

Корисна модель належить до медицини, а саме стосується нейрохірургічного лікування гліальних пухлин головного мозку при їх продовженому рості.

Однією з багатьох причин, що призводить до негативних наслідків під час нейрохірургічного лікування гліальних пухлин головного мозку при їх продовженому рості, є неможливість видалення пухлин як повністю, так і частково, що знаходяться у місцях головного мозку, які відповідають за основні життєві функції людини. Навіть незначні пошкодження цих ділянок головного мозку можуть привести до інвалідизації, а у гіршому випадку, і до літальних випадків під час операції. Тому нейрохірургічне втручання в таких місцях вважається неможливим або дуже ризикованим, але, якщо такі нейрохірургічні операції по життєвих показниках проводяться, то вони виконуються із застосуванням лазерних технологій гіпертермії пухлин. На жаль, в таких випадках доводиться задовольнятися частковим видаленням гліальних пухлин головного мозку при їх продовженому рості з наступним лікуванням хворого лікарськими засобами та за допомогою радіотерапії, але це не завжди приводить до одужання хворого, тому що пухлина не видалена повністю, особливо злоякісна пухлина, починає знову рости. Тому на часі є оптимізація технології хірургічного лікування хворих па пухлини півкуль великого мозку з застосуванням прогресивних лазерних та навігаційних технологій [1].

Відома система нейронавігації [6-8], програмне забезпечення якої в процесі хірургічного втручання на головному мозку відображає на екрані монітора віртуальне співвідношення хірургічного інструмента до одержаних до операції магнітно-резонансних зображень мозку. Ця система дає можливість одержати зображення структур головного мозку, але не має можливості забезпечити автоматичне введення в мозкові структури електрода, через який проводиться дія лазерного опромінення на пухлину.

Існує також роботизована хірургічна система da Vinci Surgical System - це прилад для проведення хірургічних операцій, який має два блоки: перший - для хірурга-оператора, а другий - чотирирукий робот-маніпулятор є виконуючим механізмом. Робота системи здійснюється наступним чином. Одна з "рук" робота тримає відеокамеру, яка передає зображення частини, що оперується, а дві інші в режимі реального часу відображають здійснювані хірургом рухи, а четверта "рука" виконує функції асистента хірурга [2]. Ця система добре працює в загальній хірургії, але вона не може бути застосована для виконання нейрохірургічних операцій з кількох причин: по-перше, вона не пристосована для виконання нейрохірургічних операцій з використання лазерних технологій, а по-друге, вона не використовує у своїй роботі навігаційну систему, без якої на сьогодні неможливо проведення точного видалення пухлин головного мозку.

Відома система хірургічної нейронавігації, що включає відображення на екрані монітора віртуального співставлення положення хірургічного інструмента та траєкторії його переміщення відносно операційних магнітно-резонансних зображень мозку, яка відрізняється тим, що додатково до системи хірургічної нейронавігації підключається система відеомоніторингу з поєднанням на екрані монітора відображення віртуального співставлення положення хірургічного інструмента та траєкторії його переміщення відносно операційних магнітно-резонансних зображень мозку з відображенням фактичного положення хірургічного інструмента та траєкторії його переміщення відносно одержаних в реальному масштабі часу істинних зображень мозку та мозкових структур [3].

Вище наведена навігаційна система також не може забезпечити проведення нейрохірургічного втручання в роботизованому режимі. Вона тільки дозволяє нейрохірургу проводити більш точне видалення пухлин мозку в ручному режимі, коли свої дії під час операції він може постійно контролювати на моніторі, але це не гарантує його від похибки, якої, як доведено математично [4], роботи в своїй роботі не припускаються. Це є першим її недоліком порівняно з запропонованим роботизованим комплексом, а по-друге, точно розраховану комп'ютером нейронавігаційної системи траєкторію руху лазерного світловода може забезпечити тільки автоматизоване керування ним.

Задачею заявленої корисної моделі є розробка пристрою для малоінвазивного видалення гліальних пухлин головного мозку при їх продовженому рості, що знаходяться в малодоступних місцях.

Поставлена задача вирішується тим, що розроблено роботизований комплекс для малоінвазивного видалення гліальних пухлин головного мозку при їх продовженому рості, що знаходяться в малодоступних місцях, який складається із трансформатора, електронних ключів, випрямного моста, контролера, навігаційної системи, монітора, мікродвигуна, джойстика керування, постійних магнітів з котушками індуктивності та спеціального світловода з нанесеним магнітним покриттям на його кінці, при цьому контролер підключений до навігаційної системи з можливістю керування за допомогою електронних ключів постійними магнітами, які мають спеціальні утримувачі для встановлення їх на голові пацієнта.

Вирішення поставленої задачі - проведення малоінвазивного видалення гліальних пухлин головного мозку при їх продовженому рості, що знаходяться у малодоступних місцях, здійснюється роботизованим комплексом, який, на відміну від навігаційної системи, має контролер, що підключається до навігаційної системи та забезпечує керування постійними магнітами, які, в свого чергу, забезпечують точне просування спеціального світловода до місця знаходження пухлини.

Пристрій складається із трансформатора, електронних ключів, випрямного моста, контролера, навігаційної системи, монітора, мікродвигуна, джойстика керування, котушок індуктивності та постійних магнітів.

Пристрій функціонує наступним чином. Після проведення підготовки хворого до операції, яка, по суті, нічим не відрізняється від загальноприйнятого протоколу, на голову хворого встановлюються постійні магніти з котушками з спеціальними утримувачами, на деякій відстані один від одного. Встановлені утримувачі постійних магнітів з електричними котушками на них, а також постійні магніти встановлюються додатково в місцях, які вказані комп'ютером, при розрахунку траєкторії руху світловода для найбільш прийнятного підходу до оперованої пухлини. Після встановлення магнітів з котушками включається трансформатор, який має десять понижуючих напругу обмоток (розрахованих на проходження постійного струму не менш 10 А в імпульсному режимі), які забезпечують подачу напруги через ключі на випрямний міст та на котушки, розташовані на постійних магнітах в імпульсному режимі (напруга, що подається на котушки, відповідає безпековим стандартам, прийнятим в медицині), через електронні ключі, роботою яких керує контролер, з'єднаний з навігаційною системою, від якої він одержує координати пухлини, до якої потрібно рухати світловод, і які розряджаються під час включення ключів через ємності. Над місцем, де нейрохірургом зроблено фризове поле для автоматичної подачі світловода всередину мозку, розташовано мікродвигун, що забезпечує просування світловода зі швидкістю від 1 до 10 мм за 1 хвилину. Зміна траєкторії просування спеціального світловода здійснюється під дією магнітного поля, що утворюється постійними магнітами з котушками на них. Для більш наглядного розуміння дії магнітного поля постійних магнітів наведемо деякі основні розрахунки, що були взяті до уваги при проектуванні пристрою. По-перше, розміри черепної коробки, що в середньому дорівнюють 57 см в одній площині та 69 см у другій, по-друге, середня густина мозку становить $1,039 \text{ г/см}^3$, це важливо для подальшого розрахунку сили, що діє під час руху спеціального світловода. Також до уваги було взято товщину кісток черепа, мозкових оболонок та мозковий кровоток. При силі направленої магнітного поля, вказаного нижче, наведені вище фізіологічні характеристики не можуть суттєво вплинути на роботу роботизованого комплексу. Як постійні магніти ми вибираємо неодимові (NdFeB) магніти, які мають кінцеву магнітну індукцію до 1,3 Т, що дорівнює $1040 \cdot 103 \text{ А/М}$ діаметром 1 см. Проведені математичні розрахунки по взаємодії двох постійних магнітів [5] показали, що сила їх взаємодії дорівнює 0,25 Н або $0,25 \text{ кг/см}^2$, а більш точні результати були одержані під час проведення фізичного моделювання дії магнітного поля на електрод, занурений в ємкість з водою, що мала ту ж саму густину. Оптимальний напрямок вибирається автоматично при подачі імпульсного постійного струму по команді контролера через ключі. Для виконання роботи роботизованого комплексу необхідно мати розроблений спеціальний світловод, який, на відміну від існуючих світловодів, має на своїй кінцевій частині нанесене товщиною в 5-10 мкм магнітне покриття, виконане з магнітного матеріалу, що має низькі коерцитивні характеристики. За роботою всього роботизованого комплексу слідкує нейрохірург, починаючи з того моменту, коли під його керівництвом в нейронавігаційну систему вводяться параметри зі знімків МРТ чи КТ. Проходить підготовка до проведення операційного втручання та проводиться контроль за станом хворого під час проведення операції. На відеомоніторі здійснюється контроль за пересуванням світловода та вмиканням лазерного випромінювача після підходу світловода до пухлини і повертанням його тіла, під дією магнітного поля під таким кутом, що дозволить провести термодеструкцію пухлини до повного її знищення. Також роботизований комплекс може забезпечити повне керування нейрохірургом процесом пересування світловода до пухлини в ручному режимі за допомогою джойстика, де такий режим, коли за допомогою спеціального джойстика він може його просувати "вперед", "назад", "праворуч" чи "ліворуч". Такий режим роботи потребує від нейрохірурга простих додаткових навичок, які можна напрацювати за допомогою манекена.

Пристрій використовується наступним чином. Перед проведенням операцій по видаленню гліальних пухлин головного мозку при їх продовженому рості встановлюється спеціальний світловод з магнітним покриттям на кінці, вводиться додаткова інформація з навігаційної системи про місце знаходження пухлини, вмикається лазерний опромінювач, проводиться термодеструкція пухлини та, за необхідності, проводиться додаткове керування процесом термодеструкції пухлини, змінюючи положення світловода за допомогою джойстика в ручному режимі керування до повного її знищення, а також проводиться контроль стану хворого під час проведення операції.

Пристрій пройшов успішну клінічну апробацію у нейроонкологічній клініці ДУ "Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України".

Запропонований пристрій має ряд переваг:

- дозволяє покращити візуалізацію гліальних пухлин головного мозку при їх продовженому рості у хірургічному полі, завдяки чітко окресленим межах цілеспрямованого опромінення;
- використовує данні МРТ або КТ для визначення координат гліальних пухлин головного мозку при їх продовженому рості;
- контроль за пересуванням світловода до місця знаходження гліальних пухлин головного мозку при їх продовженому рості;

- проведення термодеструкції гліальних пухлин головного мозку при їх продовженому рості методом лазерного опромінення з безперервним контролем стану хворого під час проведення операції.

Джерела інформації:

1. Розуменко В.Д. Нейронавигационная технология виртуального 3D-планирования и операционного сопровождения лазерной гермодеструкции внутримозговых опухолей полушарий большого мозга. - Український нейрохірургічний журнал № 3. – 2015. С. 43-49. - ISSN 1810-3134 (Print).
2. Атрощенко А.О., Поздняков СВ. История развития роботизированной хирургии и ее место в современной колопроктологии, обзор литературы. По Journal of Malignant tumors. - С. 3-13.
3. Патент № 43428 від 10.08.2009 р. Розуменко В.Д. Система хірургічної нейронавігації.
4. Ariken G.B. and Weber HJ. Mathematical Methods for Physicists (5 th ed) Boston, Massachusetts, Academic press ISBN 9780-12-05-9825-0.
5. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Изд-4 стереотипное М. Физматлит - Изд-во МФТИ 2004 ТЛИ. Электричество - 656 с. ISBN 5-922102270221-3 ISBN-5-89155-086-5.
6. Wadley J., Dorward N., Kitchen N., Thomas D. Pre-operative planning and intra-operative guidance in modern neurosurgery: a review of 300 cases//Ann. R. Coll. Surg. Engl. - 1999. - № 8. - P. 217-225.
7. Nemec S.F., Donat M.A., Mehrain S., Friedrich K., Krestan C, Malula C, Imhof H., Czerny C CT-MR image data fusion for computer assisted navigated neurosurgery of temporal bone tumors//Eur.J.Radiol. - 2007. - № 62(2). - P. 192-198.
8. Gralla J., Guzman R., Brekenfeld C, Remonda L., Kiefer C. Highresolution three-dimensional T2-weighted sequence for neuronavigation: a new setup and clinical trial//J Neurosurg. - 2005. - № 102 (4). - P. 658-663.