

## The layerwise topography of calvarial bones

O. Yu. Vovk, K. D. Tkachenko, \*A. A. Shmargalev, V. B. Ikramov, Yu. V. Boguslavskiy, O. V. Redyakina

Department of Topographic Anatomy and Operative Surgery, State Medical University of Lugansk, Ukraine

\*Corresponding author: shmargalev@yandex.ua. Manuscript received November 08, 2013; accepted December 06, 2013

### Abstract

The study involved serial bone sections of 57 (25 male and 32 female) skulls of adults. Every skullcap specimen was sliced in the coronal plane at 7 certain points. Thickness of bone layers was measured on the posterior surfaces of every slice at 5 points: on the median line, the left and right most lateral points, and the points in the middle between the median one and the most lateral ones. Calvarial bone outer table is on average 0.1-0.3 mm thicker in men than in women, and this parameter increases in the posterior skullcap with a peak of 2.7-4.8 mm, regardless of sex. In both sexes, outer table becomes thinner in lateral skullcap areas. Diploe is on average 0.3-0.4 mm thicker in men than in women, irrespective of skullcap area. In the median zones, diploe is much thicker in the occipital region, while laterally this layer is slightly thicker in the frontal region. Calvarial bone inner (vitreous) table is 0.1-0.2 mm thicker in men than in women, without any relation detected between this parameter and skullcap area. The range of inner table thickness variability is rather narrow, 0.8-1.6 mm, and this parameter manifests pronounced discontinuity. In the median zones, inner table is thicker in the frontal and parietal regions. Thickness of every bone layer is important for trepanation and cranioplasty.

**Key words:** skullcap, calvarial bone thickness, flat bones, layer by layer topography.

## Послойная топография костей свода черепа

### Введение

Особенности структурной архитектоники плоских костей черепа находятся в тесной связи с его конструктивными и биомеханическими свойствами [1-4]. Выполнение классических и малотравматичных нейрохирургических доступов, сложных реконструктивных приемов, выбор оптимальных методов закрытия костных дефектов невозможны без учета анатомических вариаций [5-8]. Перспективными являются исследования изменчивости структурных слоев плоских костей для задач популяционной, эволюционной, возрастной и гендерной антропологии [9, 10]. Дальнейшее развитие нейрохирургии, краниопластики и судебной медицины требуют новых, уточненных морфологических данных о черепе и его отдельных костях [11-13]. В связи с этим нужна современная детализация особенностей послойного строения свода черепа, необходимая для обоснования новых индивидуальных подходов в реконструктивной нейрохирургии, нейродиагностике, медицинской экспертизе и т.п.

Цель исследования: изучить краниометрическую характеристику послойной топографии костей свода черепа у людей взрослого и пожилого возраста.

### Материал и методы

Исследование проведено на тотальных и фрагментированных костных препаратах 57 черепов взрослых людей, при этом объекты подразделялись по половому признаку (25 – мужского пола и 32 – женского). Для изучения особенностей послойного строения костей свода черепа нами был изготовлен целый ряд костных срезов-распилы (рис. 1) согласно методике, описанной В. С. Сперанским и А. И. Зайченко [14]. Изолированные препараты свода черепа распиливали на уровне семи точек, которые представлены на рис. 2.

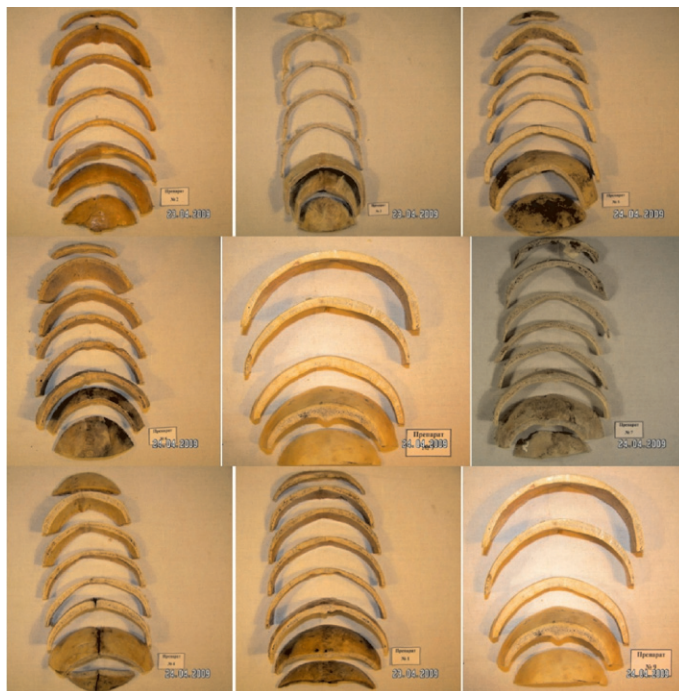


Рис. 1. Костные срезы свода черепа, используемые для исследования.

Процесс распиливания костей осуществлялся при помощи предложенного нами устройства (патент №55051 от 10.12.2010 г.), которое представлено на рис. 3.

На задней поверхности каждого полученного среза производились измерения слоев кости в пяти точках: точка А соответствует срединной линии; точки С – наиболее латерально расположенные точки справа и слева; точки В расположены на середине расстояния между точками А и С, справа и слева (рис. 4).

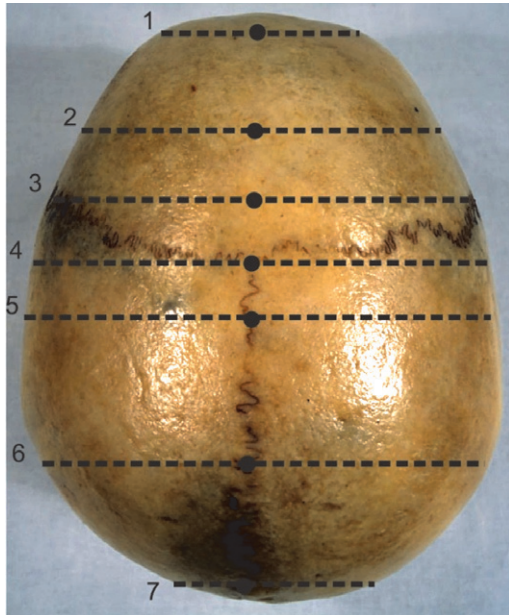


Рис. 2. Схема расположения линий для проведения распилов: 1 – на уровне *metopion* (*m*); 2 – середина расстояния *metopion* (*m*) – *bregma* (*b*); 3 – на 2 см кпереди от *bregma* (*b*); 4 – на уровне *bregma* (*b*); 5 – на 2 см кзади от *bregma* (*b*); 6 – на уровне *obelion* (*ob*); 7 – на уровне *lambda* (*l*).

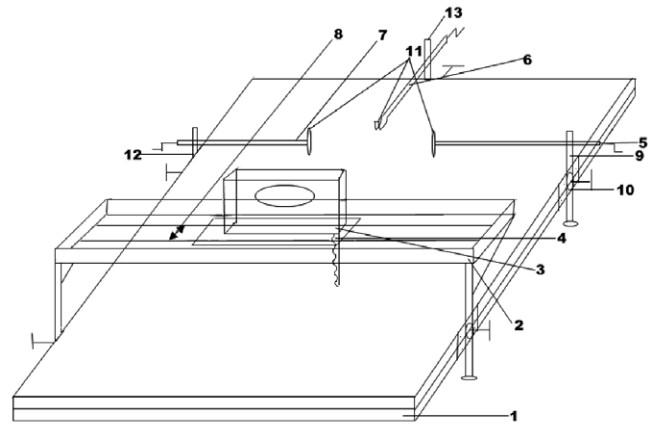


Рис. 3. Устройство для изготовления костных срезов: 1 – вибрационно-стойкий каркас; 2 – п-образная платформа; 3 – электролобзик; 4 – сменная пилочка электролобзика; 5,7 – боковые держатели; 6 – центральный держатель; 8 – вырез в платформе для прохождения пилочки; 9, 12, 13 – штативы; 10 – фиксатор.

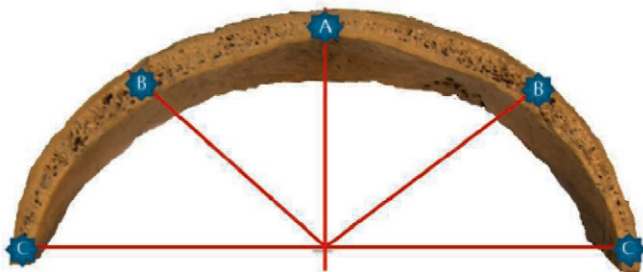


Рис. 4. Точки измерения структурных слоев костей свода черепа.

### Результаты и обсуждение

Известно, что свод черепа у взрослых людей образован плоскими костями, соединяющимися между собой посредством швов. Любая плоская кость черепа состоит из наружной и внутренней пластинок компактного вещества и расположенного между ними губчатого вещества – диплоэ.

В результате проведенного исследования нами получен целый ряд данных, отображающий значения толщины как кости в целом, так и отдельных её составляющих. Так, для мужчин и женщин взрослого и пожилого возраста характерен диапазон толщины костей свода черепа, который представлен в таблице 1.

Установлено, что все полученные краниометрические показатели данных возрастных групп больше у мужчин в среднем на 0,2-0,4 мм, при этом наблюдается утолщение костей свода черепа в лобном и особенно затылочном отделе, где исследуемый показатель достигает своих

максимальных значений – до 10,8-12,6 мм у лиц обоих полов. Кроме этого, следует отметить, что, независимо от половой принадлежности, утончение срезов свойственно для теменного отдела свода черепа. Характеризуя данную величину в сагиттальной плоскости, можно отметить, что утончение костей присуще для латеральных, а утолщение, в свою очередь, – для более медиальных и центральных отделов свода, при этом сохраняются описанные ранее закономерности и гендерные зависимости.

Для наглядности отображения полученных данных о толщине костей свода черепа нами составлены графики, отображающие диапазон варибельности данного параметра (рис. 5).

Наружная пластинка компактного вещества, являясь наиболее поверхностно расположенной частью кости, представляет собой наиболее прочную её составляющую. Кроме этого, данная структура имеет выраженные различия по толщине, которые представлены в таблице 2.

Исходя из полученных данных, можно утверждать, что толщина наружной пластинки костей свода черепа

Таблица 1

Краниометрическая характеристика толщины костей свода черепа у людей  
взрослого и пожилого возраста (в мм)

| Диапазон толщины среза |         |          |          |          |         |         |
|------------------------|---------|----------|----------|----------|---------|---------|
| Срез №                 | Точка А | Точка В  |          | Точка С  |         |         |
|                        |         | Справа   | Слева    | Справа   | Слева   |         |
| 1                      | Муж.    | 6,4-11,2 | 4,1-10,0 | 4,6-8,4  | 3,9-8,5 | 3,6-8,0 |
|                        | Жен.    | 5,6-10,8 | 3,7-9,8  | 4,4-8,1  | 3,8-8,4 | 3,6-7,5 |
| 2                      | Муж.    | 4,7-7,2  | 6,8-11,1 | 5,8-10,3 | 3,0-6,4 | 2,4-8,5 |
|                        | Жен.    | 4,3-7,0  | 6,2-10,7 | 5,3-10,0 | 2,6-6,1 | 2,3-7,9 |
| 3                      | Муж.    | 5,8-7,5  | 5,9-8,8  | 5,7-9,0  | 2,9-4,9 | 2,5-6,0 |
|                        | Жен.    | 5,1-7,4  | 5,6-8,2  | 5,5-8,7  | 2,7-4,2 | 2,4-5,4 |
| 4                      | Муж.    | 5,1-8,1  | 4,3-7,5  | 4,0-6,3  | 4,0-6,5 | 4,5-7,5 |
|                        | Жен.    | 4,8-7,9  | 3,8-7,1  | 3,9-6,0  | 3,9-6,3 | 3,9-7,0 |
| 5                      | Муж.    | 4,7-7,6  | 5,0-7,7  | 5,3-8,4  | 3,7-6,5 | 4,1-6,8 |
|                        | Жен.    | 4,5-7,3  | 5,0-7,5  | 5,1-8,2  | 3,4-6,2 | 3,7-6,7 |
| 6                      | Муж.    | 5,8-10,0 | 4,4-8,9  | 5,3-9,9  | 2,9-5,5 | 3,9-7,3 |
|                        | Жен.    | 5,8-9,5  | 4,0-8,5  | 5,1-9,5  | 2,7-5,2 | 3,8-7,0 |
| 7                      | Муж.    | 6,6-12,1 | 5,1-7,8  | 5,4-9,3  | 4,5-7,0 | 3,5-6,6 |
|                        | Жен.    | 6,3-11,8 | 5,0-7,6  | 4,9-9,1  | 4,1-6,9 | 3,4-6,3 |
| 8                      | Муж.    | 6,9-12,6 | 4,7-10,3 | 5,4-9,9  | 3,0-6,9 | 3,3-7,0 |
|                        | Жен.    | 6,4-11,5 | 4,5-10,0 | 5,1-9,7  | 2,7-6,6 | 2,9-6,7 |

Таблица 2

Краниометрическая характеристика толщины наружной пластинки костей свода черепа у людей  
взрослого и пожилого возраста (в мм)

| Диапазон толщины среза |         |         |         |         |         |         |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Срез №                 | Точка А | Точка В |         | Точка С |         |         |
|                        |         | Справа  | Слева   | Справа  | Слева   |         |
| 1                      | Муж.    | 1,8-2,1 | 1,4-2,5 | 1,5-2,3 | 1,4-2,5 | 1,2-1,9 |
|                        | Жен.    | 1,6-2,0 | 1,3-2,3 | 1,3-2,2 | 1,1-2,4 | 1,0-1,8 |
| 2                      | Муж.    | 1,4-2,4 | 1,3-2,1 | 1,5-2,3 | 0,8-2,1 | 0,9-2,0 |
|                        | Жен.    | 1,2-2,2 | 1,2-1,9 | 1,3-2,0 | 0,5-1,8 | 0,6-1,5 |
| 3                      | Муж.    | 1,8-2,5 | 1,5-2,4 | 1,5-2,4 | 0,8-2,4 | 0,7-1,4 |
|                        | Жен.    | 1,6-2,4 | 1,3-2,2 | 1,4-2,0 | 0,6-2,0 | 0,6-1,4 |
| 4                      | Муж.    | 1,5-2,7 | 1,2-2,0 | 1,5-2,0 | 1,0-2,1 | 1,2-1,9 |
|                        | Жен.    | 1,2-2,6 | 1,1-1,8 | 1,4-1,8 | 0,8-2,0 | 1,0-1,8 |
| 5                      | Муж.    | 1,7-2,9 | 1,1-2,1 | 1,5-2,0 | 1,0-1,9 | 1,3-2,3 |
|                        | Жен.    | 1,5-2,8 | 1,0-2,0 | 1,5-1,9 | 0,9-1,7 | 1,1-2,0 |
| 6                      | Муж.    | 2,2-3,6 | 1,2-1,9 | 1,6-2,1 | 1,6-2,2 | 1,5-2,4 |
|                        | Жен.    | 1,9-3,3 | 1,1-1,7 | 1,6-2,0 | 1,4-1,9 | 1,3-2,2 |
| 7                      | Муж.    | 2,0-3,0 | 1,5-2,3 | 1,5-2,5 | 1,6-2,9 | 1,4-2,9 |
|                        | Жен.    | 1,7-2,5 | 1,3-2,0 | 1,2-2,4 | 1,4-2,8 | 1,1-2,5 |
| 8                      | Муж.    | 2,2-4,8 | 1,8-3,0 | 1,9-3,2 | 1,7-3,0 | 1,2-2,9 |
|                        | Жен.    | 1,8-4,7 | 1,5-2,8 | 1,8-3,0 | 1,3-2,9 | 1,1-2,7 |



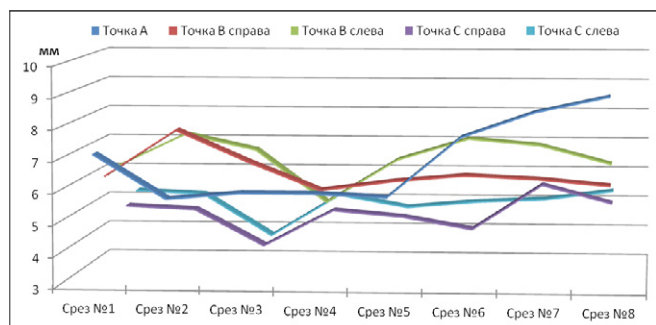


Рис. 5. Графическое отображение диапазона variability толщины костей свода черепа (для каждого показателя использовалась средняя величина).

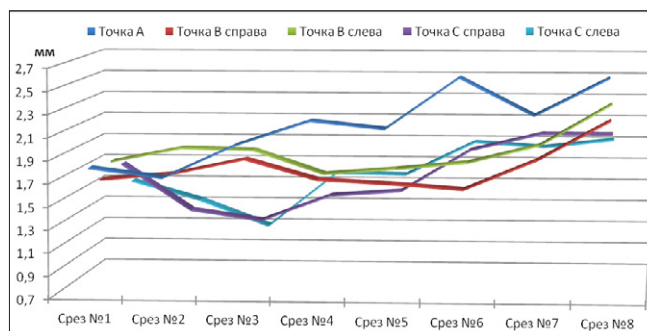


Рис. 6. Графическое отображение диапазона variability толщины наружной пластинки костей свода черепа (для каждого показателя использовалась средняя величина).

в среднем на 0,1-0,3 мм больше у мужчин, чем у женщин. При этом данный параметр увеличивается в задних отделах свода черепа, достигая своих максимальных значений в затылочной области – 2,7-4,8 мм независимо от пола. Также обращает на себя внимание тенденция к утончению наружной пластинки от середины к латеральным отделам свода черепа у обоих полов.

Графически диапазон изменения толщины наружной пластинки костей свода черепа у лиц взрослого и пожилого возраста отображен на рисунке 6.

Диплоэтический слой, расположенный между наружной и внутренней пластинкой костей свода черепа, представляет собой губчатое вещество с неоднородной структурой и в значительной степени выраженной variability толщины в различных отделах (табл. 3).

Анализируя полученные данные, следует отметить, что толщина диплоэ больше у лиц мужского пола в среднем на 0,3-0,4 мм, независимо от области свода черепа.

Кроме этого, для срединного отдела характерно значительное увеличение толщины данного слоя в затылочной области, в то время как для латеральных отделов, наоборот, отмечается незначительное утолщение губчатого вещества в лобной части. В промежуточных отделах наблюдалось скачкообразное увеличение толщины диплоэ на уровне лобных и теменных бугров со значительным его истончением на других уровнях.

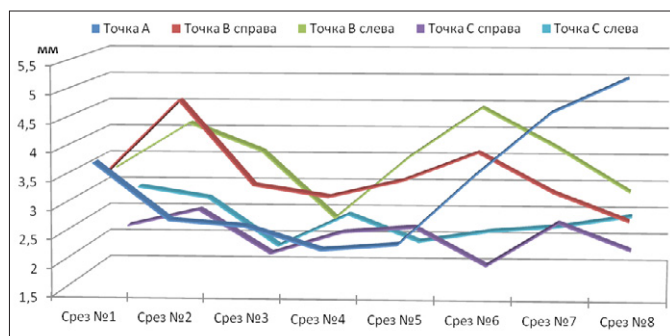
Графически эти особенности представлены на рис. 7.

Внутренняя (стекловидная) пластинка представлена наиболее глубоким, тонким и хрупким слоем компактного вещества кости. Нами установлен диапазон толщины

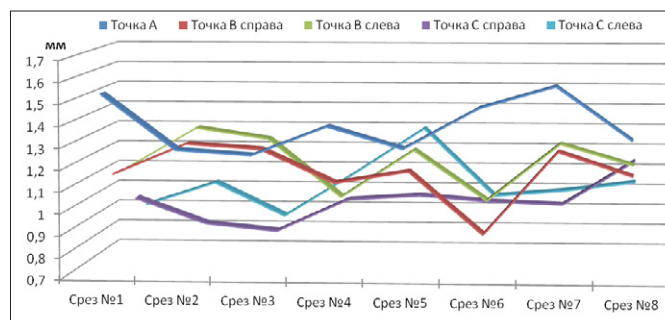
Таблица 3

Краниометрическая характеристика толщины диплоэтического слоя костей свода черепа у людей взрослого и пожилого возраста (в мм)

| Срез № |      | Диапазон толщины среза |         |         |         |         |
|--------|------|------------------------|---------|---------|---------|---------|
|        |      | Точка А                | Точка В |         | Точка С |         |
|        |      |                        | Справа  | Слева   | Справа  | Слева   |
| 1      | Муж. | 2,7-7,0                | 2,1-7,4 | 2,5-5,5 | 2,2-6,0 | 2,0-4,9 |
|        | Жен. | 2,3-6,5                | 1,5-6,8 | 2,0-5,1 | 1,0-5,6 | 1,6-4,8 |
| 2      | Муж. | 1,3-3,8                | 3,3-6,7 | 2,9-6,8 | 1,8-4,5 | 1,2-6,4 |
|        | Жен. | 0,9-3,5                | 3,1-6,2 | 2,5-6,6 | 1,3-4,1 | 0,7-6,1 |
| 3      | Муж. | 2,0-3,9                | 2,2-5,2 | 3,0-5,9 | 0,9-3,0 | 1,0-4,3 |
|        | Жен. | 1,7-3,8                | 1,8-4,9 | 2,6-5,4 | 0,3-2,7 | 0,4-4,0 |
| 4      | Муж. | 1,7-4,3                | 1,5-4,4 | 1,5-3,4 | 1,1-4,0 | 1,3-4,4 |
|        | Жен. | 1,4-3,9                | 1,0-4,0 | 1,1-3,1 | 0,8-3,9 | 1,1-3,9 |
| 5      | Муж. | 1,2-3,8                | 1,3-4,6 | 2,7-4,6 | 1,3-4,3 | 1,6-2,8 |
|        | Жен. | 0,9-3,6                | 1,1-4,2 | 2,5-4,5 | 1,2-4,2 | 1,4-2,7 |
| 6      | Муж. | 3,0-5,5                | 2,1-6,2 | 2,6-6,4 | 0,9-2,9 | 1,5-3,5 |
|        | Жен. | 2,6-5,4                | 1,2-5,7 | 2,1-6,0 | 0,2-2,1 | 1,2-3,3 |
| 7      | Муж. | 3,5-6,2                | 2,0-5,6 | 2,5-7,1 | 1,1-3,4 | 1,5-3,3 |
|        | Жен. | 3,1-5,8                | 1,5-5,3 | 1,7-6,9 | 0,9-3,1 | 1,3-3,0 |
| 8      | Муж. | 3,4-8,2                | 1,2-7,6 | 2,0-6,7 | 1,0-3,6 | 1,1-4,1 |
|        | Жен. | 3,0-8,0                | 0,5-6,8 | 1,6-6,5 | 0,6-3,3 | 0,7-3,9 |



**Рис. 7. Графическое отображение диапазона варибельности толщины диплоэтического слоя костей свода черепа (для каждого показателя использовалась средняя величина).**



**Рис. 8. Графическое отображение диапазона варибельности толщины внутренней пластинки костей свода черепа (для каждого показателя использовалась средняя величина).**

этой структуры у мужчин и женщин взрослого и пожилого возраста (табл. 4).

Полученная краниометрическая характеристика свидетельствует о незначительном, в пределах 0,1-0,2 мм, но имеющемся превышении данного параметра у лиц мужского пола, при этом не представляется возможным говорить о выявленной общей тенденции зависимости толщины внутренней пластинки от области свода черепа. Так, в срединных отделах её утолщение наблюдалось в лобной и теменной области, что не было характерно для

латеральных и промежуточных отделов, для которых, в свою очередь, свойственно скачкообразное изменение этого показателя в переднезаднем направлении.

Следует отметить, что диапазон варибельности толщины стекловидной пластики крайне невелик и находится в пределах 0,8-1,6 мм, при этом существует выраженная неоднородность данного параметра (рис. 8).

Наряду с этим нами определена зависимость толщины кости от её структурных составляющих в разных отделах свода черепа (рис. 9).

Таблица 4

**Краниометрическая характеристика толщины внутренней пластинки костей свода черепа у людей взрослого и пожилого возраста (в мм)**

| Срез № |      | Диапазон толщины среза |         |         |         |         |
|--------|------|------------------------|---------|---------|---------|---------|
|        |      | Точка А                | Точка В |         | Точка С |         |
|        |      |                        | Справа  | Слева   | Справа  | Слева   |
| 1      | Муж. | 0,9-2,5                | 1,0-1,9 | 0,6-1,6 | 0,5-1,3 | 0,5-1,2 |
|        | Жен. | 0,7-2,4                | 0,9-1,8 | 0,6-1,5 | 0,4-1,1 | 0,5-1,0 |
| 2      | Муж. | 0,7-1,8                | 0,7-2,4 | 1,0-2,4 | 0,5-1,5 | 0,4-2,3 |
|        | Жен. | 0,5-1,7                | 0,5-2,1 | 0,8-2,3 | 0,4-1,3 | 0,4-2,0 |
| 3      | Муж. | 0,9-1,9                | 0,8-1,9 | 1,0-2,0 | 0,4-1,1 | 0,6-1,1 |
|        | Жен. | 0,7-1,8                | 0,7-1,6 | 0,8-1,7 | 0,3-1,0 | 0,5-1,0 |
| 4      | Муж. | 0,6-2,3                | 0,6-1,6 | 0,9-1,3 | 0,6-1,4 | 0,9-1,9 |
|        | Жен. | 0,5-2,1                | 0,6-1,3 | 0,8-1,2 | 0,5-1,1 | 0,6-1,8 |
| 5      | Муж. | 0,8-2,0                | 0,9-1,8 | 1,0-2,2 | 0,6-1,9 | 1,0-2,8 |
|        | Жен. | 0,5-1,7                | 0,6-1,5 | 0,8-2,1 | 0,5-1,7 | 0,6-2,5 |
| 6      | Муж. | 0,7-2,2                | 0,6-1,6 | 0,5-1,8 | 0,8-2,9 | 0,5-1,9 |
|        | Жен. | 0,5-1,9                | 0,3-1,5 | 0,4-1,5 | 0,4-2,7 | 0,3-1,8 |
| 7      | Муж. | 1,3-2,9                | 0,8-1,7 | 1,0-2,4 | 0,6-1,9 | 0,5-1,9 |
|        | Жен. | 1,2-2,5                | 0,6-1,6 | 0,6-2,1 | 0,5-1,7 | 0,4-1,6 |
| 8      | Муж. | 0,9-2,2                | 1,0-1,5 | 1,0-1,5 | 0,9-2,0 | 0,8-1,6 |
|        | Жен. | 0,6-2,0                | 0,9-1,5 | 0,9-1,3 | 0,7-1,7 | 0,6-1,5 |

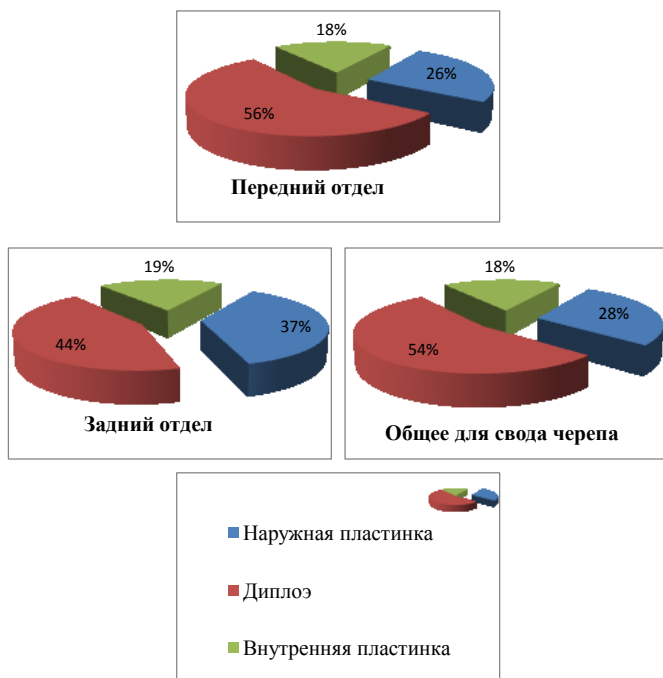


Рис. 9. Зависимость толщины кости от различных слоев в процентном соотношении.

### Выводы

1. Полученные результаты исследования указывают диапазон индивидуальных и половых различий послонной топографии костей свода черепа.

2. Впервые изучены особенности плоских костей свода черепа с точки зрения вариабельности толщины каждого слоя: наружной костной пластинки, диплоэ, внутренней пластинки. Эти данные имеют значение при выполнении трепанации, краниопластики и для определения точек фиксации металлических конструкций.

### References

1. Voloch DYU. K voprosu sudebno-meditsinskoy otsenki povrezhdeniy zatylochnoy oblasti golovy [On the forensic assessment of damage to the occipital region of the head]. *Aktualnyie voprosy sudebnoy meditsiny [Actual questions of Forensic Medicine]*. 1990;132-135.
2. Zaychenko AA. Konstruktsionnaya tipologiya mozgovogo cherepa cheloveka [Structural typology of human skull]. *Morfologiya [Morphology]*. 1997;111(2):102-105.
3. Fominykh TA. Strukturni osoblivosti mozgovogo cherepa lyudiny [Structural features of human cranial skull]. *Ukrainskiy medichniy almanakh [Ukrainian Medical Almanac]*. 2003;6(2):150-151.
4. Olivier G. Biometry of the human occipital bone. *J. Anat.* 1975;120(3):507-518.
5. Maliszewski M, Ladzinski P, Majchrzak H. Occipitocervical fixation in the surgical treatment of pathologies of the craniocervical junction. *Neurol. Neurochir. Pol.* 2005;39:188-194.
6. Zipnick RI. Occipital morphology. An anatomic guide to internal fixation. *Spine.* 1996;21(15):1719-1724.
7. Haber TR. Occipital screw pullout strength. A biomechanical investigation of occipital morphology. *Spine.* 1999;24(1):5-9.
8. Choi SH, Lee SG, Park CW, et al. Surgical outcomes and complications after occipitocervical fusion using the screw-rod system in craniocervical instability. *J Korean Neurosurg Soc.* 2013;53(4):223-227.
9. Sabancioğulları V. Diploe thickness and cranial dimensions in males and females in mid-Anatolian population: an MRI study. *Forensic Sci Int.* 2012;10:219.
10. Wescott DJ, Moore-Jansen PH. Metric variation in the human occipital bone: forensic anthropological applications. *J. Forensic Sci.* 2001;46:1159-1163.
11. Vovk OYu. Individualnaya anatomicheskaya izmenchivost mozgovogo otdela golovy i cherepa vroslogo cheloveka [Individual anatomical variability of the brain department of the head and skull in adults]. *Ukrainskiy zhurnal klinichnoy ta laboratornoy meditsiny [Ukrainian Journal of Clinical and Laboratory Medicine]*. 2012;7(3):80-84.
12. Andreeva IV. Vozrastnye izmeneniya tolschiny kostey svoда cherepa [Age changes the thickness of the bones of the skull]. *Problemy osteologii [Osteology problems]*. 1998;1(2-3):135-138.
13. Weber GW, Kim J. Thickness distribution of the occipital bone – a new approach based on CT-data of modern humans and OH 9 (H. ergaster). *Coll Antropol.* 1999;23(2):333-343.
14. Speransky VS, Zaychenko AI. Forma i konstruktsiya cherepa [The shape and design of the skull]. Moscow, 1980;280.