

УДК 681.3.01

Е.О. Шамраева

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ ЧЕРЕПНЫХ ИМПЛАНТАТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

В работе представлен сравнительный анализ методов построения черепных имплантатов в зависимости от типа исходных данных. Анализируется изготовление имплантатов вручную и с помощью стереолитографической системы на основании компьютерной модели по краниографическим данным. Также подлежит анализу изготовление имплантатов с помощью стереолитографии на основании данных рентгеновского и спирального компьютерных томографов.

Ключевые слова: черепной имплантат, ручной и автоматизированный методы изготовления, краниограммы, томограммы, коэффициенты несоответствия, стоимости, времени, обобщенная оценка.

Введение

В настоящее время черепные имплантаты (ЧИ) получают либо вручную, либо с помощью стереолитографической системы (СТЛ) на основании данных, полученных с помощью спирального компьютерного томографа (СКТ). В работах [1 – 3] разработаны методы получения моделей ЧИ также с помощью СТЛ, но на основании данных компьютерного рентгеновского томографа (РКТ) и рентгеновского аппарата. Поэтому целесообразным является проведение сравнительного анализа получаемых результатов в зависимости от исходных данных (ИД).

Анализ методов построения

Оцениваются в первую очередь степень соответствия форм черепного имплантата и посттравматического дефекта черепа (ПТДЧ), а также стоимость имплантата. Оценке подлежит и время создания ЧИ.

Наиболее важным параметром при изготовлении ЧИ является степень его соответствия дефекту черепа. Для объективизации определения степени восстановления ПТДЧ черепным имплантатом в работе введены следующие относительные параметры реконструкции:

– коэффициент несоответствия фронтальных проекций имплантата и ПТДЧ. Определяется как отношение площади несовпадающих участков фронтальных проекций ПТДЧ и имплантата (рис. 1) к площади фронтальной проекции ПТДЧ. Вычисляется по формуле:

$$K_{\text{фронт}} = \frac{\sum_{i=1}^N s_i}{S} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где s_i – площадь несовпадающих участков фронтальных проекций ПТДЧ и имплантата; N – количество несовпадающих участков фронтальных проекций ПТДЧ и имплантата;

S – площадь фронтальной проекции ПТДЧ.

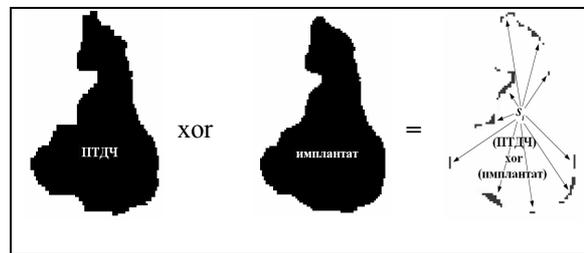


Рис. 1. Иллюстрация к определению коэффициента несоответствия фронтальных проекций

– коэффициент несоответствия радиусов кривизны черепа и имплантата, характеризующий косметический аспект реконструкции. Определяется как отношение разницы радиусов кривизны имплантата и черепа в районе ПТДЧ к радиусу кривизны черепа в районе ПТДЧ (рис.2). Вычисляется по формуле:

$$K_{\text{сфер}} = \frac{|R_{\text{импл}} - R_{\text{череп}}|}{R_{\text{череп}}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где $R_{\text{череп}}$ – радиус кривизны черепа; $R_{\text{импл}}$ – радиус кривизны имплантата.

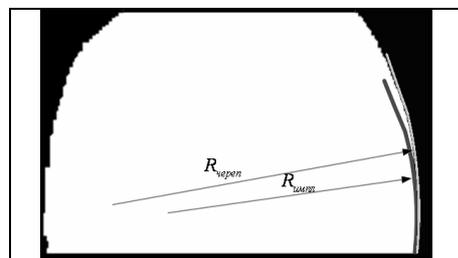


Рис. 2. Иллюстрация к определению коэффициента несоответствия радиусов кривизны черепа и имплантата

При оценке данного коэффициента в случае использования в качестве исходных данных РГ-снимков, радиус кривизны черепа определяется по соответствующей усредненной модели черепа

[1]. В случае же использования томограм, радиус кривизны черепа определяется по неповрежденному фрагменту, симметричному ПТДЧ [2, 3].

Также немаловажным параметром при изготовлении имплантата представляется его стоимость. Наиболее дорогостоящим является изготовление имплантата с помощью стереолитографической системы по данным СКТ. Наименее дорогим – ручное изготовление по рентгенограммам.

Коэффициент стоимости определяется из отношения стоимости любого из способов изготовления имплантата (по СКТ-данным, КТ-данным, рентгенограммам, а также ручное изготовление) к стоимости наиболее дорогостоящего способа изготовления (по данным СКТ). Вычисляется по формуле:

$$K_{\text{стоим}} = \frac{C_i}{C_{\text{max}}} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где C_i – стоимость изготовления имплантата любым способом; C_{max} – наибольшая стоимость изготовления имплантата.

Время для проведения краниопластики варьирует в пределах от 2-х дней после травмы до 2-х месяцев и более. Причем первичная и первично-отсроченная краниопластика имеют ряд противопоказаний, что ограничивает их применение. В связи с этим, время изготовления черепного имплантата играет в краниопластике не такую значительную роль, как точность или стоимость изготовления имплантата. Наиболее длительный способ изготовления имплантата – ручной. Время же автоматизиро-

ванного изготовления имплантата во всех рассматриваемых случаях имеет один порядок.

Коэффициент времени рассчитывается по аналогии с коэффициентом стоимости:

$$K_{\text{время}} = \frac{t_i}{t_{\text{max}}} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где t_i – время изготовления имплантата любым способом; t_{max} – наибольшее время изготовления имплантата.

В связи с тем, что все оцениваемые параметры имеют разный вес при изготовлении черепного имплантата, введем т.н. *обобщенную оценку* e , включающую в себя все ранее указанные коэффициенты с определенными весами, и характеризующую степень неприемлемости того или иного способа изготовления. Вычисляется по формуле:

$$e = 0,3 \cdot (K_{\text{фронт}} + K_{\text{сфер}}) + 0,25 \cdot K_{\text{стоим}} + 0,15 \cdot K_{\text{время}} \cdot (5)$$

Результаты анализа приведены в табл. 1.

Результаты оценки всех характеристик имплантатов проиллюстрированы на рис. 3.

Выводы

По результатам анализа можно сделать следующие выводы: с точки зрения качества имплантата наилучшим способом является построение имплантата на стереолитографической системе по данным СКТ; с точки же зрения стоимости получения данных, моделирования и изготовления данный способ является наиболее дорогостоящим.

Таблица 1

Сравнительный анализ методов построения черепных имплантатов

ИД	Метод получения ЧИ	S, см ²	t	Ц, грн.	K _{фронт} , %	K _{сфер} , %	K _{стоим} , %	K _{время} , %	e, %
РГ	ручное	>10	1 неделя	300	19,37	18,64	37,5	100	35,78
		<10	2 недели	500	22,51	20,1	33,33	100	36,12
	автоматизированное	>10	10 мин. + время STL*	300-500	10,12	8,91	56,25	4,86	20,5
		<10	15 мин. + время STL	500-3000	12,57	9,88	46,67	7,22	19,49
КТ	автоматизированное по данным РКТ	>10	40 мин. + время STL	500-700	8,09	8,3	75	5,16	24,44
		<10	45 мин. + время STL	700-3000	10,55	9,12	66,67	7,37	23,67
	автоматизированное по данным СКТ	>10	40 мин. + время STL	750-950	7,89	7,15	100	5,16	30,29
		<10	45 мин. + время STL	950-5000	9,48	7,99	100	7,37	31,35

* Время STL соответствует времени от 8 часов (для изготовления имплантата размером менее 10 см²) до 24 часов (для изготовления имплантата размером более 10 см²)

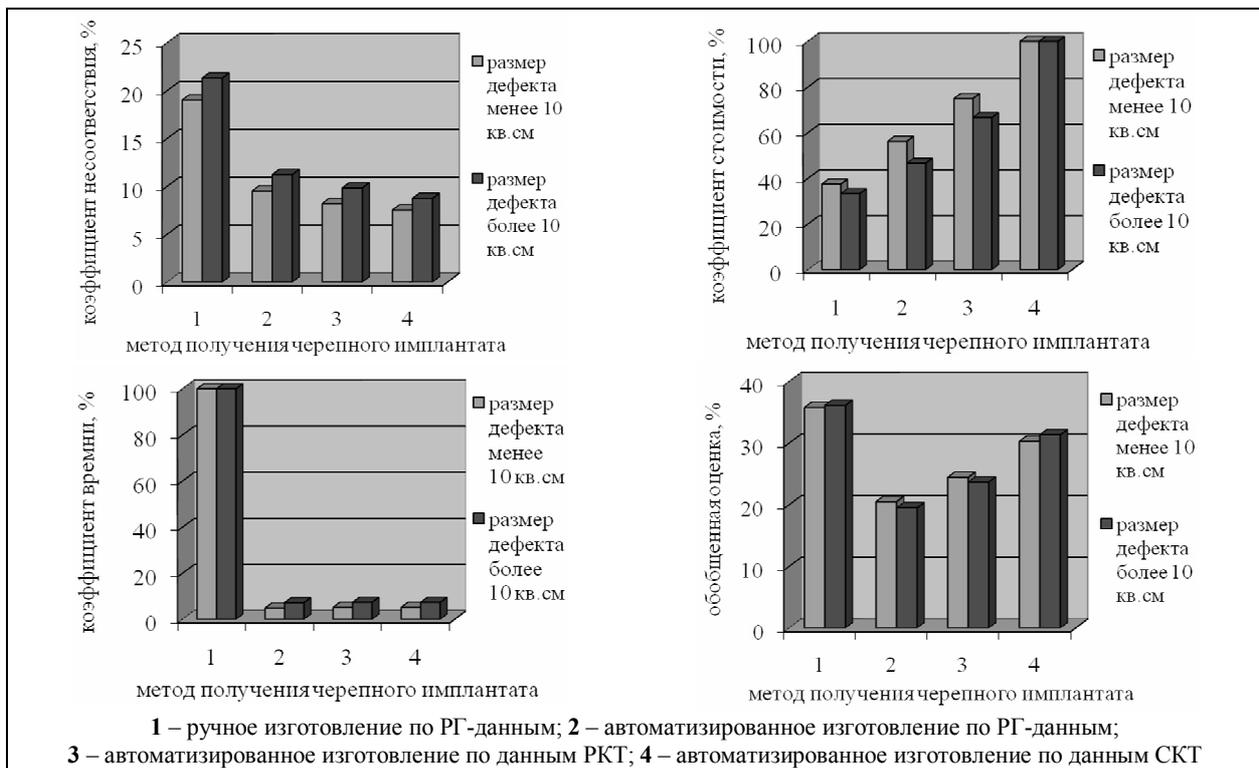


Рис. 3. Гистограммы оцениваемых характеристик черепных имплантатов

По качеству моделирования и изготовления имплантата по данным РКТ и РГ-данным [1 – 3], сформированный имплантат соизмерим с соответствующим имплантатом, построенным по данным СКТ. Однако стоимость его значительно ниже стоимости последнего. Имплантат, изготовленный вручную, имеет наименьшую стоимость, но и наихудшее качество. По времени изготовления первые два способа соизмеримы, тогда как ручное исполнение имплантата значительно превосходит их. По результатам обобщенной оценки можно сделать вывод, что оптимальным способом является способ изготовления имплантата на стереолитографической системе по данным РКТ и РГ-данным.

Список литературы

1. Шамраева Е.О., Аврунин О.Г. Построение моделей черепных имплантов по рентгенографическим данным // Прикладная радиоэлектроника. – 2005. – Т4, № 4. – С. 441-443.
2. Шамраева Е.О., Аврунин О.Г. Выбор метода сегментации костных структур на томографических изображениях // Бионика интеллекта: информация, язык, интеллект. – 2006. – №2 (65). – С. 83-87.
3. Шамраева Е.О., Шамраев А.А., Аврунин О.Г. Реконструкция объемных моделей черепа и имплантата по томографическим снимкам // Системы обработки информации. – 2007, Вып. 9(67). – С. 137-140.

Поступила в редколлегию 25.06.2008

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, проф. А.И. Бих. Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПОБУДОВИ ЧЕРЕПНИХ ІМПЛАНТАТІВ ЗАЛЕЖНО ВІД ТИПУ ВХІДНИХ ДАНИХ

О.О. Шамраєва

У роботі представлений порівняльний аналіз методів побудови черепних імплантатів залежно від типу початкових даних. Аналізується виготовлення імплантатів вручну і за допомогою стереолитографічної системи на підставі комп'ютерної моделі за краниографіческими даними. Також підлягає аналізу виготовлення імплантатів за допомогою стереолитографії на підставі даних рентгенівського і спірального комп'ютерних томографів.

Ключові слова: черепний імплантат, ручний і автоматизований методи виготовлення, краниограмми, томограмми, коефіцієнти невідповідності, вартості, часу, узагальнена оцінка.

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS CONSTRUCTION OF CRANIAL IMPLANTATES IN DEPENDENCE OF INITIAL DATA

Ye.O. Shamraeva

The comparative analysis of methods of construction of cranial implants is in-process presented depending on the type of basic data. Making of implants is analysed by hand and by the stereolithographic system on the basis of computer model on craniography to information. Making of implants is also subject an analysis by stereolithography on the basis of information x-ray photography and spiral computer tomographs.

Keywords: cranial implant, manual and automated methods of making, craniograms, tomograms, coefficients of disparity, cost price, time, generalized estimation.