

ТОЛЩИНА СВОДА ЧЕРЕПА. ЧАСТЬ 1: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Введение. Интерес к исследованию толщины свода черепа существует долгое время и связан как с необходимостью решения сугубо прикладных задач (например, костная трансплантация), так и с теоретическими вопросами фундаментальной значимости. В настоящей публикации представлен обзор литературных данных, позволивших получить обобщённое представление о современном состоянии вопроса, оценены перспективы дальнейших исследований.

Результаты и обсуждение. Показано, что изменчивость толщины свода черепа напрямую не связана с половой принадлежностью, возрастная изменчивость существует, но не является прямой. На внутривидовом уровне толщина свода черепа практически не связана с тотальными размерами тела и размером черепной коробки, однако эта связь выявляется на межвидовом уровне в пределах отряда приматов. У человека отмечено уменьшение толщины свода черепа со времен палеолита, что разными авторами связывается с общей грацилизацией скелета, изменением образа жизни, пищевого рациона, большей энцефализацией, ослаблением селективного отбора, с генетико-автоматическими процессами и т.п. Однако точная природа данного явления остается не выясненной. Исследования географической изменчивости признака у современного населения не даёт единой биологически объяснимой картины и указывает на отсутствие систематических различий между разными популяционными группами человека. Исключение представляют австралийские аборигены, обнаруживающие определенную специфичность, что, предположительно, объясняется сохранением предкового состояния вследствие ранней изоляции.

Заключение. В целом, накопленные знания позволяют поставить новые задачи, связанные с исследованием изменчивости толщины черепного свода и отдельных его элементов в пространственно-временном аспекте, его адаптивных характеристик, влияния экзо- и эндогенных факторов, биомеханических особенностей и рядом других параметров.

Ключевые слова: антропология; краниология; толщина свода черепа; литературный обзор; *Homo sapiens*; внутривидовая изменчивость; межвидовая изменчивость

Введение

Интерес к исследованию толщины свода черепа существует долгое время и связан как с необходимостью решения сугубо прикладных задач (например, костная трансплантация) [Jung et al., 2003; Moreira-Gonzalez et al., 2006], так и с теоретическими вопросами об адаптации и факторах межвидовой и внутривидовой изменчивости [Потехина, 1992; Adeloje et al., 1975; Ivanhoe, 1979; Ishida, Dodo, 1990; Marsh, 2013; Copes, 2016; de Boer et al., 2016]. У человека толщина свода демонстрирует высокую индивидуальную изменчивость не только абсолютных параметров, но и относительных (в пределах одного черепа) [Todd, 1924; Marsh, 2013], что, в частности, затрудняет

анализ факторов внутривидовой вариабельности у вида *Homo sapiens*.

Несмотря на множество исследований, посвященных изучению изменчивости толщины свода и отдельных его элементов, проблема не является закрытой, т.к. накопленные знания, не сформировав единой картины, способствовали скорее постановке новых задач, связанных с изменчивостью свода в пространственно-временном аспекте, её адаптивной значимостью, влиянием экзо- и эндогенных факторов, биомеханическими особенностями и рядом других параметров. Целью данной работы стало изучение современного состояния исследований толщины свода черепа и оценка перспектив дальнейших разработок.

Общие данные по изменчивости толщины свода черепа у современного человека

Значения толщины свода у современного человека чаще всего варьируют в пределах 4–10 мм, но могут приобретать большие или меньшие значения в зависимости от исследуемого участка (например, глабелла, лобные бугры или область близ чешуйчатого шва) [Звягин, 1975; Андреева, Федченко, 2010; Adeloye et al., 1975; Brown et al., 1979; Sullivan, Smith, 1989; Ishida, Dodo, 1990; Law, 1993; Hwang et al., 1999; Tellioglu et al., 2001; Jung et al., 2003; Moreira-Gonzalez et al., 2006; Marsh, 2013; De Boer et al., 2016]. Толщина наружной и внутренней пластинок при этом варьируют в среднем в пределах 1–2 мм [Sullivan, Smith, 1989; Webb, 1990; Jung et al., 2003; Peterson, Dechow, 2002; Lillie et al., 2015]. Внешняя пластинка в среднем статистически достоверно толще внутренней [Peterson, Dechow, 2002]. Толщина диплоэ, как правило, превосходит толщину компактных частей и, в большинстве случаев, находится в интервале 2–5 мм [Sullivan, Smith, 1989; Hatipoglu et al., 2008; Li et al., 2011; Sabanczogullar et al., 2012]. Судя по результатам разных авторов, нет единого характера распределения значений толщины в пределах одного свода, и по этому признаку выделяются разные их типы [Marsh, 2013; Li et al., 2011]. В то же время, изменчивость толщины в пределах отдельных костей, как правило, схожа у разных индивидов.

Судя по всему, для многих групп человека характерна такая структура свода, при которой лобная кость в среднем имеет наибольшую толщину [Moreira-Gonzalez, 2006; Marsh, 2013]. Однако данные P. Jacobsen и соавторов [Jacobsen et al., 2008] указывают на существование других вариантов, когда затылочная кость по толщине превосходит лобную. В пределах теменных костей толщина увеличивается от области чешуйчатого шва к сагиттальному, а также к задней срединной области кости. В пределах лобной кости толщина увеличивается к венечному шву, срединной области и лобным буграм. В пределах затылочной наибольшая толщина наблюдается по срединной линии, в области ламбды и наружного затылочного выступа [Law, 1993; Ebraheim et al., 1996; Hwang et al., 1999; Lynnerup, 2001; Jung et al., 2003; Moreira-Gonzalez et al., 2006; Anzelmo et al., 2015]. Интересно, что по данным M. Anzelmo и соавторов [Anzelmo et al., 2015], у детей наблюдается то же распределение толщины в пределах черепа, что и у взрослых, за исключением младенцев, у которых наиболее тонкие области находятся у швов и открытых родничков.

Пол как фактор внутривидовой изменчивости толщины свода черепа

Вопрос о влиянии пола на толщину свода черепа освещен в значительном количестве работ, результаты которых противоречивы. Исходя из теоретических ожиданий, толщина нейрокраниума мужских черепов должна быть больше, чем женских, т.к. мужчины массивнее и в среднем крупнее по размерам тела. Исключения могут составлять лобные и теменные бугры, более выраженные у женщин. Однако статистические данные не позволяют в полной мере ни подтвердить, ни опровергнуть это предположение. Так, в ряде работ действительно выявлена в среднем бóльшая толщина свода мужских черепов в сравнении с женскими [Потехина, 1992; Андреева, Федченко 2010; Brown, 1987, 1994; Ebraheim et al., 1996; Lynnerup et al., 2001], и бóльшая толщина лобных костей на уровне бугров у женщин в сравнении с мужчинами [Ishida, Dodo, 1990]. Однако в других работах толщина свода оказалась в среднем больше у женщин [Ross et al., 1998; Hwang et al., 2000; Moreira-Gonzalez et al., 2006]. Другие авторы указывают на отсутствие статистически достоверных различий в абсолютных значениях толщины свода между мужчинами и женщинами [Звягин, 1975; Brown et al., 1979; Smith et al., 1985; Hwang et al., 1999; Jung et al., 2003; Jacobsen et al., 2008; Marsh, 2013].

Более детальный анализ вопроса показал, что изменчивость толщины свода в связи с полом неоднозначна. Так, согласно A. Moreira-Gonzalez и соавторам [Moreira-Gonzalez et al., 2006], различия между полами связаны с исследуемым участком свода. По их данным, женские черепа демонстрируют наибольшую толщину в латеральных областях теменных костей, а мужские черепа чаще имеют наибольшую толщину в парасагиттальной области. Схожую тенденцию выявил N. Lynnerup [Lynnerup, 2001], по данным которого у женщин больше средняя толщина в точке зурион, а у мужчин – в сагиттальной плоскости. С другой стороны, по данным H. de Boer и соавторов [de Boer et al., 2016], женские черепа отличаются относительно бóльшей толщиной лобных костей в сравнении с мужскими. Интересными являются результаты X. Ишида и Ю. Додо [Ishida, Dodo, 1990] исследования современного населения Японии, по данным которых женщины отличаются бóльшей равномерностью толщины разных участков свода по сравнению с мужчинами.

Некоторыми авторами отмечены различающиеся направления возрастной изменчивости толщины свода у двух полов. Хотя анализ ростовых процессов в группе детей и подростков показыва-

ет схожесть траекторий ростовых изменений толщины свода у мальчиков и девочек [Brown et al., 1979; Anzelmo et al., 2015], у взрослых мужчин и женщин отмечены различия по характеру возрастных изменений этого параметра [Звягин, 1975]. Так, по данным В.Н. Звягина [Звягин, 1975] показатели толщины в точках вертекс и ламбда у мужчин младше 60 лет в среднем выше, чем у женщин, затем значения у обоих полов выравниваются. При этом в области брегмы у женщин наблюдаются меньшие значения толщины на всем изучаемом возрастном промежутке.

В целом, анализ литературных источников позволяет сделать ряд заключений касательно влияния фактора пола на внутригрупповую изменчивость толщины свода черепа. Отсутствие повторяющихся результатов и противоречивость существующих данных указывает на отсутствие влияния фактора пола на исследуемый параметр. Вероятнее всего, выявленные различия либо случайны, в особенности это касается работ с выборками небольших объемов, либо отражают специфику исследуемой группы и, возможно, связаны со сторонними факторами. Например, по данным Х. Ишиды и Ю. Додо [Ishida, Dodo, 1990] современные японцы отличаются большей толщиной лобных и теменных бугров у женщин, при этом в исследованной ими неолитической группе у мужчин толщина свода в среднем превышала таковую у женщин. Если принимать во внимание гипотезу о влиянии физических нагрузок в период роста организма на толщину свода [Lieberman, 1996], см. ниже), можно предположить, что хронологические различия отражают различия в дифференциации условий труда современных и древних мужчин и женщин и, возможно, даже особенности пищевого рациона (задействованность жевательной мускулатуры).

Возраст как фактор внутривидовой изменчивости толщины свода черепа

Данные по изменчивости в раннем онтогенезе

Типичная трехслойная структура костей свода начинает формироваться в раннем постнатальном периоде, когда дифференцируется слой диплоэ. По данным У. Кейнинга и соавторов [Koening et al., 1995], диплоэ присутствует у 33% годовалых детей, к двум годам жизни оно обнаруживается у 66% детей, а к трем годам – у 80%. Увеличение толщины свода в раннем онтогенезе происходит неравномерно в разном возрасте: наблюдается пик роста толщины в раннем детстве (до 2–5 лет), затем скорость роста замедляется вплоть до взрослого состояния [Roche, 1953;

Anzelmo et al., 2015]. При этом обнаруживается ассоциация с ростом объема эндокрана, пик которого также приходится на первый период детства [Anzelmo et al., 2015]. Примечательно также, что в период 8–18 лет скорость увеличения толщины не демонстрирует признаков пубертатного спурта [Brown et al., 1979].

Данные по изменениям в позднем онтогенезе

Данные по динамике изменений толщины свода во взрослом состоянии столь же противоречивы, что и данные по межполовой изменчивости. В большинстве работ возрастная динамика этого показателя либо отсутствовала [Smith et al., 1985; Moreira-Gonzalez et al., 2006; De Boer et al., 2016], либо наблюдалось небольшое увеличение показателей общей толщины свода [Звягин, 1975; Todd, 1924; Adeloeye et al., 1975; Hwang et al., 2000; Marsh, 2013], либо составляющих его элементов [Hwang et al., 2000; Hatipoglu et al., 2008; Li et al., 2011; Sabanciogullari et al., 2012]. В меньшем количестве работ обнаружены противоположные тенденции. Так У. Салливан и А. Смит [Sullivan, Smith, 1989] отмечают возрастное снижение толщины внутренней пластинки теменных костей, а И.В. Андреева и С.Н. Федченко [Андреева, Федченко, 2010] указывают на возрастное уменьшение общей толщины костей свода, оцениваемое ими в 16%. В двух других работах обнаруженные тенденции отличались у мужчин и женщин. Так, К. Хвен с соавторами [Hwang et al., 1999] у женщин выявили тенденцию к истончению свода в возрасте старше 50–60 лет, а у мужчин – к утолщению. А. Росс и соавторы [Ross et al., 1998], напротив, наблюдали некоторое возрастное увеличение толщины свода у мужчин, а у женщин – истончение. В работе В.Н. Звягина [Звягин, 1975] отмечаются ступенчатые возрастные изменения показателей толщины свода.

Внутривидовая изменчивость, не связанная с полом и возрастом

Корреляция с размерами тела и величиной черепа

П. Браун [Brown, 1987] на группе австралийских аборигенов показал, что толщина свода черепа слабо связана с длиной тела или массивностью скелета, но обнаруживает несколько более высокую корреляцию с размерами черепа. Х. де Бур и соавторы [de Boer et al., 2016] также наблюдали небольшую, но достоверную корреляцию толщины свода с весом тела на выборке голландцев.

П. Смит и соавторы [Smith et al., 1985] выявили достоверную корреляцию толщины свода с продольным диаметром черепа. И.Д. Потехина [Потехина, 1992] рассматривает толщину свода как один из показателей массивности черепа и связывает низкие значения толщины с комплексом признаков средиземноморского типа, а высокие – с протоевропейским компонентом.

В то же время, суммируя существующие данные можно отметить, что корреляция, выявленная на уровне отряда приматов между размерами тела, емкостью черепа – с одной стороны, и толщиной свода черепа – с другой [Gauld, 1996; Copes, Kimbel, 2016; Copes 2016], на уровне вида *Homo sapiens* не подтверждается [Hwang et al., 1999; Lynnerup, 2001; Marsh, 2013; Hatipoglu et al., 2008]. Л. Коупс и У. Кимбл [Copes, Kimbel, 2016, p. 121] объясняют отсутствие связи между емкостью черепа и толщиной свода у человека ослаблением аллометрических связей при переходе от более высокого к более низкому таксономическому уровню (от отряда к виду).

Географическая изменчивость

Географическая изменчивость в основном изучалась на межрасовом уровне [Adeloye et al., 1975; Hwang et al., 2000; Moreira-Gonzalez et al., 2006], и были выявлены некоторые тенденции, различающие представителей больших рас, которые, однако, могли быть следствием случайных колебаний толщины. Об этом свидетельствует несистематичность выявляемых различий: не вырисовывается единой биологически объяснимой картины, что, возможно, является следствием малочисленности существующих работ и использованных выборок. Исключением являются данные по группам австралийских аборигенов, которые обнаруживают определенную специфичность по отношению к другим группам человека.

Специфика австралийских аборигенов заключается в том, что они превосходят по средним показателям толщины свода все другие группы, и данные результаты повторяются во всех соответствующих исследованиях [Marsh, 2013; Brown et al., 1979; Brown, 1994]. В этой связи интересны результаты работы Т. Браун и соавторов [Brown et al., 1979] по сопоставлению ростовых процессов черепа у детей и подростков австралийских аборигенов и у детей европейского происхождения из США. Авторами показано, что у австралийских аборигенов в каждой возрастной группе значение толщины в точке ламбда и зурион уже превосходили эти значения в группе американцев, а в точке вертекс значения в двух группах были схожи

вплоть до 12 лет, после чего толщина костей у австралийских аборигенов начинала превосходить таковую у американских подростков.

Хронологическая и межвидовая изменчивости

Изучение соответствующих литературных источников указывает на реально существующую тенденцию к истончению свода черепа в период от палеолита и неолита к бронзовому, железному веку и современности. Данная тенденция показана в работах: Х. Ишиды и Ю. Додо [Ishida, Dodo, 1990], сравнивших современное население Японии и представителей культуры Дзёмон неолита; Ф. Твисселманна [цит. по: Ishida, Dodo, 1990, p. 399] зафиксировавшего изменения толщины свода от палеолита к бронзовому и железному веку Европы; Т. Брауна и соавторов [Brown et al., 1979] и П. Брауна [Brown, 1987], продемонстрировавших уменьшение толщины свода на территории Австралии за последние 10 000 лет. Д. Курно [Curnoe, 2009], исследовавший череп WLH50, пришел к выводу, что ранние мигранты в Австралию характеризовались повышенной толщиной свода черепа.

Интересно, что, по заключениям А. Бартсиокаса [Bartsiokas, 2002], одна из древнейших находок, отнесенных к виду *Homo sapiens* – *Omo Kibish 1* – имеет структуру костей свода, в том числе соотношение толщины губчатого и компактного слоя, приближающуюся к таковой у *Homo erectus*, что, по мнению автора, указывает на сохранение *Omo Kibish 1* определенного родового сходства с человеком прямоходящим, не смотря на отнесение его к виду *Homo sapiens*.

В литературе наблюдается определенное несогласие по поводу филогенетической значимости признака толщины свода черепа у человека, в частности, особое внимание привлекает исследование костей свода черепа *Homo erectus* [Brown, 1994; Marsh, 2013; Copes, Kimbel, 2016]. Так, повышенная толщина свода у представителей человека прямоходящего, неоднократно отмечалась как некая уникальная черта. Этот признак также был включен в число характеристик, разделяющих африканских и азиатских эректусов: у азиатских – большая толщина свода, у африканских – меньшая [см.: Marsh, 2013]. Для оценки того, является ли утолщенный свод уникальной чертой черепа древних людей, были проведены исследования по изменчивости изучаемого параметра среди приматов. Исследования эти показали, что толщина свода черепа связана с массой тела на межвидовом уровне; при этом изменчивость диплоэ обнаруживает закономерность, отличающуюся от изменчивости компактного слоя. Так крупные

приматы имеют меньшую толщину диплоэ относительно общей толщины свода в сравнении с некрупными приматами [Copes, 2016]. Л. Коупс и У. Кимбл [Copes, Kimbel, 2016], исследовавшие толщину свода вымерших приматов, пришли к выводу, что ископаемые представители трибы гоминины имеют относительно большую величину толщины свода черепа в сравнении с ожидаемой для приматов тех же размеров тела, однако это же характерно и для некоторых других вымерших приматов. Интересно, что по данным Л. Коупс и У. Кимбла черепа гоминины характеризуются большим относительным развитием диплоэ в сравнении с некоторыми вымершими приматами, у которых мощное развитие свода черепа задействует кортикальный слой в качестве доминирующего компонента [Copes, Kimbel, 2016]. Обнаруживаются также различия между азиатскими и африканскими *H. erectus*: африканские представители имеют большую толщину лобных костей относительно размера мозга, а у азиатских представителей относительно большую толщину имеют теменные кости.

Л. Коупс и У. Кимбл [Copes, Kimbel, 2016] выделили четыре варианта строения костей свода приматов в зависимости от соотношения компакты и диплоэ: относительно толстые, состоящие преимущественно из диплоэ (в эту группу авторы включают африканских и, вероятно, азиатских эректусов); относительно толстые, состоящие преимущественно из компакты (*Nycticebus coucang*, *Perodicticus potto*, *Propithecus diadema*, *Pongo pygmaeus*, *Lophocebus albigena*, *Paranthropus boisei*, *Alouatta caraya*, *Galago alleni* и *Mandrillus sphinx*); относительно тонкие кости с преобладанием диплоэ (*Australopithecus afarensis*, ранние *Homo*, современные люди, а также женские особи вымерших приматов *Eulemur fulvus*, *Cacajto rubicundus*, *Varecia variegata* и *Cebus capucinus*); относительно тонкие с преобладанием компакты (другие вымершие приматы).

С. Навроцки [цит. по: Marsh, 2013, p. 27] указывает на другую существующую закономерность в пределах *Homo*: виды с более округлой формой черепа имеют меньшую толщину свода, в сравнении с видами с более удлинённым и низким черепом. Было предложено, что при низком и удлинённом черепе на него приходится большая нагрузка во время жевания и движения головы, что, в свою очередь, компенсируется утолщением костей свода. Описанная С. Навроцки закономерность не подтвердилась в упомянутой выше работе Л. Коупс [Copes, 2016], т.к. виды приматов с более округлой формой черепа имели большую толщину свода, чем приматы с формой черепа, наиболее отклоняющийся от округлой формы.

Адаптационные гипотезы

Учитывая различающиеся функциональные условия компактных пластинок и диплоэ, возможна индивидуальная связь каждой из этих структур с состоянием организма и внешними факторами. Так, предполагается, что появление диплоэ у животных вызвано необходимостью увеличения толщины свода, для повышения его защитной функции, без соответствующего увеличения веса черепа [Anzelm et al., 2015]. При этом диплоэ функционирует как своего рода энергопоглощающая прослойка. Л. Коупс и У. Кимбл [Copes, Kimbel, 2016] предположили, что естественный отбор мог действовать на сохранение соотношения диплоэ и компакты, а не на сохранение абсолютной толщины свода. По мнению авторов, диплоэ и кортикальное вещество могут быть физиологически независимы, т.к. первое может реагировать на уровень красных кровяных телец, а второе – на уровень ионов в организме.

Х. Марш [Marsh, 2013] выделяет три существующие в литературе адаптационные гипотезы, объясняющие изменчивость толщины свода черепа у современного человека и в пределах рода *Homo*: 1) селективный отбор как следствие внутривидовой межличностной агрессии; 2) реакция на механический стимул со стороны жевательной мускулатуры; 3) образ жизни с повышенной физической активностью.

Гипотеза об адаптации к межличностной агрессии является одной из основных тем, обсуждаемых в контексте вопроса об адаптивной значимости толщины свода черепа. Данная гипотеза пытается объяснить как разницу в толщине свода ископаемых и современных людей, так и различия в толщине свода между популяционными группами человека. Так, рядом авторов выдвигалось предположение, что более массивные кости черепа представителей трибы гоминины – результат отбора на защиту от агрессии со стороны особей своего вида [Marsh, 2013; Copes, 2016]. То же предположение выдвигалось для объяснения повышенной толщины свода у австралийских аборигенов, в частности, повышенной толщины лобной кости [Brown, 1987]: данная черта рассматривается как адаптация к этнографически задокументированному поведению, когда «разборки» между индивидами сопровождаются ударами в голову. В качестве одного из аргументов П. Браун [Brown, 1987] приводит данные по краниологическим выборкам австралийский аборигенов, где 58% женщин и 37% мужчин несли следы травм черепа.

Х. Марш [Marsh, 2013], однако, приводит аргументы, опровергающие гипотезу о межличност-

ной агрессии. Согласно её рассуждениям, отбор на утолщенные лобные кости у австралийских аборигенов должен был привести к относительному снижению толщины теменных костей, и это должно быть специфической чертой именно австралийской популяции. В то же время, по данным Х. Марш, хоть австралийские аборигены и имеют относительно более толстые лобные кости в сравнении с теменными, это характерно и для большинства других популяционных групп человека. С другой стороны, учитывая, что большинство людей являются праворукими, П. Браун [Brown, 1987] предположил, что левая часть черепа соответственно нуждается в большей защите, нежели правая (противник бьет правой рукой в левую область лобной кости). Х. Марш [Marsh, 2013], однако, указывает на большую толщину правых лобных и теменных бугров в сравнении с левыми у австралийских аборигенов, что противоречит гипотезе П. Брауна. Х. Марш [Marsh, 2013] также предполагает, что агрессивное поведение среди австралийских аборигенов, описанное этнографами середины XX века, может не является традиционным для коренных жителей Австралии, а быть следствием правительственной политики подавления аборигенного населения.

Соответственно, она предлагает свою гипотезу, объясняющую повышенную толщину свода черепа у современных австралийских аборигенов: сохранение предкового состояния (плезиоморфия), что аргументируется данными археологов и генетиков о ранней миграции и изоляции аборигенов Австралии и Папуа Новой Гвинеи (около 40 тыс. лет назад) [Marsh, 2013, p. 177]. Сопоставление литературных данных по толщине черепа по ранним находкам с территории Австралии (Lake Mungo 3, Kow Swamp, Minatogawa) и средне-позднеплейстоценовым находкам гоминини с территории Азии (Loglin, Maludong), приводит Х. Марш к выводу, что предковой для человека является толщина свода черепа, имеющая средние значения 7–10 мм. Для современного же человека средняя толщина составляет величину около 6 мм.

По мнению Х. Марш [Marsh, 2013], истончение свода от плейстоцена к раннему голоцену могло быть следствием большей энцефализации и структурных изменений в мозге. Она также отмечает возможное ослабление селективного отбора против истончения свода, дрейф генов и затянувшиеся ростовые процессы в раннем детстве как возможные факторы, предопределяющие толщину свода и её изменчивость у современного человека.

Экспериментальные исследования влияния жевательной мускулатуры на толщину свода че-

репа были выполнены на свиньях, макаках и кроликах [см. обзор Marsh, 2013]. В целом, исследования эти показали, что напряжение, приходящееся на кости черепа при жевании довольно низкое, однако большее напряжение приходится на области швов. Х. Марш считает, что один из двух основных вариантов утолщения свода, которые она выделила – утолщение по сагиттали – обусловлено воздействием жевательной мускулатуры [Marsh, 2013]. В то же время вариант утолщения в области лобных и теменных бугров связан с ростовыми особенностями, т.к. в этих областях находятся первоначальные точки окостенения.

Сторонником гипотезы о важном влиянии жевательной мускулатуры является, в частности, Д. Курно [Curnoe, 2009]. Он предлагает ряд причин, объясняющих утолщенный свод у черепа WLH50, в числе которых – нагрузка от жевательной мускулатуры вследствие употребления грубой пищи. Дж. Питерсен и П. Дечоу [Peterson, Dechow, 2002] считают, что невысокое напряжение, приходящееся на череп при действии жевательной мускулатуры, указывает на его «переуплотненность» с тем, чтобы гасить воздействие от мускулатуры, а структура его сохраняется для выполнения защитной функции.

Д. Либерман [Lieberman 1996] провел экспериментальное исследование на *Sus scrofa* и *Dasyurus nouemcinctus*, разделив животных из одних выводков на две группы, при этом часть животных испытывали повышенную физическую нагрузку (бег), а физическая нагрузка других была ограничена. По результатам этого автора, увеличение толщины свода черепа происходило быстрее у животных, испытывавших повышенную физическую нагрузку, нежели в группе генетически близких им особей, не испытывавших её. В то же время, бег не вызывал высокого напряжения в костях свода. Таким образом, Д. Либерман предположил, что увеличение толщины костей свода у растущего организма происходит не за счет непосредственного механического действия на соответствующую область, а за счет системного повышения костеобразования, обусловленного возросшими требованиями к организму от частых упражнений, с повышением уровня гормона роста. Д. Либерман предположил, что большая толщина свода черепа у охотников-собираателей и ранних земледельцев связана с более высокой физической нагрузкой в пересчете на массу тела в сравнении с современным населением (с более высоким уровнем гормона роста).

С другой стороны, Л. Коупс [Copes 2009] получила противоречивые результаты относительно

ассоциации между толщиной бедренной и плечевой кости и толщиной свода, что может указывать на отсутствие значимой связи между уровнем гормона роста и толщиной свода черепа [Marsh, 2013]. Х. Марш [Marsh, 2013] также опровергает предположение Д. Либермана, указывая на то, что пики роста толщины черепа (до 4,5 лет) и период максимального высвобождения гормона роста (пубертат) не совпадают. С другой стороны, такие состояния как акромегалия при которой, помимо всего прочего, наблюдается утолщение костей свода черепа, все же указывает на существование определенной связи между уровнем гормона роста и толщиной черепа. Однако связь эта неоднозначна и требует дальнейших исследований [Marsh, 2013].

Заключение

В целом, несмотря на давнюю историю изучения вопроса, накопленные знания позволяют поставить новые задачи, связанные с исследованием изменчивости толщины черепного свода и отдельных его элементов в пространственно-временном аспекте, его адаптивных характеристик, влиянием экзо- и эндогенных факторов, биомеханических особенностей и ряда других параметров. Учитывая различающиеся функциональные условия компактных пластинок и диплоэ, возможную связь каждой из этих структур с состоянием организма и внешними факторами, изучение их связи с географической изменчивостью, условиями жизни и биологическими особенностями представляется чрезвычайно интересным. Немаловажной является и проработка гипотезы об адаптации к внутривидовой агрессии. Хотя представляется

маловероятным, что внутривидовая агрессия играла ключевую роль в эволюции свода черепа на уровне рода *Homo*, одной из основных его функций является все же защитная. В этой связи интересным будет сопоставление характеристик разных участков свода с палеопатологическими и палеодемографическими данными о выживаемости индивидов со следами прижизненных травм черепа, а также с данными экспериментальных исследований о механической прочности и абсорбционных свойствах разных участков черепной коробки. В отношении половой изменчивости, интересной представляется проработка гипотезы Х. Ишиды и Ю. Додо (H. Ishida, Y. Dodo) о большей равномерности толщины свода у женщин в сравнении с мужчинами, что, вероятно, связано с меньшей рельефностью женских черепов.

Благодарности

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ № 17-29-04125.

Библиография

- Андреева И.В., Федченко С.Н. Анатомическая изменчивость толщины костей свода черепа человека // Украинський морфологічний альманах, 2010. Т. 8. № 3. С. 166.
- Звягин В.Н. О возрастной изменчивости толщины костей свода черепа // Судебно-медицинская экспертиза, 1975. № 1. С. 11.
- Потехина И.Д. К изучению толщины костей свода черепа в неолитических и энеолитических популяциях юга Восточной Европы в связи с экологическими факторами // Экологические аспекты палеоантропологических и археологических реконструкций. М.: Институт археологии АН СССР, 1991. С. 104-126.

Сведения об авторе

Каралетян Марина Кареновна, к.б.н., marishkakar@hotmail.com.

M. Karapetian

*Lomonosov Moscow State University, Anuchin Institute and Museum of Anthropology,
11 Mokhovaya str., Moscow, 125009, Russia*

STUDYING CRANIAL VAULT THICKNESS. PART 1: THEORETICAL ASPECTS

Aim. The cranial vault thickness (CVT) has long been a subject of research both in clinical studies (e.g. bone grafting) and in theoretical studies (adaptation, factors of intra- and interspecific variability). The article presents an overview of existing literature sources, describing the current status of the research, and assesses the further research potential.

Results. The CVT variability is apparently independent of sex, but shows some age changes, which, however, are not linear. At intraspecific level the CVT shows only slight correlation with body size, size of the neurocranium or with cranial capacity. However, the associations exist on the interspecific level within the order of Primates. In humans CVT has decreased since Paleolithic period, which is hypothesized to be a result of overall gracilization, changes in lifestyle, diet, greater encephalization, relaxation of selective pressure, genetic drift etc. However, the exact nature of these changes is not well explored. Several studies on geographical variability of CVT gave inconsistent results, except studies on Australian Aborigines who show some specifics compared to other human population groups. The latter is hypothesized to be related to a fixation of an ancestral condition, possibly related to isolation.

Conclusions. Overall, the increasing knowledge about the subject has allowed to bring up new problems related to CVT variability in a spatiotemporal, adaptive and some other aspects.

Keywords: anthropology; craniology; cranial vault thickness; literature review; *Homo sapiens*; intraspecific variability; interspecific variability

References

- Andreeva I.V., Fedchanko S.N. Anatomicheskaya izmen'chivost tolshini svoda cherepa cheloveka [Anatomical variability of human cranial vault thickness]. *Ukrainskiy morfologicheskiiy almanakh* [Ukrainian morphology almanac], 2010, 8 (3), p. 166. (In Russ.).
- Zvyagin V.N. O vozrastnoy izmen'chivosti tolshini kostey svoda cherepa [Age changes of cranial vault thickness]. *Sudebno-meditsinskaya ekspertiza* [Forensic Medical Expertise], 1975, 1, p. 11. (In Russ.).
- Potekhina I.D. K izucheniyu tolshini kostey svoda cherepa v neoliticheskikh i eneoliticheskikh populatsiyakh yuga vostochnoy evrope v svyazi s ekologicheskimi faktorami [On cranial vault thickness in Neolithic and Eneolithic populations of Southern Eastern Europe in relation to ecological factors]. In *Ekologicheskkiye aspekti paleoantropologicheskikh i archeologicheskikh rekonstruktsiy* [Ecological aspects of paleoanthropological and archaeological reconstructions]. Moscow, Institute of Archeology AS USSR Publ., 1991, pp. 104-126. (In Russ.).
- Adeloye A., Kattan K.R., Silverman F.N. Thickness of the normal skull in the American Blacks and Whites. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 1975, 43 (1), pp. 23-30.
- Anzelmo M., Ventrice F., Barbeito-Andr s J., Pucciarelli H.M., Sardi M.L. Ontogenetic changes in cranial vault thickness in a modern sample of *Homo sapiens*. *Am. J. Hum. Biol.*, 2015, 27 (4), pp. 475-485.
- Bartsiokas A. Hominid cranial bone structure: a histological study of Omo 1 specimens from Ethiopia using different microscopic techniques. *Anat. Rec.*, 2002, 267 (1), pp. 52-59.
- Brown P. Pleistocene homogeneity and Holocene size reduction: The Australian human skeletal evidence. *Archaeology in Oceania*, 1987, 22 (2), pp. 41-67.
- Brown P. Cranial vault thickness in Asian *Homo erectus* and *Homo sapiens*. *Cour Forsch-Inst Senckenberg*, 1994, 171, pp. 33-46.
- Brown T., Pinkerton S.K., Lambert W. Thickness of the Cranial Vault in Australian Aborigines. *Archaeology in Oceania*, 1979, 14 (1), pp. 54-71.
- Copes L.E. How and why do humans grow thin skulls? A test of the systemic robusticity hypothesis. *The FACEB Journal.*, 2009, 22 (2), pp. 131.
- Copes L.E. Cranial vault thickness in non-human primates: Allometric and geometric analyses of the vault and its component layers. *J. Hum. Evol.*, 2016, 101, pp. 90-100.
- Copes L.E., Kimbel W.H. Cranial vault thickness in primates: *Homo erectus* does not have uniquely thick vault bones. *J. Hum. Evol.*, 2016, 90, pp. 120-134.
- Curnoe D. Possible causes and significance of cranial robusticity among Pleistocene-Early Holocene Australians. *J. Archaeol. Sci.*, 2009, 36 (4), pp. 980-990.
- De Boer H.H., Van der Merwe A.E., Soerdjbalie-Maikoe V.V. Human cranial vault thickness in a contemporary sample of 1097 autopsy cases: relation to body weight, stature, age, sex and ancestry. *Int. J. Legal Med.*, 2016., 130 (5), pp. 1371-1377.

- Ebraheim N.A., Lu J., Biyani A., Brown J.A., Yeasting R.A. An anatomical study of the thickness of the occipital bone: implications for occipitocervical instrumentation. *Spine*, 1996, 21 (15), pp. 1725-1729.
- Gauld S.C. Allometric patterns of cranial bone thickness in fossil hominids. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 1996, 100, pp. 411-426.
- Hatipoglu H.G., Ozcan H.N., Hatipoglu U.S., Yuksel E. Age, sex and body mass index in relation to calvarial diploe thickness and craniometric data on MRI. *Forensic Sci. Int.*, 2008, 182 (1-3), pp. 46-51.
- Hwang K., Kim J.H., Baik S.H. The thickness of the skull in Korean adults. *J. Craniofac. Surg.*, 1999, 10 (5), pp. 395-399.
- Hwang K., Hollinger J.O., Chung R.S., Lee S.I. Histomorphometry of parietal bones versus age and race. *J. Craniofac. Surg.*, 2000, 11 (1), pp. 17-23.
- Ivanhoe F. Direct correlation of human skull vault thickness with geomagnetic intensity in some northern hemisphere populations. *J. Hum. Evol.*, 8 (4), 1979, pp. 433-444.
- Ishida H., Dodo Y. Cranial thickness of modern and neolithic populations in Japan. *Hum. Biol.*, 1990, 62 (3), pp. 389-401.
- Jacobsen P.E., Kjr I., Sonnesen L. Skull thickness in patients with skeletal deep bite. *Orthod. Craniofac. Res.*, 2008, 11, pp. 119-123.
- Jung Y.S., Kim H.J., Choi S.W., Kang J.W., Cha I.H. Regional thickness of parietal bone in Korean adults. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, 2003, 32 (6), pp. 638-641.
- Koenig W.J., Donovan J.M., Pensler J.M. Cranial bone grafting in children. *Plast. Reconstr. Surg.*, 1995, 95 (1), pp. 1-4.
- Law S.K. Thickness and resistivity variations over the upper surface of human skull. *Brain Topogr.*, 1993, 6 (2), pp. 99-109.
- Li Q., Pan S.N., Yin Y.M., Li W., Chen Z.A et al. Normal cranial bone marrow MR imaging pattern with age-related ADC value distribution. *Eur. J. Radiol.*, 2011, 80 (2), pp. 471-477.
- Lieberman D.E. How and why humans grow thin skulls: Experimental evidence for systemic cortical robusticity. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 1996, 101, pp. 217-236.
- Lillie E.M., Urban J.E., Weaver A.A., Powers A.K., Stitzel J.D. Estimation of skull table thickness with clinical CT and validation with microCT. *J. Anat.*, 2015, 226 (1), pp. 73-80.
- Lynnerup N. Cranial thickness in relation to age, sex and general body build in a Danish forensic sample. *Forensic Sci. Int.*, 2001, 117 (1-2), pp. 45-51.
- Moreira-Gonzalez A., Papay F.E., Zins J.E. Calvarial thickness and its relation to cranial bone harvest. *Plast. Reconstr. Surg.*, 2006, 117 (6), pp. 1964-1971.
- Marsh H.E. *Beyond thick versus thin: mapping cranial vault thickness patterns in recent Homo sapiens*. PhD Thesis, University of Iowa, 2013.
- Peterson J., Dechow P.C. Material properties of the inner and outer cortical tables of the human parietal bone. *Anat. Rec.*, 2002, 268 (1), pp. 7-15.
- Roche A.F. Increase in cranial thickness during growth. *Hum. Biol.*, 1953, 25 (2), pp. 81-92.
- Ross A.H., Jantz R.L., McCormick W.F. Cranial thickness in American females and males. *J. Forensic Sci.*, 1998, 43 (2), pp. 267-272.
- Sabanciogullari V., Kosar M.I., Salk I., Erdil F.H., Oztoprak I. et al. Diploe thickness and cranial dimensions in males and females in mid-Anatolian population: an MRI study. *Forensic Sci. Int.*, 2012, 219 (1-3), pp. 289.
- Sullivan W.G., Smith A.A. The split calvarial graft donor site in the elderly: A study in cadavers. *Plast. Reconstr. Surg.*, 1989, 84, pp. 29-31.
- Smith P., Wax Y., Becker A., Einy S. Diachronic variation in cranial thickness of Near Eastern populations. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 1985, 67 (2), pp. 127-133.
- Tellioglu A.T., Yilmaz S., Baydar S., Tekdemir I., Elhan A.H. Computed tomographic evaluation before cranial bone harvesting to avoid unexpected hazards during aesthetic procedures. *Aesthetic Plast. Surg.*, 2001, 25, pp. 198-201.
- Todd T.W. Thickness of the male white cranium. *The Anatomical Record*, Vol. 27 (5), pp. 245-256.
- Webb S. Cranial thickening in an Australian hominid as a possible palaeoepidemiological indicator. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 1990, 82, pp. 403-411.

Author's information

Karapetian Marina K., PhD, marishkakar@hotmail.com.