

UDC 611.819.5

© Yu. P. Zhuravlova, Yu. N. Vovk, 2013

BIOMECHANICAL PROPERTIES OF CEREBRAL FALX OF HUMAN DURA MATER IN ADULT HUMAN

Yu. P. Zhuravlova, Yu. N. Vovk

The Department of Surgery with the topographic anatomy (Head - MD, prof. Vovk Yu.N.), State Foundation "Lugansk State Medical University". 91045 Ukraine, Lugansk, kv. 50th anniversary of Defense Lugansk, 1g. E-mail: ulia-mix@list.ru

БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕРПА БОЛЬШОГО МОЗГА У ВЗРОСЛЫХ ЛЮДЕЙ.
Ю. П. Журавлёва, Ю. Н. Вовк

РЕЗЮМЕ

Целью исследования послужило установление биомеханических свойств серпа большого мозга. В статье приведены данные об исследовании таких биомеханических свойств серпа большого мозга как растяжимость и предел прочности. Исследование выполнено на 103 препаратах твёрдой оболочки головного мозга человека, которая была получена от трупов людей в возрасте от 19 до 95 лет. Образцы серпа большого мозга были испытаны на разрывной машине BZ 2,5 TN1S немецкой компании Zwick Roell. Проводилось одноосевое растяжение образцов. Исследовались показатели растяжимости в % и разрушающая нагрузка в кг/мм². Установлено, что образцы препаратов серпа большого мозга имеют большую растяжимость, но обладают низким пределом прочности. Растяжимость серпа большого мозга у людей II периода зрелого возраста варьирует от 9 до 51% (= 19,31%). Предел прочности для этого возрастного периода варьирует от 0,10 до 1,29 кг/мм² (= 0,31 кг/мм²).

БИОМЕХАНИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СЕРПА ВЕЛИКОГО МОЗКУ У ДОРОСЛИХ ЛЮДЕЙ.
Ю. П. Журавльова, Ю. М. Вовк

РЕЗЮМЕ

Метою дослідження було встановлення біомеханічних властивостей серпу великого мозку. У статті наведені дані про дослідження таких біомеханічних властивостей серпа великого мозку як розтяжність та межа міцності. Дослідження виконано на 103 препаратах твердої оболони головного мозку людини, яку було отримано від трупів людей у віці від 19 до 95 років. Зразки серпу великого мозку випробовувались на розривній машині BZ 2,5 TN1S німецької компанії Zwick Roell. Проводилось одноосьове розтягнення зразків. Досліджувались показники розтяжності у % та руйнівне навантаження кг/мм². Встановлено, що зразки препаратів серпа великого мозку мають велику розтяжність, але низьку межу міцності. Розтяжність серпа великого мозку у людей II періоду зрілого віку варіює від 9 до 51% (= 19,31%). Межа міцності для цього ж вікового періоду варіює від 0,10 до 1,29 кг/мм² (= 0,31 кг/мм²).

Key words: cerebral falx, dura mater of the brain, unit elongation, extensibility, ultimate strength.

Human dura mater of the brain is widely used in plenty of spheres of medicine. This fact proves the importance of this structure and grounds the scientific approach to study of this organ. As it is known that among these medical spheres are the vascular surgery [1, 5], traumatology [8] and other, it becomes obvious that it's essential to study not only the morphology of human dura mater [4], but also biomechanical testing should be carried out. Human dura mater of the spinal cord is a material for production of the surgical suture material, which is successfully exploited in practice [6, 10]. So it is very perspective direction to use human dura mater as a material for production of surgical thread in future due to its characteristics. It doesn't cause immune response. On the contrary, it acts like an immune correcting substance, what allows to use it like an immune corrector in ophthalmology and dentistry [2, 3, 7, 9].

Objective: the purpose of this research work is to study the biomechanical features of cerebral falx to find out if it is possible to use it as a dural graft for the plastic surgery of dural sinuses and dura mater itself.

MATERIALS AND METHODS

The research was made on 103 specimens of human dura mater, taken from cadavers in age from 19 to 95 during autopsy.

For conduction of biomechanical tests the specimens of cerebral falx were prepared in the special way. For this purpose special instrument and algorithm were developed "The instrument for formation of transplants from dura mater" (patent of Ukraine № 45335 since 10.11.2009) and "The algorithm of preparation of adapted transplants from dura mater of the brain" (patent of Ukraine № 44626 since 12.10.2009). The processes of dura mater of the brain were placed on the plane surface and pressed down with the instrument, along verges of which the specimens were excised with a scalpel.

After preparation an additional measurement of each specimen in the middle of its length and width was made, as it is to be the place of a rupture of specimen during tensile and strength tests. Each specimen received its marking and was inserted into special device: "The device for washing out of the dura mater of the brain specimens" (patent of Ukraine № 48625 since 25.03.2010). The washing out of each batch of specimens lasted for 2 hours. After that specimens were left on the open air to let them dry during 10–15 minutes.

The next step was to test the specimens on materials testing machine BZ 2,5 TN1S of German company Zwick Roell. Uniaxial tension of specimens was carried

out. With the help of materials testing machine next data were established: unit elongation in% and breaking load at rapture moment in kg.

The ultimate strength of specimens of processes of dura mater of the brain (kg/mm^2) was defined by the ratio of the breaking load, required for the rapture of exact specimen (N , kg) to the area of its cross section in the rapture zone (F , mm^2): $\sigma_p = N/F$. The area of the cross section in the rapture zone was defined by the next formula: $F=L \times h$, where L — the length of the zone cross section, which is to be ruptured, h — the thickness of specimen in the rapture zone. The speed of movement of mobile terminal of materials testing machine is 100 mm per minute.

RESULTS AND DISCUSSION

During the study of unit elongation of the specimens of falx cerebri of dura mater it was established that

this parameter strongly depends on the age. The unit elongation of falx cerebri specimens in I period of middle age dwells in the range from 9 to 45% ($\bar{X} = 20,46\%$) (table 1). The elongation ability of this dural process in people of the II period of the middle age is next: the value of measure for cerebral falx is in the range from 9 to 51% ($\bar{X} = 19,31\%$).

In individuals of elderly age the value of unit elongation of cerebral falx specimens ranges from 5 to 37% ($\bar{X} = 16,31\%$), and in senility age the range of measure is from 5 to 30% ($\bar{X} = 13,13\%$),

As a result of study of ultimate strength measure it was established that it is also strongly depends on the age. Ascertained, that individuals of the I period of middle age have the range of ultimate strength of cerebral falx from 0,09 to 0,74 kg/mm^2 ($\bar{X} = 0,34 \text{ kg/mm}^2$) (table 2).

In people of II period of the middle age the measures

Table 1

Unit elongation of falx cerebri

Age period	Statistical indicators		
	Mean value (\bar{X})	Standard deviation (σ)	Error of mean (m)
I period of middle age	20,46	12,04	3,63
II period of middle age	19,31	10,49	1,77
Elderly age	16,31	7,91	1,55
Senility age	13,13	7,52	2,66

Table 2

Ultimate strength of falx crebri

Age period	Statistical indicators		
	Mean value (\bar{X})	Standard deviation (σ)	Error of mean (m)
I period of middle age	0,34	0,17	0,05
II period of middle age	0,31	0,23	0,04
Elderly age	0,27	0,23	0,01
Senility age	0,26	0,15	0,05

of ultimate strength for cerebral falx are in the range from 0,10 to 1,29 kg/mm^2 ($\bar{X} = 0,31 \text{ kg/mm}^2$).

The ultimate strength of this dural process in elderly aged individuals distributes this way: the measure for falx cerebri ranges from 0,02 to 1,14 kg/mm^2 ($\bar{X} = 0,27 \text{ kg/mm}^2$). And in senility aged people this measure ranges from 0,06 to 0,53 kg/mm^2 for cerebral falx ($\bar{X} = 0,26 \text{ kg/mm}^2$).

Correspondingly to achieved results it becomes clear, that decreasing of extensibility with age is typical for falx cerebri (fig. 1). Each next period of age is featured by respective decrease of unit elongation of specimens of studied process relatively to the previous period.

The ultimate strength of cerebral falx also decreases with age (fig. 2).

Cerebral falx is quite a weak part of dura mater. It is not surprising, as its function is not related to resist any pressure, it's just delimits hemispheres of the brain and serves as a base for dural sinuses and veins.

The biomechanical features of cerebral falx on the assumption of the typical for this dural process diagram of extension are relatively weak (fig. 3). We can see high extensibility of this process, but its strength is very low. Except that the angle between curve and horizontal axis is very small that reflects its low measures of elasticity.

Thereby analyzing biomechanical features of process of dura mater and their dependence on age we can conclude next that when choosing the proper dural transplant the age of donor should be less or the same as of recipient's. Universal donors of dura mater

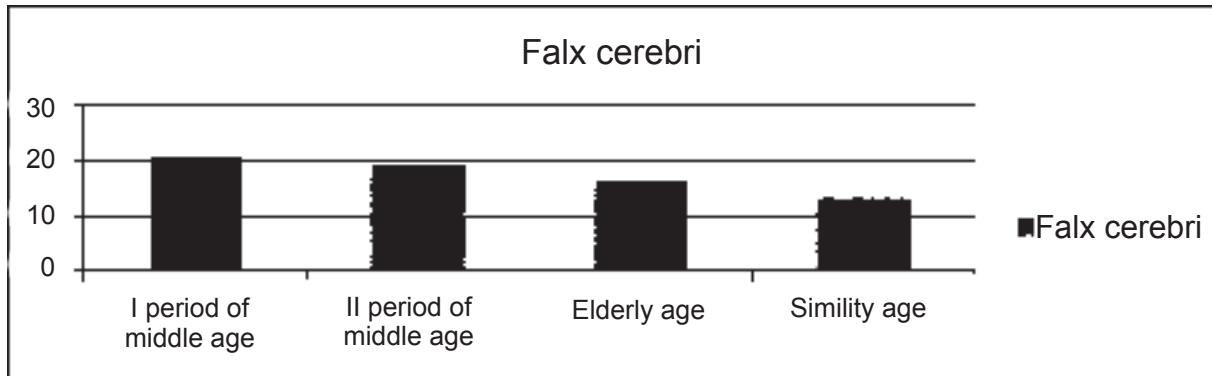


Fig. 1. Age-related features of extensibility of studied process, %

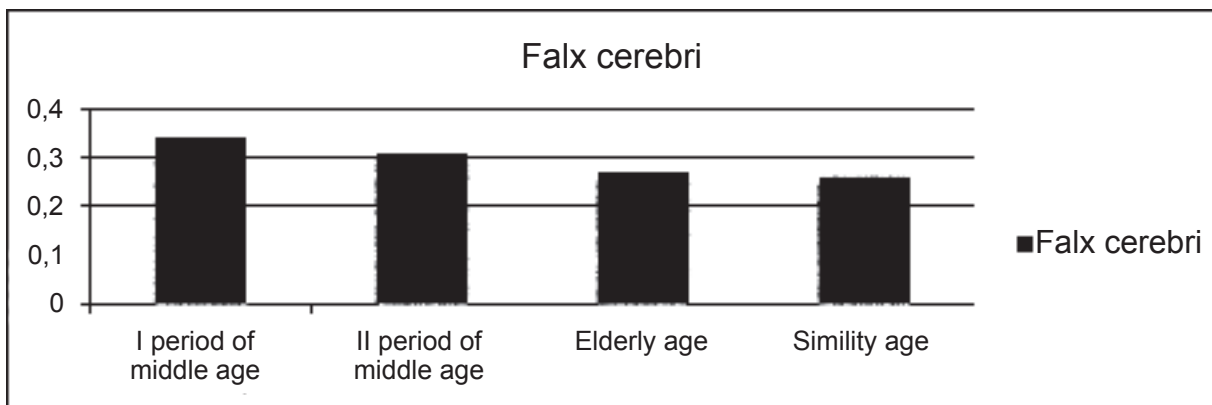
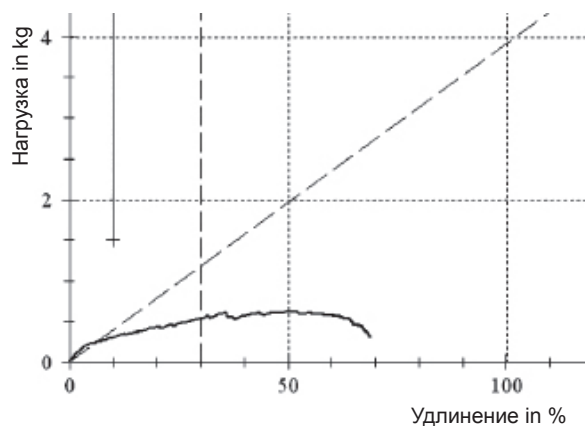
Fig. 2. Age-related features of ultimate strength of studied process, kg/mm²

Fig. 3. Falx cerebri extension diagram. Sample № 11, female, 85 years

of the brain are individuals of the I period of middle age as they possess the highest measures of strength of cerebral falx.

CONCLUSION

1. Falx cerebri possesses high extensibility and low ultimate strength characteristics.

2. The choice of dural transplants should be depending on the donors age. The donor should always be younger than the recipient or of the same age. The individuals of the I period of middle age are the universal donors of dural processes.

This study is a part of scientific research work of the chair of operative surgery and topographic anatomy № 0109U002006 "Variability, morphologic features, relations of formations of head, skull, brain and their practical significance".

REFERENCES

- 20-летний опыт применения твёрдой оболочки головного мозга в хирургии аорты и магистральных артерий / Б. А. Королёв, М. Ю. Аверьянов, Е. А. Елисеев [и др.] // *Ангиология и сосудистая хирургия*. — 1999. — Том 5, № 4. — С. 10–19.
- Безруков О. Ф. Роль трансплантатов из ткани твердой оболочки головного мозга человека в регенерации костной ткани: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. мед. наук: спец. 14.00.02 "Анатомия человека", 14.00.27 "Хирургия" / О. Ф. Безруков — Симферополь, 1989. — 20 с.
- Безруков С. Г. Сравнительное изучение влияния различных биопластических материалов на клинические данные и цитохимические показатели нейтрофилов периферической крови при хирургическом лечении парадонтита / С. Г. Безруков, В. Н. Кириченко // *Труды Крымского медицинского университета*. — Симферополь. — 2006. — С. 25–27.
- Вовк Ю. Н. Хирургическая анатомия палатки мозжечка и её прикладное значение (экспериментально морфологическое исследование): дис. ... кандидата мед. наук: 14.00.02 / Вовк Юрий Николаевич. — Киев, 1977. — С. 51–89.

5. Королёв Б. А. Использование твёрдой мозговой оболочки в хирургии аорты и артерий / Б. А. Королёв, М. Ю. Аверьянов, Ю. А. Аверьянов // Хирургия. — 2000. — № 10. — С. 8–11.
6. Мельник В. Л. Обоснование применения нити биофил для ушивания ран мягких тканей полости рта (экспериментально-клиническое исследование): автореф. дис. на соискание науч. степени канд. мед. наук: спец. 14.01.22 “Стоматология” / В. Л. Мельник. — Полтава, 2000. — 20 с.
7. Новый способ вестибулопластики при мелком преддверии полости рта / Х. Х. Мухаев, Ю. В. Ефимов, Е. Н. Ярыгина [и др.] // Бюллетень Волгоградского научного центра РАМН. — 2008. — № 2. — С. 55–56.
8. Оперативное лечение привычного вывиха плеча / Н. А. Верещагин, Н. В. Завгородний, Ф. Л. Лазко [и др.] // Травматология и ортопедия России. — 2005. — № 3 (37). — С. 45–47.
9. Пат. 2071303 Российская Федерация МПК А 61 F 9/013. Способ лечения помутнений прозрачных сред глаза / Кондаурова Л. С., Фишер О. А., Кондаурова Н. Ю.; заявитель и патентообладатель Кондаурова Любовь Сергеевна, Фишер Ольга Алексеевна, Кондаурова Наталья Юрьевна. — № 93000691/14; заявл. 06.01.1993; опубл. 10.01.1997, Бюл. № 21 (II ч.).
10. Талаш В. В. Морфологічні особливості перебігу ранового процесу в оперованих матці та її придатках при застосуванні шовного матеріалу біофілу (анатомо-експериментальне дослідження): автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. мед. наук: спец. 14.03.01 “Нормальна анатомія” / В. В. Талаш. — Харків, 2004. — 20 с.