

Історичний нарис = Historical essays = Исторический очерк

DOI: <https://doi.org/10.25305/unj.90411>

Від долота і молотка до керованого «розуму» в нейрохірургії

Поліщук М.Є.

Кафедра нейрохірургії,
Національна медична академія
післядипломної освіти імені П.Л.
Шупика МОЗ України, Київ, Україна

Надійшла до редакції 20.11.2017
Прийнята до публікації 12.02.2018

Адреса для листування:

Поліщук Микола Єфремович,
Кафедра нейрохірургії,
Національна медична академія
післядипломної освіти імені П.Л.
Шупика, вул. Платона Майбороди,
32, Київ, Україна, 04050, e-mail:
neuroprofessor@gmail.com

Нейрохірургія пройшла шлях від молотка, долота, вилущення пухлини мозку «розумним» пальцем до мікрохірургії, ендоскопії, ендovasкулярної хірургії. Як найбільш технологічно оснащена вона наблизилася до впровадження керованого розуму як в наукових дослідженнях, так і в практичній діяльності, більше, ніж інші науки.

Ключові слова: нейрохірургія; навігація; ендоскопія; мікрохірургія; керований розум

Український нейрохірургічний журнал. 2018;(1):92-5

From the chisel and the hammer to the controlled mind in neurosurgery

Mykola Ye. Polishchuk

Department of Neurosurgery,
Shupyk National Medical Academy of
Postgraduate Education, Kyiv, Ukraine

Received: 20 November 2017
Accepted: 12 February 2018

Address for correspondence:

Mykola Ye. Polishchuk, Department
of Neurosurgery, Shupyk National
Medical Academy of Postgraduate
Education, 32 Platona Mayborody
St., Kyiv, Ukraine, 04050, e-mail:
neuroprofessor@gmail.com

Over the centuries, neurosurgery moved up from a hammer, chisel, brain tumor removal with a «smart finger» to microsurgery, endoscopy, and endovascular surgery, which is as the most technologically advanced is the closest to the controlled intelligence implementation, both in scientific research and in practice.

Key words: neurosurgery; navigation; endoscopy; microsurgery; controlled mind

Ukrainian Neurosurgical Journal. 2018;(1):92-5

От долота и молотка к управляемому «разуму» в нейрохирургии

Полищук Н.Е.

Кафедра нейрохирургии,
Национальная медицинская
академия последипломного
образования имени П.Л. Шупика МЗ
Украины, Киев, Украина

Поступила в редакцию 20.11.2017
Принята к публикации 12.02.2018

Адрес для переписки:

Полищук Николай Ефремович,
кафедра нейрохирургии,
Национальная медицинская
академия последипломного
образования имени П.Л. Шупика,
ул. Платона Майбороды, 32, Киев,
04050, e-mail: neuroprofessor@
gmail.com

Нейрохирургия прошла путь от молотка, долота, вылушивания опухоли мозга «умным» пальцем до микрохирургии, эндоскопии, эндovasкулярной хирургии. Как наиболее технологически оснащенная, она приблизилась к внедрению управляемого разума как в научных исследованиях, так и в практической деятельности, больше, чем другие науки.

Ключевые слова: нейрохирургия; навигация; эндоскопия; микрохирургия; управляемый разум

Украинский нейрохирургический журнал. 2018;(1):92-5

Хто не знає свого минулого, той не вартий свого майбутнього
Максим Тадейович Рильський

Від долота, молотка до керованого «розуму» в нейрохірургії. Це не фантастика, а реальність. Дані археологічних знахідок свідчать, що перші трепанації черепа проведено майже 2000 років тому. Дослідження показали, що частина з них були прижиттєвими – культовими та лікувальними. Зрозуміло, що проводили їх примітивним інструментарієм – загостереним камінням, пізніше – металом (долото та молоток), у середні віки – різноманітними свердлами.

Історія розвитку хірургії черепа тривала – тисячоліття. Хірургія пройшла шлях від ремесла до науки. Тривалий час хірургів вважали ремісниками, а лікарів – теоретиками. Хірургією займалися цирульники і м'ясники на базарах та площах.

Тривалий час осіб, котрі займалися хірургією, не приймали до корпорації вчених лікарів і на факультети університетів. Хірургія як дисципліна розвивалася на тлі численних війн.

У другій половині XVII ст. почали використовувати новий метод для вивчення життєвих явищ на основі експериментально доведеного існування кровообігу (Вільям Гарвей).

Початок нейрохірургії, як дисципліни, пов'язують з першим прижиттєвим діагнозом за неврологічною симптоматикою та видаленою пухлиною головного мозку у 1884 р. у Лондоні (Віктор Горслей, 1857–1916).

У розвитку нейрохірургії виділяють такі стадії: хірургічну, морфологічну, фізіологічну (перша половина XX ст., Дж. Скарф).

Розвитку нейрохірургії сприяли такі відкриття, як виявлення причин нагноєння ран та антисептики (Джозеф Лістер, 1867), вчення про локалізацію функцій у головному мозку (Фрітц та Гутцінг, 1879).

Виникнення нейрохірургії та періодизацію розвитку цієї унікальної надзвичайно складної і таємничої дисципліни детально описано Болеславом Ліхтерманом у книзі «Нейрохирургия. Становление клинической дисциплины» (2007).

Не вдаючись в періодизацію, варто розглянути деякі етапи розвитку нейрохірургії.

Ключову роль у розвитку нейрохірургії як дисципліни відіграв американський хірург Гарвей Кушинг (1869–1939). Введення загального знеболювання мало важливе значення для розвитку нейрохірургії. Г. Кушинг разом із Е. Кодманом першими запропонували анестезіологічну карту і ввійшли в історію, як основоположники анестезіологічного моніторингу. Це нововведення значно знизило летальність від наркозу в Массачусетській загальній клінічній лікарні. В 1902 р. Г. Кушинг впровадив вимірювання артеріального тиску (АТ), як обов'язковий метод контролю за пацієнтом під час операції, а також посаду сестри-анестезистки. Під керівництвом Теодора Кохера проведено вивчення взаємозв'язку між систолічним АТ і внутрішньочерепним тиском (ВЧТ). Виявлено підвищення систолічного АТ при підйомі ВЧТ. Кушинг описав триаду (триада Кушинга) – підйом систолічного АТ, брадикардія, урідження та збільшення глибини дихання, як компенсаторну реакцію на гіпоксію мозку при підвищенні ВЧТ. Г. Кушинг запропонував проводити декомпресивну трепанацію черепа для зниження ВЧТ при пухлинах та травмах головного мозку. Разом із фізиком Бове впровадив електрокоагуляцію в нейрохірургії, що дало змогу знизити післяопераційну летальність з 27,7 до 8,9%.

У становленні нейрохірургії як дисципліни важливу роль відіграли Л.М. Пуусеп (Росія), В. Горслей (Англія), В. Максвел (Шотландія), Д. Краузе (Німеччина). Л.М. Пуусеп – перший дипломований нейрохірург. Народився у м. Києві, навчався в Санкт-Петербурзі. Наприкінці 1920-х років іммігрував в Естонію, де очолив кафедру неврології і нейрохірургії в Тартуському університеті. На його думку, при пухлинах слухового нерва 50% післяопераційна смертність не є високою.

Важливе значення для розвитку нейрохірургії мало впровадження учнем Г. Кушинга – В. Денді (1886–1946) таких діагностичних методик, як вентрикулографія, вентрикулопункція, пневмоенцефалографія.

Створення електротрепана, гемостатичних кліпс, самоотримувального ретрактора та хірургічного крісла (Т. Мартель, 1875–1940) стало важливим внеском у нейрохірургію.

Новий етап у нейрохірургії пов'язаний з вивченням функціональної організації кори головного мозку методом електростимуляції (У. Пенфілд, 1891–1976).

Метод ангиографії, запропонований у 1927 р. А. Монішом, тривалий час був основним у діагностиці пухлин, внутрішньочерепних гематом. Нині є мето-

дом вибору при діагностиці більшості патологій судин головного мозку.

Стереотаксичні операції – важлива технологія, яка відіграла важливу роль у розвитку нейрохірургії. Перший стереотаксичний інструмент був розроблений Е. Шпігелем (1895–1985) та Г. Вайцманом (1911–1972) наприкінці 1940-х років для руйнування ядер таламуса з метою корекції психічного здоров'я. Пізніше стереотаксія набула широкого поширення при лікуванні паркінсонізму, спастичності, епілепсії тощо. Нині метод стереотаксичної біопсії при багатьох захворюваннях головного мозку є методом вибору.

Епохальною подією стала поява рентгенівської комп'ютерної (Г. Хаусфілд і Е. Корман, 1972) та магнітно-резонансної (П. Лютербург і П. Менсфілд, 1973) томографії. За ці відкриття автори були удостоєні Нобелівської премії відповідно у 1979 та 2003 рр. Ці методики постійно удосконалюють. Нині вони дають змогу вивчати не лише статичний мозок, а і в динаміці.

У другій половині XX ст. спостерігали значний розвиток мікрохірургічної техніки, пов'язаний з ім'ям видатного нейрохірурга Г. Ясаргіла. Він брав участь у розробці сучасних мікроскопів, був винахідником багатьох інструментів, які дали змогу зменшити тривалість операції на судинах головного мозку і пухлинах.

З розвитком технологій можливості людини видаються безмежними. Зокрема це стосується нашого земляка Миколи Сядристого. Його виставка мікромініатюр, котра функціонує в Києво-Печерській Лаврі вже понад 30 років, вражає всіх. Його мікромініатюрами захоплювалися в багатьох країнах Європи, Азії, Америки, Австралії. Майстер зумів відтворити небачене та неосяжне звичайним зором людини.

Велике значення для зниження смертності нейрохірургічних хворих, особливо при черепно-мозковій травмі, інсультах, травмі спинного мозку, мало впровадження штучної вентиляції легень у 1960-х роках, методів нейровізуалізації (поява комп'ютерної та магнітно-резонансної томографії), моніторингу і корекції функцій організму та головного мозку (водно-електролітний обмін, ВЧТ, церебральний перфузійний тиск) наприкінці XX ст. – на початку XXI ст.

Якщо в 1970-ті роки при видаленні пухлини основним завданням було зберегти життя пацієнта, то в 1980-ті роки – поліпшити якість життя пацієнтів. Останніми роками післяопераційна летальність при пухлинах головного мозку знизилася до 0,2–2,0% залежно від локалізації та гістоструктури.

Нейрохірургія пройшла тривалий шлях від долота і молотка до впровадження нових технологій і прямує до «штучного розуму». Це одна із найбільш технологічних та високовартісних дисциплін у медицині.

Мій шлях як нейрохірурга розпочався у вересні 1970 р., коли почав навчатися в клінічній ординатурі Київського НДІ нейрохірургії. Знайомий з роботою практично всіх обласних нейрохірургічних відділень в Україні, багатьох нейрохірургічних центрів у Росії, Білорусі та інших країн на пострадянському просторі. Бачив роботу нейрохірургів у США, Великій Британії, Німеччині, Фінляндії, Бразилії, Ізраїлі та інших країнах. За цей час я бачив багато такого, що сьогодні може видатися абсурдом: діагностика ушкодження мозку справа або зліва, лобна частка чи задня черепна ямка і, відповідно, широка трепанація черепа, а потім пошуки вогнища за відчуттям «розумного» пальця, на підставі досвіду, пренних пункцій мозку тощо. Широке використання пневмоенцефалографії, незважаючи на її ускладнення, перкутанної церебральної ангиографії, вентрикулографії,

мієлографії, веноспондилографії, хірургічних втручань, які ґрунтуються на власному досвіді, операцій за типом «відкриємо, а там буде видно, що робити». Не завжди вдавалося вийти чітко на вогнище. Незабутнім був етап вилучення пухлини «розумним» пальцем. Цю методику використовували навіть професори. Після вилучення пухлини мозкову порожнину тампонували серветками, змоченими перекисом водню, а за 2-3 хв зупиняли кровотечу монокоагуляцією. Гемостатичних засобів не було, операції супроводжувалися крововтратою, інколи – значною. Нерідко після видалення пухлин проводили так звану зовнішню декомпресію, тоді через деякий час при продовженні росту пухлин спостерігали «ще одну голову» при супратенторіальних пухлинах або «валізу» у потилично-шийній зоні при пухлинах задньої черепної ямки. Вигляд жахливий, але так було. Добивалися виживаності після операції. Летальність була високою. Дехто жартував, що летальність в нейрохірургії становить 120%: 100% – хворі та 20% за рахунок родичів. Сумно, але цей жарт відображує шлях, який пройшла вітчизняна нейрохірургія. Нині післяопераційна летальність при планових операціях не перевищує 3%, а при деяких операціях – 0%.

Сьогодні не можна уявити церебральну нейрохірургію без застосування хірургічних мікроскопів. Важливою подією в нейрохірургії стало впровадження ендоскопічних технологій. Першими освоїли цю технологію в Україні військові нейрохірурги при видаленні внутрішньочерепних крововиливів, кіст, гідроцефалії (О.Г. Данчин, А.О. Данчин). Методика набула широкого поширення при різноманітній патології як головного так і спинного мозку, в Києві та деяких обласних центрах України.

У другій половині ХХ ст. удалося проникнути до глибинних структур мозку. Основоположником стереотаксичної нейрохірургії в Україні був проф. О.О. Лапоногов. В практиці нейрохірургів України важливе місце посіли лазерні технології (В.Д. Розуменко). У ХХІ ст. з'явилася можливість проводити моніторинг функцій нервової системи під час хірургічних втручань, що значно розширює можливості нейрохірурга та поліпшує якість життя пацієнтів після хірургічного втручання.

Вперше в Україні видалення пухлини у хворого при свідомості було проведено мною в нейрохірургічній клініці київської лікарні швидкої медичної допомоги (2000, анестезіолог – А.О. Короткоручко). Журналісти зняли про це фільм. У ньому є цікава сцена, коли хворий під час видалення пухлини лівої скронево-тім'яної ділянки співає пісню разом із кореспондентом. Цю технологію широко застосовував проф. С.А. Усатов у Луганську. Методика проста, економічна, ефективна, використовується в Канаді, Великій Британії та інших країнах. Українські нейрохірурги перевагу віддають більш дорогим технологіям. Я знаю чому, хоча не розумію, чому в бідній країні їздять на «лексусах».

Революційною подією можна вважати впровадження рентгеноваскулярних технологій у медицину, зокрема у нейрохірургію. Ім'я проф. В.І. Щеглова як одного із ініціаторів та активних розробників цього напрямку відомо в усіх клініках світу. Ми можемо пишатися тим, що українська школа рентгеноваскулярної нейрохірургії посідає чільне місце в лікуванні багатьох захворювань. Подібна ситуація спостерігалася в спінальній хірургії: домінували широкі декомпресивні ламінектомії, стабілізації хребта при його переломах не проводили. Приємно, що саме українські нейрохірурги та ортопеди-травматологи були ініціаторами декомпресивно-стабілізувальних операцій при хреботно-спинномозковій травмі. Ці операції набули поширення у світі, хоча технології їх виконання відрізняються.

У 1960-х роках в СРСР та Україні набула розвитку хірургія міжхребцевих дисків. Піонерами цього напрямку були неврологи та нейрохірурги із Казані та Новокузнецька. В Україні тривалий час для видалення кил міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта застосовували широку ламінектомію, нерідко – суміжних хребців. Можна уявити травматичність такого втручання та гарантовану післяопераційну інвалідизацію пацієнтів. Доступ крізь інтерламінарний простір до кили диску вперше почали використовувати у київській лікарні швидкої медичної допомоги у 1986 р., після мого стажування у м. Новокузнецьк (лютий 1986) у клініці проф. А.А. Луцика. До 1990 р. там пройшли стажування 6 лікарів-нейрохірургів із лікарні швидкої медичної допомоги. З 1986 р. почали проводити операції передніми, задньобокowymi та комбінованими доступами на шийному, грудному і поперековому відділах хребта. Нині у спінальній нейрохірургії домінують малоінвазивні втручання, зокрема так звана хірургія одного дня. Приємно, що київські нейрохірурги (проф. Є.Г. Педаченко, Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України) є лідерами в цьому напрямі. Ці технології набули поширення в багатьох областях України. Травматизація мінімальна, як і ускладнення та інвалідизація при багатьох захворюваннях хребта і спинного мозку.

За ініціативи проф. А.П. Ромоданова в 1990-ті роки в Інституті нейрохірургії почав розвиватися новий напрям – нейротрансплантація для відновлення функцій нервової тканини (проф. В.І. Цимбалюк). Проїшовши етапи конфліктів, цинізму, засуджень метод став одним із важливих напрямів наукових досліджень та надій. Предметом майбутніх наукових досліджень є вивчення можливостей регенерації та відновлення функцій спинного мозку, зменшення і ліквідація болю.

Хірурги перейшли від широких трепанцій, випилюванням кісткових клаптів пилкою джигли, кусачками, пневмотрепанями, електротрепанями до щадних трепанцій і використання мікроскопів, ендоскопів, комбінації ендоскопії та мікрохірургії. Вилучення пухлин «розумним» пальцем нейрохірурга змінилося застосуванням утримуючих ретракторів, чітким візуальним контролем хірургічного поля, а згодом – чіткою візуалізацією без тракції мозку. Цьому сприяли нові технології ведення хворого під час наркозу і застосування сучасного мікрохірургічного та ендоскопічного інструментарію. З'явилися можливості трансназального транссфеноїдального видалення пухлин селярної локалізації, ендоскопічного видалення великих пухлин мозку з його мінімальною травматизацією. Сьогодні нейрохірурги оперують для збереження нерви, ядра мозку, провідні шляхи, судини, котрі можна побачити лише під мікроскопом.

Нині створюють «штучний розум» котрий дасть змогу керувати супутниками, віддаленими від Землі на сотні тисяч кілометрів, контролювати функції людського організму на великій відстані від неї. І не лише контролювати, а і корегувати їх. Моніторинг і корекція функцій мозку та організму – це основа ведення нейрохірургічного хворого. У деяких клініках апарати моніторують і коригують стан хворого у відділенні реанімації незалежно від людини. Нейрохірурги використовують прилади для моніторингу при хірургічних втручаннях (викликані потенціали, електростимуляція тощо). Це дає змогу працювати, зберігаючи структури, розмір яких становить долі міліметра. Вислів М.Н. Бурденка (1938) про анатомічну доступність, фізіологічну дозволеність і технічну можливість ніколи не втратить свого значення. Якщо анатомічна доступність та технічна можливість можуть бути завжди

вирішені, то фізіологічна дозволеність потребуватиме вивчення.

Є методи, які дають змогу проводити хірургічні втручання, контролюючи фізіологічні функції під час операцій. Реальністю стало видалення пухлин глибокої, зокрема стовбурової, локалізації із збереженням функції оточуючих структур.

Отже, в останні два десятиріччя людство пройшло шлях свого інтелектуального розвитку, порівняний з таким за минуле століття.

За нашого життя з'явилися мобільні телефони, персональні комп'ютери, робототехніка, роботи-шахматисти, роботи-прибиральниці, роботи-водії поїздів, було підкорено космос тощо. Отже, штучний розум увійшов у наше буття. Можливості людини розширилися. Видається, що вони стають безмежними. Але чи зможе штучний розум замінити лікаря, зокрема нейрохірурга?

Що можна прогнозувати в такій науці, як нейрохірургія? Дуже багато!

У хворих із церебральною патологією (пухлина, кривовилив, аневризми тощо) за допомогою сучасних методів обстеження можна визначити поширеність процесу, розмір патологічного вогнища, його розташування щодо оточуючих структур, провідних шляхів, а отже, визначити прогноз захворювання та можливості лікування пацієнта. На сьогодні вивчення клініки та діагностики захворювань у науковому плані не є актуальним на відміну від дослідження причин виникнення і лікування пухлин на генетичному рівні, можливості профілактики їх виникнення та прогнозу захворювання, а також методів лікування з мінімальним порушенням функції.

Доцільне планування наукових робіт із залученням нейрохірургів, фізіологів, нейрорадіологів та програмістів. В Україні розвинені ІТ-технології, тому важливо розробити програми прогнозу та шляхів лікування хворих з нейрохірургічною та іншою патологією.

Нині Україна переходить на стандарти та загальноновизнані протоколи надання медичної допомоги. Контролювати це буде страхова медична компанія. Українські вчені разом з фахівцями з ІТ-технологій можуть зайняти відповідну нішу в наукових дослідженнях такого плану.

Чи зможе «штучний розум» замінити нейрохірурга? Так! Двадцять років тому, коли подібні висловлювання звучали на міжнародних форумах, у нейрохірургів зі стажем це викликало посмішку. Сьогодні це реальність. Інтерв'ю Ілона Маска на міжнародному форумі інвесторів (Дубаї, 2017) у багатьох скептиків змінила погляд на майбутнє.

Сьогодні впроваджують автомобілі без водія-таксі у великих містах, де ситуація не прогнозована, а «штучний розум» має миттєво зреагувати на зміни та обрати найбільш безпечно та оптимальне рішення.

Сучасні методи обстеження пацієнтів з можливістю 3D-реконструкції показують співвідношення структур, котрі зазвичай є стабільними. Можливості моніторингу – надзвичайно широкі, тому можна розробляти програми для використання роботів при операціях. Тут можливі варіанти керованого робота, котрий працює самостійно за розробленою програмою, а також робота, який самостійно визначатиме хід операції за програмою, закладеною в навігаційні системи.

Чим не поле для наукових досліджень нейрохірургів та програмістів?

Кожна людини – особистість, коли вона активна, небайдужа, перебуває в пошуках нового та вдосконалює існуюче. Тому в медицині, як і в науці взагалі, завжди буде багато індивідуального, особистого,

суб'єктивного. Для мінімізації помилок та невірних рішень, що має надзвичайно важливе значення в нейрохірургії, доцільно вводити математичні розрахунки. Цифри об'єктивні, якщо вони ґрунтуються на правдивих даних. Ми маємо можливості використовувати керований «розум» у медицині. За оснащенням, розвитком, можливостями найбільш готова до цього нейрохірургія. Сучасні нейровізуалізуючі технології дають змогу побачити найменші структури мозку (ядра, провідні шляхи, судини) не тільки в статичній, а в динамічній. З'явилися можливості для вивчення функцій не лише мозку, а й окремих структур, обміну речовин в окремих зонах. Нейрофізіологічні методики дають змогу вивчати та контролювати, іноді – впливати на діяльність мозку. Отже, нейрохірургія має готуватися до впровадження керованого «розуму» для наукових розробок, проведення операцій, прогнозування.

З огляду на сучасні досягнення нейровізуалізації, можливості об'єктивізувати поширеність патологічного процесу, визначення його гістоструктури, впливу на оточуючі структури, є можливість прогнозувати перебіг процесу та відповідно до поставлених завдань визначити лікувальну тактику не суб'єктивно чи авторитарно, а об'єктивно на підставі математичних розрахунків. Тоді зникне поширений серед лікарів вислів «захворювання невиліковне, але бувають шанси, радимо цим скористатися». Не буде потреби в необґрунтованому використанні різних технік та технологій при хірургічних втручаннях. Рекомендуватимуть найбільш ефективні та економічні. Останнє важливо при переході на нові форми фінансування – розрахунок за кінцевим результатом. Виникає можливість планування наукових розробок. Нейрохірурги, залучаючи програмістів, можуть розробити програми для роботів-хірургів. Це не фантастика. Це вже реальність. Маючи сучасну картину мозку, можливості для навігації, стереотаксії, прогностичні розрахунки не важко визначити обсяг роботи для робота-хірурга з прогнозованими ситуаціями. Надзвичайно важливо, що програми самовдосконалюються. Переконалися, що до такої роботи мають бути залучені молоді нейрохірурги зі знанням сучасних комп'ютерних технологій, запалом в очах, неспокою в душі, але з холодним розумом. Це важка велика командна робота. Це вже сьогодні нейрохірургії. Я 47 років у нейрохірургії. Сподіваюся, що найближчим часом керований розум у нейрохірургії стане реальністю.

На допиті в НКВД проф. В.Ф. Войно-Ясенецький сказав, що робив багато трепанцій, багато раз бачив мозок, але жодного разу не бачив там розуму. Думаю, що не скоро ми зможемо дізнатися, як формується розум, але створити штучний розум і керувати ним людина вже навчилася.

References

1. Burdenko NN. Obzor i puti dal'neyshego razvitiya neyrokhirurgicheskoy raboty Neyrokhirurgicheskogo instituta i 1-y khirurgicheskoy kliniki 1 MMI. In: Pervaya sessiya Neyrokhirurgicheskogo Soveta Narkomzdrav SSSR. Moscow: Gos. izd-vo biol. i med. literatury; 1937. Russian.
2. Likhberman BL. Neyrokhirurgiya: stanovlenie klinicheskoy distsipliny. Moscow: NPO «Meditsinskaya entsiklopediya»; 2007. Russian.
3. Elon Musk. Interview in Dubai on WGS 2017. Voice of Hello Robots [Internet]. hellorobots; 2016-2017 [cited 2017 October 17]. Russian. Available from: <https://youtu.be/0Nbs6QRClqQ>
4. Neyrokhirurhichna sluzhba v rehionakh Ukrayiny. Pedachenko EG, Polishchuk MYe, editors. Kyiv: A.L.D.; 2005. Ukrainian.
5. Stranitsy istorii neyrokhirurgii Rossii i Rossiyskogo neyrokhirurgicheskogo instituta im. prof. A. L. Polenova (K 70-letiyu so dnya osnovaniya). Bersnev VP, Kondakov EN, editors. St. Petersburg: Polenov Russian Scientific Research Institute of Neurosurgery; 1996. Russian.