

БІОМЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТВЕРДОЇ ОБОЛОНКИ ГОЛОВНОГО МОЗКУ

Ю.П.Журавльова

Кафедра оперативної хірургії з топографічною анатомією (зав. – проф. Ю.М.Вовк) Луганського державного медичного університету

Резюме. Наведені результати вивчення біомеханічних властивостей твердої оболонки головного мозку (ТОГМ) людини з погляду придатності окремих її ділянок для пластики венозних пазух та власне ТОГМ. Установлено, що ТОГМ найміцніша в парасагітальній ділянці та в нижній частині її конвексимальної поверхні. Найменша міцність властива для серпа великого мозку.

Ключові слова: тверда оболонка головного мозку, біомеханічні властивості.

Тверда оболонка головного мозку (ТОГМ) людини виявляє певну цікавість як пластичний матеріал у нейрохірургії. Для заміщення дефектів ТОГМ найбільш прийнятна трупна формалінізована або ліофілізована ТОГМ (А.С.Никифоров, 1965). Ліофілізована ТОГМ забезпечує закриття великих дефектів, легко пришивається до країв дефекту ТОГМ, надійно запобігає ліквореї [1], нетоксична, малоантигенна, володіє механічною міцністю, стійка до інфекції, не потребує особливих умов для тривалого зберігання [2].

Особлива ангіоархітектоніка ТОГМ забезпечує високу швидкість кровотоку, участь судин ТОГМ в резорбції спинномозкової рідини, чим регулюються ліквородинаміка та внутрішньочерепний тиск [3]. ТОГМ – щільна волокниста сполучнотканнна пластинка, основу якої становлять колагенові волокна у поєднанні з невеликою кількістю еластичних волокон (В.А.Вотинцев, 1964). Гістологічно ТОГМ складається з 5 шарів: 1) зовнішнього покривного, який продовжується на трабекули епідурального простору і є внутрішньою вистилкою кісток черепа; 2) зовнішнього еластичного; 3) решітчастого колагенового, утвореного 10-15 шарами колагенових волокон

(основа каркасу ТОГМ); 4) внутрішнього еластичного; 5) внутрішнього покривного, утвореного плоскими полігональними клітинами типу ендотелію. Вважається, що стінки венозних пазух з'єднуються з кістками черепа без утворення просторів, а між волокнами і трабекулами зовнішнього шару ТОГМ та безпосередньо кістками черепа знаходиться аморфний компонент сполучної тканини. Від кількості сполучнотканнинних трабекул залежить міцність фіксації ТОГМ до кісток черепа: чим більша їх кількість, тим менші комірки, які вони утворюють, і міцніше прикріплення ТОГМ до кісток черепа. Пучки колагенових волокон ТОГМ розташовуються в певному порядку, в декілька шарів, окремі пучки одного шару продовжуються на суміжні, внаслідок чого ТОГМ важко розтягується [4].

Мета дослідження. Встановити межу міцності та відносно подовження ТОГМ при одноосьовому її розтягуванні з погляду індивідуальної анатомічної мінливості.

Матеріал і методи. Дослідження виконано на 20 тотальних та фрагментарних препаратах ТОГМ трупів людей віком 34-85 років, смерть яких не пов'язана із захворюваннями головного мозку, його оболонок

та черепно-мозковими травмами. Клаптики ТОГМ розмірами 50x10 мм вирізали за допомогою спеціального інструмента (пат. 45335, 2009) за авторським способом (пат. 44626, 2009). Всього досліджено 247 зразків, вирізаних з конвексимальної поверхні ТОГМ, частин ТОГМ, що покривають мозок у межах передньої (ПЧЯ), середньої (СЧЯ) та задньої черепних ямок (ЗЧЯ), із серпа великого мозку (СВМ), намету мозочка (НМ) та верхньої стінки верхньої стрілової пазухи (ВСП).

Верхню стінку ВСП досліджували для порівняння з основними біомеханічними параметрами ТОГМ, щоб з'ясувати доцільність дуральної пластики венозних пазух. Верхню стінку ВСП обрано тому, що вона найширша і найтовстіша, порівняно з іншими її стінками та стінками інших пазух. Окрім цього, верхня стінка ВСП та задні стінки поперечних пазух, які примикають до внутрішньої поверхні кісток склепіння черепа, травмуються найчастіше (Н.Н.Бурденко, 1950).

Клаптики ТОГМ випробовували на розривній машині BZ 2,5 TNIS (фірми "Zwisch Roell", Німеччина), попередньо визначивши їх товщину за допомогою мікрометра. Реєстрували такі параметри: відносне по-

довження при розриві (%), зусилля при відносному подовженні на 10 %, руйнівне навантаження при розриві (кг), напруження при розриві (Н/мм²). Межу міцності ТОГМ (кг/мм²) визначали відношенням навантаження, необхідного для розриву (P, кг), до площі його поперечного перерізу в місці розриву (F, мм²): $G=P/F$. Площу поперечного перерізу в ділянці розриву визначали за формулою: $F=Lxh$, де L – довжина поперечного перерізу ділянки, що підлягає розривній дії, h – товщина зразка в місці розриву.

Результати дослідження та їх обговорення. Аналіз одержаних результатів (таблиця) свідчить, що найбільшу межу міцності має та ділянка ТОГМ, яка вкриває конвексимальну поверхню головного мозку. Найміцнішою є ділянка, яка вкриває найбільш латеральну та найнижчу частини конвексимальної поверхні. У напрямку до ВСП межа міцності ТОГМ знижується, в парасагітальній ділянці знову підвищується, але не перевищує даний показник у ділянці, розміщеній на 6-9 см нижче ВСП. Другий за значимістю показник цього параметра властивий НМ, тому він може бути використаний як дуальний трансплантат.

Наступні за величиною показники межі міцності мають ділянки ТОГМ, які вкрива-

Таблиця

Біомеханічні характеристики твердої оболонки головного мозку людини (34-85 років)

Ділянка твердої оболонки головного мозку	Кількість зразків	Середня товщина, мм	Відносне подовження, %	Напруження при розриві, Н/мм ²	Межа міцності, г/мм ²
До 3 см від верхньої стрілової пазухи	39	0,473	18	14,33	1069
3-6 см від верхньої стрілової пазухи	39	0,413	17	14,09	1009
6-9 см від верхньої стрілової пазухи	34	0,425	16	14,18	1201
У межах передньої черепної ямки	26	0,258	18	12,55	981
У межах середньої черепної ямки	29	0,338	17	11,4	850
У межах задньої черепної ямки	20	0,292	14	13,96	745
Серп великого мозку	20	0,494	23	7,49	348
Намет мозочка	25	0,420	9	12,5	998
Верхня стрілова пазуха (верхня стінка)	15	0,533	14	9,89	822

ють головний мозок з боку основи черепа. Найміцніша частина розташовується в ПЧЯ, менш міцна – в СЧЯ, найменш міцна – в ЗЧЯ. Незважаючи на те, що за показниками ці ділянки ТОГМ досить міцні (окрім ЗЧЯ), використовувати їх для трансплантації не рекомендуємо, оскільки під час їх виділення з порожнини черепа часто виникають ускладнення (розшарування ТОГМ на два листки, розрив або відрив фрагментів ТОГМ), зумовлені зрощенням ТОГМ та основи черепа, що перешкоджає формуванню адекватного трансплантата.

Межа міцності СВМ менша від усіх досліджених зразків у 2,1-3,5 рази. На наш погляд, це пояснюється тим, що СВМ має неоднорідну структуру. Його товщина біля ВСП завжди більша, ніж в нижній його половині, іноді вдвічі. Окрім цього, в середній третині, частково в передній та задній третинах СВМ часто наявні "віконця" (круглі, овальні) або стоншені ділянки (рисунк). Тому як трансплантат цей відросток ТОГМ варто використовувати тільки в тому разі, коли немає можливості використати конвекситуальну поверхню ТОГМ чи НМ.

Показник межі міцності для верхньої стінки ВСП виявився нижчим від решти ділянок ТОГМ, окрім СВМ та ділянки, розташованої в ЗЧЯ. Це свідчить про те, що для дуральної пластики венозних пазух годиться майже будь-яка частина ТОГМ, за винятком СВМ та ділянки, розташованої в межах ЗЧЯ. Якщо враховувати здатність до подовження, яка відображає еластичність тканини, то найкращими для пластики венозних пазух є ділянки конвекситуальної поверхні ТОГМ. Оскільки пазухи ТОГМ вико-

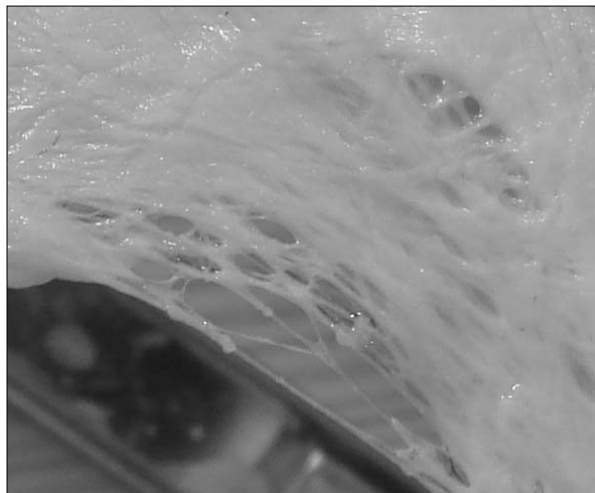


Рис. "Віконця" та стоншені ділянки в середній третині серпа великого мозку.

нують функцію транспорту венозної крові, то їх стінки мають бути досить еластичними і здатними до розтягування, щоб забезпечувати компенсацію кровотоку при таких патологічних станах, як підвищений внутрішньочерепний тиск, стиснення венозної пазухи тощо.

Висновки та перспективи подальших досліджень. 1. За нашими даними, тверда оболонка головного мозку (ТОГМ) найміцніша в парасагітальній ділянці та в нижній частині її конвекситуальної поверхні. 2. Друге місце за міцністю належить наметові мозочка, проте його здатність до відносного подовження майже вдвічі менша від конвекситуальної поверхні ТОГМ і в півтора рази менша від верхньої стінки верхньої стрілової пазухи. 3. Найменша межа міцності властива для серпа великого мозку. 4. Одержані результати є морфологічною основою для подальших експериментальних та клінічних досліджень у нейрохірургії.

Література

1. Ухманов Р.У. Пластика твердой мозговой оболочки / Р.У.Ухманов // Нейротравматология; под ред. А.Н.Коновалова, Л.Б.Лихтермана, А.А.Потапова. – Ростов-на-Дону: Феникс, 1999. – С. 197.
2. Лившиц Л.Я. Пластика твердой мозговой оболочки при ПСМТ / Л.Я.Лившиц // Нейротравматология: [справочник]; под ред. А.Н.Коновалова, Л.Б.Лихтермана, А.А.Потапова. – М., 1994. – С. 78.
3. Калаев А.А. Микроциркуляторное русло твердой оболочки головного мозга в условиях алкогольной интоксикации / А.А.Калаев, А.А.Молдавская // Морфология. – 2006. – Т. 129, № 4. – С. 57-58.
4. Барон М.А. Функциональная стереоморфология мозговых оболочек: Атлас / М.А.Барон, Н.А.Майорова. – М.: Медицина, 1982. – 352 с.

**БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ТВЕРДОЙ ОБОЛОЧКИ ГОЛОВНОГО
МОЗГА**

Резюме. Приведены результаты изучения биомеханических свойств твердой оболочки головного мозга (ТОГМ) человека с точки зрения пригодности отдельных ее частей для пластики венозных пазух и собственно ТОГМ. Установлено, что ТОГМ наиболее прочная в парасагитальной области и в нижней части ее конвексительной поверхности. Наименее прочным является серп большого мозга.

Ключевые слова: твердая оболочка головного мозга, биомеханические свойства.

**BIOMECHANICAL PROPERTIES OF
THE DURA MATER OF THE HUMAN
BRAIN**

Abstract. The results of studying the biochemical properties of the dura mater of the human brain (DMHB) are presented from the point of suitability of its separate areas for plastic repair of the venous sinuses and DMHB proper. It has been established that DMHB is the most durable in the parasagittal region and in the lower part of its convexital surface. The falx of the cerebrum is the least durable.

Key words: dura mater of human brain, biomechanical properties.

State Medical University (Lugansk)

Надійшла 02.11.2009 р.
Рецензент – доц. В.Я.Шутка (Чернівці)