

ЛЕКЦИЯ

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2013

БЕЗРАМНАЯ НАВИГАЦИЯ В ХИРУРГИИ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКИХ ДЕФЕКТОВ И ДЕФОРМАЦИЙ КРАНИООРБИТАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ**О.В. Левченко¹, В.М. Михайлюков², Д.В. Давыдов²**¹ НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского,² ГБОУ ВПО Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова Минздрава России

В статье описывается методика и аспекты использования безрамной навигации в хирургическом лечении пациентов с посттравматическими деформациями и дефектами краниоорбитальной области. Представлены задачи и алгоритм использования, показания и методики оценки результатов применения безрамной навигации в реконструктивной хирургии.

Ключевые слова: безрамная навигация, посттравматические дефекты и деформации краниоорбитальной области.

This article describes the method and usage aspects of frameless navigation for surgical treatment of patients with posttraumatic cranial deformations and cranioorbital defects. The problems and application algorithm as well as indications and methods for estimation of frameless navigation system usage results in reconstructive surgery are presented.

Key words: frameless navigation, posttraumatic defects and cranioorbital deformations.

В настоящее время одной из актуальных задач в современной нейрохирургии и челюстно-лицевой хирургии является повышение качества и эффективности хирургической помощи пациентам с черепно-мозговой травмой [2, 4, 9]. Рост травматизма, отмечающийся в настоящее время, вследствие увеличения количества дорожно-транспортных происшествий, спортивной травмы, бытовых конфликтов отражается и на росте частоты сочетанных черепно-мозговых травм (ЧМТ), в первую очередь — краниофациальных повреждений [3]. В структуре тяжелой сочетанной травмы на долю краниофациальных повреждений приходится 5–33% [21, 26, 27]. Одним из наиболее частых видов краниофациальной травмы является краниоорбитальное повреждение (КОП). При этом на долю КОП в общей структуре черепно-мозговой травмы приходится 11,4% [12].

При КОП возможно повреждение латеральной, нижней, медиальной и верхней стенок глазницы. Повреждения латерального отдела средней зоны лица классифицируют как переломы скуло-орбитального комплекса. Переломы скуло-орбитального комплекса в структуре КОП составляют 50% и в 29,4–56% наблюдений сопровождаются ЧМТ и в 86% — травмой глаза [17, 20]. При повреждении нижней и медиальной стенок глазницы происходит пролабирование параорбитальной клетчатки в полость верхнечелюстного синуса, что может приводить к тяжелым функциональным и косметическим нарушениям в виде дислокации глазного яблока, ущемления ретробульбарной клетчатки и мышц, развития глазодвигательных нарушений. Ввиду тесной анатомической взаимо-

связи верхней части глазницы с передней черепной ямкой повреждение верхней стенки глазницы может сопровождаться повреждением головного мозга и развитием ликвореи [7, 16].

Термином «посттравматическая деформация» (ПТД) обозначают сложный биомеханический процесс, возникающий в момент травмы и связанный с разрушением стройной системы контрфорсов костной основы и повреждением мягкотканного покрытия означенной области, которые впоследствии приводят к возникновению ряда стойких функциональных и косметических нарушений [9].

Принято выделять 3 основных стадии в процессе формирования деформации после получения травмы: первая стадия — деформация после острой травмы (до 4 нед), вторая стадия — формирующаяся ПТД (до 3 мес после травмы), третья стадия — сформированная ПТД [9].

В настоящее время отмечена тенденция к выполнению одноэтапного хирургического вмешательства при посттравматических дефектах и деформациях с целью улучшения функциональных и эстетических результатов, а также с целью сокращения сроков лечения [9].

Для восстановления правильной анатомии костных структур, восстановления функции и устранения косметического дефекта важную роль играют правильная форма, объем и месторасположение имплантата, а также правильное положение смещенных костных фрагментов [10, 11]. В настоящее время некоторые из этих задач помогает решать методика стереолитографического прототипирования, которая позволяет

изготавливать точные пластиковые копии анатомических структур пациента, что делает более удобным восприятие данных рентгенологического исследования и предоставляет более полную информацию о степени имеющегося поражения [8]. Для выполнения сложных реконструктивных краниофациальных операций стереолитографическое прототипирование помогает правильно воссоздавать форму и объем имплантата, но при этом не дает возможности интраоперационно контролировать положение имплантата. Для интраоперационного контроля положения имплантата существует методика интраоперационной рентгенографии. Данная методика позволяет интраоперационно оценить положение имплантата, но не дает возможности оценить его объем и форму. Существует методика интраоперационной компьютерной томографии, позволяющая контролировать объем, форму и положение установленного имплантата, но учитывая, что данная методика является более затратной, связана с лучевой нагрузкой, требует больше времени для проведения и не позволяет проводить визуализацию в режиме реального времени, ее применение ограничено.

Комплексно решить данные проблемы призвана методика безрамной навигации.

Впервые метод стереотаксиса был предложен в 1908 г. двумя исследователями из Лондонской университетской клиники — нейрохирургом Виктором Горслеем (Хорсли) и инженером Робертом Х. Кларком. Аппарат Хорсли—Кларка применяли для экспериментальных операций на животных (доступ к зубчатому ядру у обезьян) и использовали для расчета трехмерную систему координат Декарта. Усовершенствованный в 1930 г. аппарат Хорсли—Кларка был признан стандартом стереотаксиса для экспериментальных операций на животных и в настоящее время применяется во многих лабораториях по исследованиям функции центральной нервной системы [25].

Традиционно безрамную навигацию в нейрохирургии используют для «поиска» уже существующих образований. Использование безрамной навигации в реконструктивной хирургии преследует другие цели, а именно позволяет оценить положение и правильность формы установленного имплантата, положение костных фрагментов после репозиции.

Задачами безрамной навигации в хирургии КОП являются:

- 1) определение точного положения имплантата;
- 2) определение правильности формы имплантата;
- 3) определение правильности положения костных фрагментов;
- 4) определение топографо-анатомических взаимоотношений глазодвигательного аппарата и глазного яблока в ходе операции;
- 5) определение правильности положения глазного яблока;
- 6) оценка эффективности реконструктивной операции на основании изменения объема глазницы;

7) определение местоположения хирургического инструментария.

Первые результаты о использовании безрамной навигации у пациентов с краниоорбитальной патологией описаны в 1997 г. рядом авторов — F. Watzinger, F. Wanschitz, A. Wagner [34]. Операции по поводу посттравматических деформаций скуловой дуги выполняли с использованием навигационной системой «ARTMA Biomedical Inc.» Результаты реконструкции скуловой дуги были удовлетворительны во всех пяти клинических случаях.

N.C. Gellrich, A. Schramm, B. Hammer R. Schmelzeisen в своем исследовании предложили методику использования безрамной навигации у пациентов с посттравматическими дефектами и деформациями скуло-орбитального комплекса в сочетании с компьютерным предоперационным планированием, включающим в себя виртуальную реконструкцию зоны предполагаемого оперативного вмешательства [23, 32]. В исследование вошли 18 пациентов с односторонними посттравматическими дефектами орбиты. Результаты проведенного лечения оценивали по данным компьютерной томографии, костей черепа с 3D-реконструкцией. По данным компьютерной томографии также рассчитывали объем реконструированной орбиты, сравнивая его с объемом орбиты неповрежденной стороны. В результате анализа проведенного лечения был сделан вывод о том, что компьютерное предоперационное планирование позволило хирургу выбрать правильную тактику лечения, а также во время операции позволяет контролировать предварительно запланированное положение костного трансплантата.

R. Markiewicz, J. Dierks, R. Bell анализировали сравнительные результаты лечения у пациентов с посттравматическими и пострезекционными (после удаления опухоли) дефектами и деформациями по таким критериям, как восстановление объема орбиты и положение глазного яблока с использованием безрамной навигации и без нее [30]. Авторами отмечено, что восстановление нормального объема глазницы и положения глазного яблока у пациентов с посттравматическими и пострезекционными дефектами и деформациями часто затруднено из-за невозможности хирурга получить адекватную визуализацию в зоне вмешательства и оценить правильное положение имплантата во время операции. Неправильные форма и место расположения имплантата могут привести к неправильному восстановлению объема глазницы, следствием чего может стать остаточный экзофтальм. Для сравнительной оценки результатов проведенного лечения производили измерение объема и соотношения костных структур орбиты в до- и послеоперационном периодах (рис. 1). Правильное положение костных фрагментов и внутренний объем орбиты оценивали по следующим анатомическим ориентирам: скуловое возвышение, нижнеглазничный край, латеральный край орбиты, дно глазницы, внутренний край глазницы, орбитальная вершина. Нижнеглазничный край глазницы был определен как передняя граница, зрительный канал — как задняя граница глазницы.

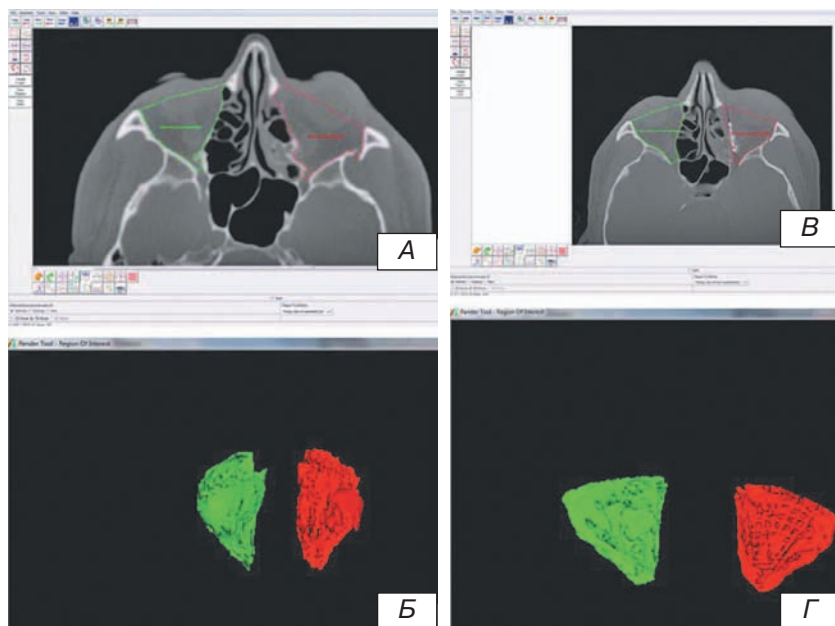


Рис. 1. Фотография рабочего стола программы для анализа объема глазницы. (зеленым цветом выделена неповрежденная сторона, красным цветом — поврежденная сторона) (по Michael R., 2011). А — Компьютерная томограмма до операции, аксиальный срез: линиями обведены границы орбиты; Б — 3D-реконструкция внутреннего пространства орбиты до операции; В — компьютерная томограмма после операции, аксиальный срез: линиями обведены границы орбиты; Г — 3D-реконструкция внутреннего пространства орбиты после операции. Отмечается восстановление объема и формы глазницы.

Fig. 1. Image of program desktop for analysis of orbital volume (green marks intact side, red — injured side) (by Michael R., 2011). А — preoperative CT scan, axial projection: lines encircle the borders of orbit; Б — preoperative 3D-reconstruction of orbital cavity; В — postoperative CT scan, axial projection: lines encircle the borders of orbit; Г — postoperative 3D-reconstruction of orbital cavity shows the restoration of orbital volume and shape.

В группу сравнения вошли 18 пациентов с посттравматическими дефектами и деформациями скуло-орбитального комплекса, которым проводили реконструктивно-восстановительные операции без использования безрамной навигации. Проведенные исследования показали, что при выполнении реконструктивных операций на скуло-орбитальном комплексе при посттравматических и постонкологических дефектах и деформациях использование интраоперационной навигации позволяет достигать более точных результатов, чем без ее использования [18, 19, 29, 33].

В России методика безрамной навигации для пластики сложных дефектов и деформаций черепа и глазницы впервые использована в 2007 г. сотрудниками НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского. С использованием данного метода выполнено 19 реконструктивных операций. Во всех клинических наблюдениях дефект сопровождался экзофтальмом и гипофтальмом различной степени выраженности. Во всех наблюдениях удалось получить хорошие функциональные и косметические исходы [6, 10–12].

Использование безрамной навигации в реконструктивной хирургии возможно также и с целью контроля положения инструментов. В.А. Стучилов и соавт. (2011) в своем исследовании описывают опыт лечения 34 больных с переломами стенок глазницы и 25 — с переломами скуловой кости с использованием безрамной навигации [13, 14]. Целью исследования явилась разработка оптимальной тактики комплексного применения методов визуализации и эндоскопической навигационной системы на этапе хирургической коррекции травматических повреждений средней зоны лица, осложненных офтальмологической патологией. В ходе операции навигационная система постоянно отслеживала положение хирургических инструментов в ране, что давало возможность

хирургу контролировать свои действия с точностью до 1–2 мм в трехмерных изображениях и в привычных для хирурга видах КТ на экране монитора. Авторы исследования пришли к выводу о том, что использование эндоскопической навигационной системы и 3D компьютерного моделирования в практике челюстно-лицевой хирургии целесообразно проводить при вмешательствах в «рискованных» зонах (область орбиты, сопровождающиеся значительными смещениями зрительного нерва, глазодвигательных мышц, подглазничного нерва, основание черепа, клетки решетчатого лабиринта, клиновидная пазуха) при устранении дефектов, деформаций скуловой кос-

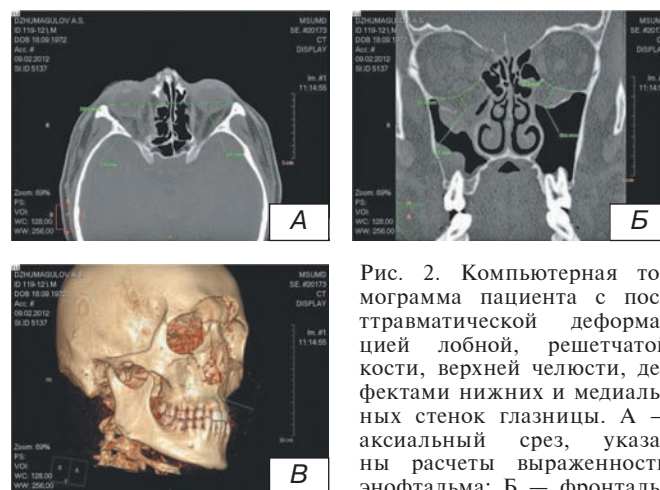


Рис. 2. Компьютерная томограмма пациента с посттравматической деформацией лобной, решетчатой кости, верхней челюсти, дефектами нижних и медиальных стенок глазницы. А — аксиальный срез, указаны расчеты выраженности экзофтальма; Б — фронтальный срез, указаны расчеты размеров дефектов стенок глазницы; В — 3D-реформация лицевого скелета.

Fig. 2. CT scan of patient with posttraumatic deformations of frontal, ethmoid and maxillary bones as well defects of inferior and medial orbital walls. А — axial view, calculations of enophthalmos are specified; Б — frontal view, sizing calculations of orbital walls defects are specified; В — 3D-reformation of facial skeleton.

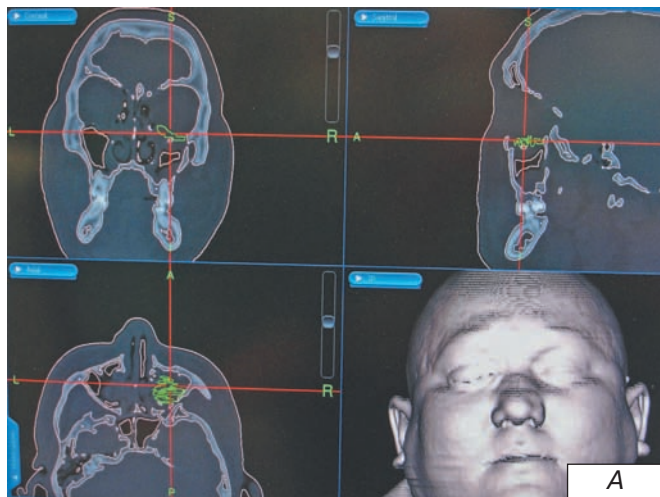


Рис. 3. Фотография рабочего стола навигационной системы. А — построение виртуального имплантата (указан зеленым цветом) на аксиальных и фронтальных срезах; Б — виртуальная объемная модель имплантата.
Fig. 3. Image of navigation system's desktop. А — formation of virtual implant (marked by green) on axial and frontal projections; Б — virtual 3D-model of implant.

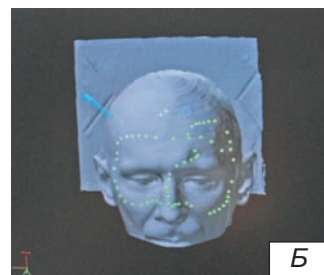
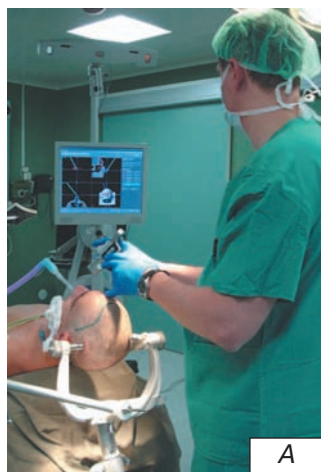


Рис. 4. Регистрация пациента в нейронавигационной установке. А — интраоперационная фотография; Б — фотография рабочего экрана навигационной установки.
Fig. 4. Patient's registration in neuronavigation system. А — intraoperative image; Б — image of navigation system's desktop.

ти, репозиции глазного яблока, костных стенок орбиты, при совместных операциях с офтальмологами, лор-хирургами, нейрохирургами [14].

Алгоритм применения безрамной навигации для реконструкции посттравматических дефектов и деформаций включает в себя следующие этапы:

1. В предоперационном периоде с целью получения пространственного представления о форме и локализации дефекта, а также о степени деформации, размеров дефектов выполняют

рентгеновскую компьютерную томографию черепа в аксиальной и фронтальной плоскостях с построением 3D-реформаций (рис. 2).

2. В нейронавигационной установке, основываясь на полученных аксиальных и фронтальных срезах компьютерной томографии, производят **послойное построение виртуальной модели** недостающих фрагментов костных структур. Создание виртуальной модели осуществляют за счет «зеркального» отражения относительно сагиттальной плоскости неповрежденных костных структур и визуального контроля получаемой 3D-формы. Таким образом создавали виртуальную модель имплантата, форма, объем и местоположение которого полностью соответствовали посттравматическому дефекту (рис. 3).

3. По заранее выбранным костным либо кожным меткам производят **регистрацию пациента в нейронавигационной установке** [11]. Хирург с помощью пойнтера навигационной системы отмечает контрольные точки на лице пациента (пойнтер навигационной системы прикасался к коже лица), после чего происходит совмещение реальной модели (головы пациента) с данными виртуальной модели, загруженными в установку (рис. 4).

4. **Контроль формы и местоположения имплантата** производят с помощью пойнтера нейронавигационной установки таким образом, чтобы каждая точка поверхности изготовленного имплантата совпадала с аналогичной точкой «виртуальной модели», отображенной на дисплее (рис. 5).

5. В послеоперационном периоде **оценку результатов реконструктивной операции** проводят на основании анализа КТ костей черепа с 3D-реконструкцией, а также полученных косметических результатов (рис. 6).

Таким образом, использование безрамной навигации в хирургическом лечении пациентов с

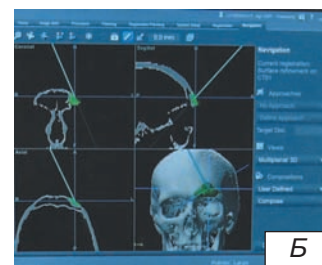


Рис. 5. Контроль формы имплантата. А — интраоперационная фотография, расположение пойнтера на поверхности реального имплантата совпадает с расположением пойнтера на поверхности виртуального имплантата; Б — рабочий экран навигационной установки во время контроля формы имплантата — пойнтер находится точно на поверхности имплантата.
Fig. 5. Checking of implant's shape. А — intraoperative image: pointer's position on the surface of real implant is the same as pointer's position on the surface of virtual implant; Б — navigation system's desktop during checking the implants' shape — pointer is exactly on the surface of implant.

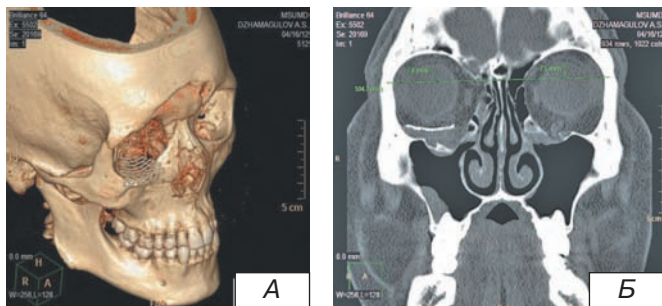


Рис. 6. Компьютерная томограмма пациента после операции. А — 3D-КТ — на дно глазницы установлен имплантат из армированного пористого полиэтилена; Б — фронтальный срез — производится расчет положения глазного яблока, после операции гипопфтальм устранен.
Fig. 6. Postoperative CT scan. A — 3D-CT — implant from armoured cellular polyethylene is placed on the orbital floor; B — frontal view — the calculation of eye-ball placement is proceeding; there is no hypophtalmos after operation.

посттравматическими дефектами и деформациями краниоорбитальной области позволяет выполнять сложные реконструкции, достигать хороших функциональных и эстетических результатов, снизить риск осложнений в интраоперационном и послеоперационном периодах. Также в большинстве случаев использование безрамной навигации позволяет отказаться от стереолитографического моделирования, сократить время предоперационной подготовки, дает возможность оперирующему хирургу в режиме реального времени контролировать положение установленного трансплантата/имплантата, правильность проведения репозиции смещенных фрагментов.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Левченко Олег Валерьевич — д.м.н., заведующий 1-м нейрохирургическим отделением НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского. Адрес: 129010, Москва, Б. Сухаревская пл., д.3, e-mail: levtchenko77@mail.ru

Михайлюков Владимир Михайлович — аспирант кафедры госпитальной хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии Московского государственного медико-стоматологического университета. Адрес: 127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 9а, Центр стоматологии и ЧЛХ МГМСУ. e-mail: 1985.vladimir@mail.ru

Давыдов Дмитрий Викторович — д-р мед.наук, профессор кафедры госпитальной хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии Московского государственного медико-стоматологического университета. Адрес: 127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 9а, Центр стоматологии и ЧЛХ МГМСУ. e-mail: d-davydov3@yandex.ru

Работа выполнена на базе НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, г. Москва

ЛИТЕРАТУРА

1. Акадже А. и др./ Проблемы медицинской реабилитации больных с переломами скулоорбитального комплекса // Стоматология: науч.-практ. журнал. 2004. №1

2. Бельченко В.А. Реконструкция верхней и средней зон лица у больных с посттравматическими дефектами и деформациями лицевого скелета с использованием аутоотрансплантатов мембранозного происхождения и металлоконструкций из титана: Автореф. дис. ... д-р.мед. наук. / Центральный научно-исследовательский институт стоматологии МЗ МП РФ. — 1996. — 14 с.
3. Бернадский Ю.И. Травматология и восстановительная хирургия черепно-челюстно-лицевой области / Ю.И. Бернадский. М.: Медицинская литература, 2000.
4. Горбачев Д.С., Даниличев В.Ф. / Повреждения глазницы // Современная офтальмология, руководство для врачей под редакцией В.Ф. Даниличева. СПб., 2000. С. 460—49.
5. Гундорова Р.А. и др. / Ранения глаз резиновыми пулями // Клиническая офтальмология. 2008. Том 9. №3. С. 98—101.
6. Давыдов Д.В. и др. / Безрамная навигация в хирургическом лечении посттравматических дефектов и деформаций глазницы // Практическая медицина: журнал для практ. Врачей. 2012. №4 (59). С. 187—191.
7. Еоличан С.А. и др. / Современные подходы к хирургическому лечению краниоорбитальных повреждений // Вестник офтальмологии. 2006. С. 9—13.
8. Иванов А.Л. / Использование компьютерного и стереолитографического биомоделирования в детской челюстно-лицевой хирургии: Автореф.дис. ...к. мед. наук/ ГОУ ВПО Центральный научно-исследовательский институт стоматологии МЗ МП РФ. 2002. 32 с.
9. Караян А.С. Одномоментное устранение посттравматических дефектов и деформаций скулоносоглазничного комплекса: Автореф. дис. ... д-р.мед. наук. / ГОУ ВПО Центральный научно-исследовательский институт стоматологии МЗ МП РФ. — 2008.
10. Левченко О.В. и др. / Пластика дефектов лобно-глазничной локализации с использованием безрамной навигации //Нейрохирургия: науч.-практ. журнал. 2010. №3. С.30—35.
11. Левченко О.В. и др. / Использование безрамной навигации для пластического устранения костных дефектов лобно-глазничной локализации //Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии. 2011. №3. С.30—36.
12. Левченко О.В. Хирургическое лечение краниоорбитальных повреждений в остром периоде черепно-мозговой травмы // Дисс. ... доктора мед. наук. — М., 2012г.
13. Стучиков В.А. и др. / Применение эндоскопической навигационной системы на основе МСКТ в хирургическом лечении больных с сопутствующей офтальмологической патологией при травме средней зоны лица //Диагностическая и интервенционная радиология: междисциплинарный науч.-практ. журнал. 2011. Том 5. № 2. С. 426—427.
14. Степанова Е.А. и др. / МСКТ при планировании и выполнении хирургического лечения на околоносовых пазухах и средней зоне лица с использованием навигации.//VI Всероссийский национальный конгресс лучевых диагностов и терапевтов «Радиология-2012» С.60—74
15. Филатова И.А. Анофтальм. Патология и лечение. М., 2007. 213 с.
16. Хитрина М.М. Оптимизация диагностики и лечения больных с переломами костей скуло-орбитальной области: Автореф. дис. ... канд. мед. наук./ Центральный научно-исследовательский институт стоматологии МЗ РФ и Нижегородская государственная медицинская академия. 2003.
17. Association of skull base and facial fractures / Slupchynskyj O.S., Berkower A.S., Byrne D.W., Cayten C.G. // Laryngoscope. 1992. N.102(11). P.1247—1250.
18. Bell R.B. Computer-assisted planning, stereolithographic modeling, and intraoperative navigation for complex orbital reconstruction: a descriptive study in a preliminary cohort./ Bell R.B., Markiewicz M.R.// Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery — 2009.-Vol 67.№12 — p. 2559—2570.
19. Bell R.B. Computer planning and intraoperative navigation in cranio-maxillofacial surgery./ Bell R.B.//Oral Maxillofac Surg Clin North Am.-2010.-vol.22 №1—p. 135—156

20. Classification and surgical management of orbital fractures: experience with 111 orbital reconstructions / Manolidis S., Weeks B.H., Kirby M., Scarlett M., Hollier L. // *J Craniofac. Surg.* — 2002. — vol.13.
21. *Down K.E.* Maxillofacial and associated injuries in severely traumatized patients: implications of a regional survey / Down K.E., Boot D.A., Gorman D.F. // *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* — 1995. — N. 24. — P.409-412.
22. *Dierks E.J.* The 4 cardinal bends of the zygomatico-maxillary buttress: technical note / Dierks E.J., Harper G.A. // *J. Oral. Maxillofac. Surg.* — 2009. — vol.67. — N.5. — P.1149-1151.
23. *Gellrich N.C.* Computer-assisted secondary reconstruction of unilateral posttraumatic orbital deformity /Gellrich N.C., Schramm A., Hammer B. et al., // *Plast. Reconstr. Surg.*—2002.-Vol. 110 — p. 1417–1429.
24. *Govsa F.* Orbital restoration surgery in the zygomaticotemporal and zygomaticofacial nerves and important anatomic landmarks / Govsa F., Celik S., Ozer M.A. // *J. Craniofac. Surg.* — 2009. — vol.20. — N.2. — P. 540–544.
25. *Horsley V., Clarke R.H.* The structure and function of the cerebellum examined by a new method/ Horsley V., Clarke R.H.// *Brain* 1908;31:45-124.
26. *Hayter J.P.* Maxillofacial trauma in severely injured patients / Hayter J.P., Ward A.J., Smith E.J. // *Br. J. Oral. Maxillofac. Surg.* — 1991. — N. 29. — P.370–373.
27. Head injury and associated maxillofacial injuries / Goodisson D., MacFarlane M., Snape L., Darwish B. // *New Zealand Med. J.* — 2004. — N.117. — P.1045.
28. *Hejazi N.* / Frameless image-guided neuronavigation in orbital surgery: practical applications // *Neurosurg. Rev.*-2006- Vol. 29 — p. 118–122.
29. *Hwang K.* Lateral rectus muscle injury, orbital fracture, mouth locking, and facial palsy resulting from reduction malarplasty / Hwang K. // *J. Craniofac. Surg.* — 2011. — vol. 22. — N.1. — P.151–154.
30. *Michael R.* Does intraoperative navigation restore orbital dimensions in traumatic and post-ablative defects? / Michael R. Markiewicz, Eric J. Dierksa, R. Bryan Bella // *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery* — 2011.-Vol 56. — p. 1–7.
31. *Markiewicz M.R.* Reliability of intraoperative navigation in restoring normal orbital dimensions./ Markiewicz M.R., Dierks E.J., Potter B.E., Bell R.B.// *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery* — 2011.-Vol 69.№11 — p. 2833-2840.
32. *Schmelzeisen N.C.* Navigation-aided reconstruction of medial orbital wall and floor contour in cranio-maxillofacial reconstruction / Schmelzeisen N.C et al. // *Injury*, 35-2004 — p. 955–962.
33. *Yu H.* Navigation-guided reduction and orbital floor reconstruction in the treatment of zygomatic-orbital-maxillary complex fractures / Yu H., Shen G., Wang X. et al.// *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*-2010.-Vol. 68 — p. 28–34.
34. *Watzinger F.* Computer navigation in secondary reconstruction of post-traumatic deformities of the zygoma/ Watzinger F., Wanschitz F., Wagner A. et al.// *J. Craniomaxillofac Surg.*-1997.-vol.25.-№4.-P. 198-202.
35. *Westendorff C.* Computer-assisted surgical treatment of orbito-zygomatic fractures./ Westendorff C.,Gulicher D., Dammann F. et al.//*J. Craniofac Surg.*-2006.-vol.-17.-№5.-P. 837-842.
36. *Zhang S.* Navigation-guided correction of midfacial post-traumatic deformities./Zhang S., Gui H., Lin Y. et al.//*Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*-2012.-Vol. 70. №6 — p. 1426–1433.