashuvi

Koxleaning og'ir shikastlanishi bo'lmagan bemorlarda bazal elektrodlar elektrodlar matritsasining boshqa qismlariga nisbatan o'rtacha yuqoriroq stimulyatsiya darajalarini talab qilgan [5]. Ushbu kuzatuv har bir kanalni individual sozlash zarurligini ko'rsatadi. Barcha elektrodga bir xil stimulyatsiya darajasini qo'llash koxlea bo'ylab "elektrod-neuron" interfeysining individual xususiyatlarini to'liq aks ettirmasligi mumkin.

Asosiy omillarning umumlashtirilgan tavsifi

1-jadval

Klinik omillarning THR va MCL ko'rsatkichlariga ta'siri

Klinik omil	THR	MCL
Implantatsiya vaqtida yoshning kattalashishi	Oshish tendensiyasi	Yosh bilan taqqoslanadigan bog'liqlik aniqlanmagan
Yaqin davrda eshitish tajribasining mavjud emasligi	Oshadi	Muhim bog'liqlik aniqlanmagan
Koxleaning og'ir shikastlanishi	Oshadi	Oshadi
Bazal elektrodlar*	Yuqoriroq stimulyatsiya darajasi	Yuqoriroq stimulyatsiya darajasi

* Og'ir koxlear shikastlanishi bo'lmagan bemorlarda bazaviy tadqiqot ma'lumotlariga ko'ra [5].

1-jadvalda keltirilgan ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, THR ko'rsatkichi tahlil qilingan barcha klinik omillarga (implantatsiya yoshi, eshitish tajribasi, koxlea holati, elektrod joylashuvi) sezgir bo'lgan holda, MCL faqat koxleaning og'ir shikastlanishi va elektrodning bazal joylashuvi bilan bog'liq holda o'zgargan, yosh va eshitish tajribasi omillariga esa izchil reaksiya bermagan. Bu THR va MCL ning elektr dinamik diapazonning klinik jihatdan bir-biridan mustaqil ravishda boshqariladigan ikki chegarasi ekanligini tasdiqlaydi va ularni dasturlashda alohida baholash zarurligini ko'rsatadi [5].

Bolalarda THR ning klinik ahamiyati

THR elektr dinamik diapazonning quyi chegarasidagi o'zgarishlarni aks ettiruvchi sezgir qo'shimcha ko'rsatkich sifatida klinik ahamiyatga ega bo'lishi mumkin. Agar elektr eshitish bo'sag'alari kutilganidan yuqori bo'lsa, qo'shni elektrodlar o'rtasida sezilarli farq qilsa yoki vaqt o'tishi bilan keskin o'zgarsa, nafaqat dasturlash xaritasini, balki texnik va klinik omillarni ham qayta tekshirish zarur.

Shu bilan birga, THR ni ehtiyotkorlik bilan talqin qilish lozim. Yuqori THR ning o'zi eshituv nervi patologiyasi mavjudligini isbotlamaydi, past THR esa yaxshi nutq idrokini kafolatlamaydi [2]. Bola uchun yakuniy funksional natija muhim: nutq tovushlarining komfort balandlikda eshitisli, eshituv diqqatining shakllanishi, tovush va nutq signallarini farqlash hamda nutqni tushunish qobiliyatining bosqichma-bosqich rivojlanishi.

Amaliy dasturlash algoritmi

1. Impedans telemetriyasini o'tkazish va texnik nosozliklarni istisno qilish.

2. Eshituv nervining javobini tasdiqlash va elektrod kanallari bo'yicha qo'shimcha ma'lumot olish uchun ECAP/NRT/ART ni qayd etish [1, 3].

3. Texnik imkoniyat va o'rta quloq holati mos bo'lganda eSRT ni aniqlash [1, 3].

4. Bolaning yoshi, eshitish tajribasi, anatomik xususiyatlari va obyektiv ko'rsatkichlarni hisobga olgan holda xavfsiz dastlabki dasturlash xaritasini shakllantirish.

5. Bolaning javoblari ishonchiligi ortib borishi bilan quyi va yuqori stimulyatsiya darajalarini xulq-atvor reaksiyalari asosida aniqlashtirish.

6. Erkin tovush maydonida audiometriya o'tkazish va nutq signallarining eshitisli baholash.

7. Funksional eshitish ko'rsatkichlari hamda eshitish-nutq rivojlanishi dinamikasi asosida dasturlash xaritasini bosqichma-bosqich korreksiya qilish.

Cheklovlar

Yosh va klinik omillar tahliliga asos bo'lgan asosiy tadqiqot COMBI 40+ tizimidan foydalanuvchi bemorlarda o'tkazilgan [5]. Shu sababli undagi elektr stimulyatsiyaning mutlaq qiymatlarini zamonaviy koxlear implant tizimlari yoki boshqa ishlab chiqaruvchilarning platformalariga bevosita ko'chirish mumkin emas.

Bundan tashqari, turli koxlear implant tizimlarida bo'sag'a va komfort darajalarini ifodalash terminologiyasi hamda elektr stimulyatsiya birliklari bir-biridan farq qiladi. Shu sababli turli tadqiqotlarni taqqoslashda mutlaq sonli qiymatlardan ko'ra aniqlangan bog'liqliklarning yo'nalishi va ularning klinik mazmuniga e'tibor qaratish maqsadga muvofiq.

Mazkur ish chop etilgan ilmiy ma'lumotlarning analitik sharhi bo'lib, mualliflarning shaxsiy klinik guruhida olingan natijalarni aks ettirmaydi. Ta'riflangan qonuniyatlarni zamonaviy pediatrik populyatsiyada tasdiqlash uchun yagona dasturlash protokoli, obyektiv elektrofiziologik tekshiruvlar va funksional natijalarni

baholashni o'z ichiga olgan prospektiv tadqiqotlar talab etiladi [2].

XULOSA

Elektr eshitis bo'sag'alari va maksimal komfort stimulyatsiya darajalari koxlear implant dasturlash xaritasining o'zaro bog'liq, biroq bir-birini to'liq almash-tirmaydigan parametrlaridir. Chop etilgan ma'lumotlarga ko'ra, THR implantatsiya vaqtidagi yosh va yaqin davrdagi eshitis tajribasiga nisbatan sezgirroq bo'lib, koxleaning og'ir shikastlanishi elektr dinamik diapazonning har ikki chegarasi – THR va MCL – oshishiga olib kelishi mumkin [5]. Erta yoshdagi bolalarda obyektiv elektrofiziologik tekshiruvlarni dasturlash xaritasini bosqichma-bosqich xulq-atvor reaksiyalari asosida aniqlashtirish bilan birgalikda qo'llash klinik jihatdan eng maqbul yondashuv hisoblanadi. ECAP/NRT/ART va eSRT bolaning subyektiv javoblari yetarlicha ishonchli bo'lmagan davrda muhim obyektiv yo'nalish beradi, biroq ushbu ko'rsatkichlarning hech biri alohida holda dasturlashning yagona mezoni sifatida qo'llanmasligi kerak [1,2,3].

Koxlear implantni sifatli dasturlash mezoni bolaning xaritasi o'rtacha statistik qiymatlarga qanchalik mos kelishi emas, balki komfort dinamik diapazonda barqaror eshitis imkoniyatiga erishishidir. Bu natija erkin tovush maydonidagi audiometriya, nutq signallarining eshitisli hamda bolaning eshitis-nutq rivojlanishidagi ijobiy dinamika bilan tasdiqlanishi lozim.

ADABIYOTLAR

1. Pérez-Rodríguez MÁ, Torres-Gómez SF, Conde-Pacheco ME, Romero-Díaz A. Electrically evoked stapodial reflex threshold and behavioral method usefulness in the cochlear implant programming in pediatric population//Int J Pediatr Otorhinolaryngol. 2023;166:111473. doi: 10.1016/j.ijporl.2023.111473.
2. Jafari Z., Fitzpatrick E.M., Schramm D.R., Rouillon I., Koravand A. Prognostic value of electrophysiological and MRI findings for pediatric cochlear implant outcomes: a systematic review // Am J Audiol. 2024;33(3):1023–1040. doi:10.1044/2024_AJA-23-00272.
3. Antony PJ, Saravanan P, Puttapasappa M, Chinnaraj G, Megha. Predicting most comfortable listening levels of ESRT from ECAP thresholds in paediatric cochlear implant users // Int J Pediatr Otorhinolaryngol. 2025;188:112194. doi: 10.1016/j.ijporl.2024.112194.
4. Vargas J.L., Sainz M., Roldan C., Alvarez I., de la Torre A. Long-term evolution of the electrical stimulation levels for cochlear implant patients // Clin Exp Otorhinolaryngol. 2012;5(4):194–200. doi:10.3342/ceo.2012.5.4.194.
5. Vargas J.L., Sainz M., Roldan C., Alvarez I., de la Torre A. Analysis of electrical thresholds and maximum comfortable levels in cochlear implant patients // Auris Nasus Larynx. 2013;40(3):260–265. doi: 10.1016/j.anl.2012.09.002.
6. World Health Organization. World report on hearing. Geneva: WHO, 2021.