

# БИОМЕДИЦИНСКАЯ РАДИОЭЛЕКТРОНИКА



Biomedicine Radioengineering

7' 2018



Proceedings of the 13<sup>th</sup> Russian German Conference  
on Biomedical Engineering

23.05.2018 - 25.05.2018, Aachen, Germany



тел./факс: +7(495) 625-92-41  
info@radiotec.ru

# 13-я Российско-Германская конференция по биомедицинской инженерии 23.05.2018-25.05.2018, Аахен, Германия

## Организационный комитет Руководство конференции:

**Руководитель:** проф. д.т.н, д.м.н., Steffen Leonhardt (С.К. Леонхард), зав. кафедрой информационных технологий в медицине, Рейнско-Вестфальский технический университет Ахена, Германия.

**Заместитель:** проф., к.т.н., Jaakko Malmivuo (Гакко Малмиво), Берлинский технический университет, кафедра электроники и обработки медицинских сигналов, Германия.

## Научный комитет:

Проф. Hubertus FeuBner, Мюнхенский технический университет, Германия  
Проф. Brigit Glasmacher (Бригит Гласмахер), Ганноверский университет имени Лейбница, Германия  
Проф., Thomas Gries (Томас Гриз), Рейнско-Вестфальский технический университет Ахена, Германия  
Проф. Tobias Ortmaier (Тобиас Артмаер), Ганноверский университет имени Лейбница, Германия  
Проф. Селищев С.В., Национальный исследовательский университет Московский институт электронной техники, Россия  
Проф. Щукин С.И., Московский государственный технический университет им. Баумана, Россия  
Проф. Сушкова Л.Т., Владимирский государственный университет, России  
Проф. Юлдашев З.М., Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет ЛЭТИ, Россия

Российско-Баварская конференция по биомедицинской инженерии (РБК) была впервые проведена в 2005 г. в г. Мюнхене. С этого момента, конференция представляет собой продуктивную платформу для обмена информацией учеными из России и Германии. Место проведения конференции чередовалось между городами России и южной части Германии. После успешной 8-й конференции РБК в Москве, руководящий комитет решил расширить информационное поле и организовать новую конференцию – Российско-Германскую конференцию. Основной задачей является организация встречи для обмена информацией, а также для инициирования российско-германских исследовательских проектов в рамках проводимой конференции. Первая Российско-Германская конференция впервые была проведена в 2013 г. в Германии в г. Ганновере.

## Предыдущие конференции:

- 2016:** 12-я Российско-Германская конференция по биомедицинской инженерии, 04.07. – 07.2016, Владимирский государственный университет, Суздаль, Россия  
**2015:** 11-я Российско-Германская конференция по биомедицинской инженерии, 17.06 – 19.06.2015, Рейнско-Вестфальский технический университет Ахена, Германия  
**2014:** 10-я Российско-Германская конференция по биомедицинской инженерии, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет ЛЭТИ, Санкт-Петербург, Россия  
**2013:** 9-я Российско-Германская конференция, 23.10 – 26.10.2013, Ганновер, Германия  
**2010:** 6-я Российско-Баварская конференция по биомедицинской инженерии, 08.11 – 12.11.2010, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия  
**2009:** 5-я Российско-Баварская конференция по биомедицинской инженерии, 01.04 – 04.07.2009, Мюнхен, Германия  
**2008:** 4-я Российско-Баварская конференция по биомедицинской инженерии, 07.07 – 11.07.2008, Московский институт электронной техники, Россия  
**2007:** 3-я Российско-Баварская конференция по биомедицинской инженерии, 02.07 – 03.07.2007, Нюрнбергер, Германия  
**2006:** 2-я Российско-Баварская конференция по биомедицинской инженерии, 14.06 – 15.06.2006, Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия  
**2005:** 1-я Российско-Баварская конференция по биомедицинской инженерии, 13.10 – 14.10.2005, Мюнхен, Германия

## Contents

## Содержание

### 3

**Tissue layers three-dimensional structure formation by nanosecond laser pulses**  
*Pavel N. Vasilevsky, Alexander Yu. Gerasimenko, Mikhail S. Savelyev and Sergey A. Tereshchenko* ..... 1(115)

**Формирование трёхмерной структуры слоёв ткани с помощью наносекундных лазерных импульсов**

*Василевский П.Н.<sup>1</sup>, Герасименко А.Ю.<sup>1,2</sup>, Савельев М.С.<sup>1,2</sup>, Терещенко С.А.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (НИУ «МИЭТ»), Зеленоград, Россия,

<sup>2</sup> Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова.

Получены трехмерные тканеинженерные конструкции на основе белков альбумина и коллагена с внутренним каркасом из углеродных нанотрубок. Определены нелинейные свойства белковых водных дисперсий с углеродными нанотрубками. Увеличение значений нелинейного коэффициента поглощения с добавлением углеродных нанотрубок позволяет предположить, что нанотрубки поглощают большую часть лазерного излучения по мере увеличения его светового потока.

*Ключевые слова:* нелинейная оптика, углеродные нанотрубки, применение лазера, мощность лазера, поглощение.

**Biotechnical system for automatic assessment of facial nerve dysfunction rate**  
*E.A. Lavrova, A.V. Samorodov, A.V. Mor'dovsky, K.G. Kudrin, A.P. Polyakov* ..... 4(118)

**Биотехническая система автоматической оценки степени повреждения лицевого нерва**

*Лаврова Е.А.<sup>1</sup>, Самородов А.В.<sup>1</sup>, Мордовский А.В.<sup>2</sup>, Кудрин К.Г.<sup>2</sup>, Поляков П.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> МГТУ имени Н.Э. Баумана, Москва, Россия

<sup>2</sup> МНИОИ им. П.А. Герцена

Представлены результаты исследования метода автоматической оценки степени повреждения лицевого нерва, основанного на компьютерном анализе видеоизображения лица. Разработан метод регистрации видеоизображения лица. Приведены индексы асимметрии лица, полученные в результате обработки видеоизображения лица, результаты сравнения индексов асимметрии пациентов и представителей контрольной группы. Определены наиболее информативные индексы асимметрии лица.

*Ключевые слова:* автоматический анализ изображения лица, контрольные точки лица, повреждение лицевого нерва, асимметрия лица.

**Variation in Local Pulse Wave Velocity over the Cardiac Cycle: In-Vivo Validation using Dual-MPG Arterial Compliance Probe**

*Nabeel P.M., Jayaraj Joseph and Mohanasankar Sivaprakasam* ..... 7(121)

**Вариация локальной скорости пульсовой волны, определяемой в течение сердечного цикла: валидация *in-vivo* с использованием двухэлементного магнитного плетизмографического артериального зонда**

*Набель П.М., Джайарай Дж., Моханасанкар С.*

Индийский технологический институт Мадраса

Представлен метод и система прямого измерения локальных изменений скорости пульсовой волны, определяемой в течение сердечного цикла. Разработан новый двухэлементный магнитный плетизмографический артериальный зонд. Исследования на 15 здоровых добровольцах показали возможность оценки локальной скорости пульсовой волны. Предлагаемый зонд не требует калибровки и обеспечивает возможность безманжетной оценки параметров артериального давления от поверхностных артерий в каждом кардиоцикле.

*Ключевые слова:* магнитный плетизмографический зонд, неинвазивные измерения, вариация локальной скорости пульсовой волны, безманжетная оценка параметров артериального давления.

**Hemodynamic Interventions for Inducing Blood Pressure Variation in Laboratory Settings**

*Nabeel P.M., Surya Venkatramanan, Jayaraj Joseph, Mohanasankar Sivaprakasam* ..... 11(125)

**Гемодинамические пробы для индуцирования изменений артериального давления в лабораторных условиях**

*Набель П.М., Сурия В., Джайарай Дж., Моханасанкар С.*

Индийский технологический институт Мадраса

Рассмотрены пять упражнений, влияющих на гемодинамику и приводящих к безопасному контролируемому изменению артериального давления. Получены данные изменения артериального давления во время каждого упражнения и после его окончания. Результаты могут быть использованы для сбора данных для развития моделей предсказания артериального давления в системах безманжетного мониторинга.

*Ключевые слова:* гемодинамические пробы, контролируемое изменение артериального давления, время восстановления.

**Non-Invasive Assessment of Arterial Incremental Elastic Modulus Variations within a Cardiac Cycle**

*Raj V., Nabeel P.M., Jayaraj Joseph and Mohanasankar Sivaprakasam* ..... 15(129)

**Неинвазивная оценка вариаций инкрементного модуля упругости артерии, определяемого в течение сердечного цикла**

*Рай К., Набель П.М., Джайарай Дж., Моханасанкар С.*

Индийский технологический институт Мадраса

Предложен зонд для неинвазивного измерения инкрементного модуля упругости артерии, содержащий один ультразвуковой преобразователь и тонометр для одновременного определения толщины стенки артерии, ее диаметра и пульсовых волн. Экспериментальные исследования на 10 добровольцах показали достоверность выполняемых измерений.

*Ключевые слова:* инкрементный модуль упругости артерии, ультразвуковой преобразователь, тонометрия, зонд для неинвазивных измерений.

**The patterning of biostructures with carbon nanoframe in protein matrix**

*Natalia Zhurbina, Alexander Gerasimenko, Olga Glukhova, Michail Slepchenkov, Michail Savelyev,*

*Levan Ichkitidze, Vitalii Podgaetskii, Sergey Selishchev, Evgeniy Kitsyuk and Alexander Pavlov* ..... 19(133)

**Структурирование биоконструкций с углеродным нанокаркасом в белковой матрице**

*Герасименко А.Ю.<sup>1,2</sup>, Глухова О.Е.<sup>3</sup>, Слеченков М.М.<sup>3</sup>, Журбина Н.Н.<sup>1</sup>, Савельев М.С.<sup>1,2</sup>,*

*Ичкитидзе Л.П.<sup>1,2</sup>, Подгаецкий В.М.<sup>1</sup>, Селищев С.В.<sup>1</sup>, Кицюк Е.П.<sup>4</sup>, Павлов А.А.<sup>5</sup>*

<sup>1</sup> Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (НИУ «МИЭТ»), Зеленоград, Россия

<sup>2</sup> Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова

<sup>3</sup> Саратовский государственный университет

<sup>4</sup> Научно-производственный комплекс «Технологический центр»

<sup>5</sup> Институт нанотехнологий микроэлектроники РАН

Приведены результаты экспериментов по структурированию биоконструкций с углеродным нанокаркасом в белковой матрице. Выявлен механизм связывания одностенных углеродных нанотрубок под действием лазерного излучения. Представлены синтезированные образцы каркасного наноматериала на основе разветвленной структуры углеродных нанотрубок. Экспериментально исследовано и продемонстрировано лазерное формирование древовидной структуры нанокаркаса из углеродных нанотрубок в белковой матрице.

*Ключевые слова:* структурирование, биоструктуры, биоматериалы, углеродные нанотрубки, белковая матрица, импульсное лазерное излучение.

**Mixed Reality applications for the collaborative operating room – a prototypical study**

*Nils Marahrens, Daniel Ostler, Juliane Weinzierl, Nils Kohn, Thomas Vogel, Dirk Wilhelm,*

*Sebastian Koller and Hubertus Feußner* ..... 22(136)

Приведено исследование потенциала применения приложений смешанной реальности для эффективного взаимодействия в коллаборативном операционном блоке. Представлено описание примера использования устройства, помогающего операционной сестре в корректном выборе хирургического инструмента, пользовательская оценка алгоритма взаимодействия с устройством смешанной реальности.

**Ключевые слова:** смешанная реальность, дополненная реальность, коллаборативный операционный блок, хирургические вспомогательные технологии, распознавание объектов.

### Longterm high resolution manometry (HRM) challenges and pitfalls of an automated motility analysis

Alissa Jell, Norbert Hüser, Suyu He, Dmitry Telyshev, Sergey Selishev and Hubertus Feußner ..... 25(139)

#### Длительная манометрия высокого разрешения: сложности и недостатки автоматизированного анализа моторики пищевода

Елл А.<sup>1</sup>, Хюссер Н.<sup>1</sup>, Хе С.<sup>1</sup>, Остлер Д.<sup>1</sup>, Тельшев Д.<sup>2</sup>, Селишев С.<sup>2</sup>, Фесснер Х.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Мюнхенский технический университет, Германия

<sup>2</sup> Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (НИУ «МИЭТ»), Зеленоград, Россия

Обоснована актуальность пролонгации эзофагиальной манометрии высокого разрешения (ЭМВР) для учета изменения циркадных ритмов в работе пищевода. Проведены клинические исследования моторики пищевода с помощью длительной ЭМВР. Разработана программа автоматического анализа, основанная на чикагской классификации. В результате были установлены значения нормы и патологии для выявления нарушений работы пищевода при проведении длительной ЭМВР.

**Ключевые слова:** эзофагоманометрия, манометрия высокого разрешения, пищевод.

### Investigation of the spectral properties of media based on chitosan and carbon nanotubes

Yulia O. Fedorova, Alexander A. Polokhin, Denis T. Murashko, Mikhail S. Savelyev,

Natalia O. Agafonova and Alexander Yu. Gerasimenko ..... 29(143)

#### Исследование спектральных свойств сред на основе хитозана и карбоновых нанотрубок

Федорова Ю.О.<sup>1</sup>, Полохин А.А.<sup>1</sup>, Мурашко Д.Т.<sup>1</sup>, Савельев М.С.<sup>1</sup>, Герасименко А.Ю.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (НИУ «МИЭТ»), Зеленоград, Россия

<sup>2</sup> ПМГМУ им. И.М. Сеченова

Представлены результаты исследований спектральных характеристик материалов на основе хитозана с включениями карбоновых нанотрубок, применяемых в кардиоваскулярной хирургии для создания имплантируемых тканей.

**Ключевые слова:** хитозан, нанотрубки, спектральные характеристики, кардиохирургия, тканевая инженерия.

### Piezoelectric properties of PVDF and PVDF-TrFE electrospun materials for nerve regeneration

Feda Al Halabi, Oleksandr Gryshkov, Antonia Kuhn, Viktoria Kapralova and Birgit Glasmacher ..... 32(146)

Пьезоэлектрические свойства материалов PVDF и PVDF-TrFE, изготавливаемых электропрядением, для восстановления нервов

Халаби Ф. Аль<sup>1</sup>, Гришков О.<sup>1</sup>, Кун А.И.<sup>1</sup>, Капралова В.М.<sup>2</sup>, Гласмахер Б.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ганноверский университет имени Лейбница, Германия

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Российская Федерация

Поливинилиденфторид и трифторэтилен являются перспективными материалами для разработки активных имплантатов для регенерации нервов. Разработан метод измерения параметров материалов для описания их электромеханической связи. Метод заключается в создании механического напряжения волокнистых образцов с последующим измерением индуцированных электрических зарядов.

**Ключевые слова:** пьезоэффект, восстановление нервов, электромеханическая связь.

### Evaluation of the P300 parameters with photic stimulation

Alexander Dmitriev and Sergey Shchukin ..... 36(150)

#### Оценка параметров P300 при фотостимуляции

Дмитриев А.Н., Щукин С.И.

МГТУ имени Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Показано влияние фотостимуляции с частотами 1, 3 и 5 Гц и пространственным интервалом между светодиодами 0.8°, 1.6 и 2.4 на детекцию P300. Продемонстрировано изменение амплитуды и латентности P300 для разных режимов стимуляции. Оценено влияние зрительных вызванных потенциалов на детекцию P300.

**Ключевые слова:** P300, ИМК, фотостимуляция, ЗВП, пространственный интервал.

### Telephone call management in the cognitive operating room

Nils Kohn, Daniel Ostler, Sebastian Koller, Nils Marahrens, Nicole Samm, Michael Kranzfelder,

Thomas Vogel, Dirk Wilhelm and Hubertus Feußner ..... 40(154)

### Управление телефонными звонками в когнитивной операционной комнате

Кон Н., Остлер Д., Коллер С., Мараренс Н., Замм Н., Кранцфельдер М., Фогель Т., Вильгельм Д., Фесснер Х.

Мюнхенский Технический Университет

Мобильные телефоны повышают доступность хирургов и регулярно берутся в операционную. Но это увеличивает рабочую нагрузку и может привести к негативному влиянию на результат операции. Предложена система ситуационной осведомленности, основанная на классификации звонков по важности, приведены варианты сценариев реагирования. Результат опроса явно показывает преимущество системы управления звонками.

*Ключевые слова:* когнитивная операционная комната, управление звонками, классификация важности звонков.

### Translation Dynamics in Holistic Analysis of Functional Human-body System

Jochen Mau ..... 43(157)

#### Трансляционная динамика в комплексном анализе работы организма человека

Mau J.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Дюссельдорфский Университет им. Г.Гейне, Дюссельдорф, Германия

<sup>2</sup> Частный институт вычислительных методов, Крефельд, Германия

Предложена математическая модель аксиоматической конфигурации динамики, основанная на системном подходе, которая может объяснить динамику работы человеческого организма совместно на различных уровнях. Данный метод позволяет упростить вычислительный процесс, в его основе лежит принцип получения математических выражений высоких уровней из математических выражений более низких уровней.

*Ключевые слова:* математическое моделирование, системный подход, динамика.

### Ready for the Future: 5G Data Transfer in Visceral Surgery

Thomas Vogel, Hubertus Feßner, Daniel Ostler, Sebastian Koller, Nils Marahrens, Michael Kranzfelder,

Walter Weigel and Joseph Eichinger ..... 47(161)

#### Возможности «Хирургии 4.0»: передача данных 5G при минимально-инвазивной хирургии

Фогель Т.<sup>1,2</sup>, Мараренс Н.<sup>1</sup>, Коллер С.<sup>1</sup>, Йелл А.<sup>1,2</sup>, Остлер Д.<sup>1</sup>, Вайгель В.<sup>3</sup>,

Айшингер Дж.<sup>3</sup>, Фесснер Х.<sup>1,2</sup>, Кранцфельдер М.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Ганноверский университет имени Лейбница, Германия

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Российская Федерация

<sup>3</sup> Научный центр Мюнхена Huawei, Германия

Технологии передачи данных в операционной ограничены с точки зрения скорости передачи, латентности и стабильности сигнала. Проведено исследование по методу «Дельфи», в котором дана оценка ожидания и принятия технологии 5G в хирургическом поле в целом. Предварительные результаты исследования по методу «Дельфи» показывают положительную перспективу реализации технологии 5G в клинической среде.

*Ключевые слова:* минимально-инвазивная хирургия, передача данных, 5G.

### IVAP 2025 – Towards the collaborative operating room

Daniel Ostler, Nils Marahrens, Nils Kohn, Sebastian Koller, Michael Kranzfelder, Hubertus Feußner and Dirk Wilhelm ..... 51(165)

#### IVAP 2025 – По направлению к коллаборативной операционной комнате

Остлер Д., Мараренс Н., Кон Н., Коллер С., Кранцфельдер М., Фесснер Х., Вильгельм Д.

Мюнхенский Технический Университет

Представлены первые результаты построения коллаборативной операционной комнаты, которая активно поддерживает контекстно-зависимое интра- и послеоперационное лечение. Функционирование когнитивной хирургической среды демонстрируется на типичном примере лапароскопической резекции желчного пузыря. Приведено описание концепции коллаборативной операционной комнаты и ее основные компоненты; их реализация показала эффективность предложенного подхода.

*Ключевые слова:* коллаборативная комната, анализ данных, резекция, желчный пузырь.

### Creation of 3D nanocomposite bioconstructions using a layer-by-layer laser prototyping device

Ulyana Kurilova, Natalya Zhurbina, Dmitry Ignatov, Dmitry Ryabkin, Alexander Polokhin,

Evgeniy Pyankov and Alexander Gerasimenko ..... 54(168)

#### Создание трехмерных нанокompозитных биоконструкций

#### с использованием послойного лазерного устройства прототипирования

Курилова У.Е.<sup>1</sup>, Журбина Н.Н.<sup>1</sup>, Игнатов Д.А.<sup>1</sup>, Рябкин Д.А.<sup>1</sup>, Полохин А.А.<sup>1</sup>, Пьянков Е.С.<sup>1</sup>, Герасименко А.Ю.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (НИУ «МИЭТ»), Зеленоград, Россия

<sup>2</sup> ПИМГМУ им. И.М. Сеченова

Представлен метод получения нанокompозитных биоконструкций из водно-белковой дисперсии углеродных нанотрубок. Приведены результаты исследований структурных и биологических свойств нанокompозитных биологических структур для тканевой инженерии, созданных методом лазерного трехмерного прототипирования. Показано, что разработанный метод может быть применен для восстановления остеохондральных дефектов в суставах.

*Ключевые слова:* нанокompозиты, трехмерное лазерное прототипирование, тканевая инженерия.

**Analysis of physiological data to quantify stress and workload of surgeons with different levels of training during a laparoscopic cholecystectomy**

*Nicole Samm, Daniel Ostler, Thomas Vogel, Nils Marahrens, Dirk Wilhelm, Hubertus Feussner and Ralf Stauder* ..... 58(172)

**Анализ физиологических показателей для количественной оценки стресса и нагрузки хирургов с различным уровнем подготовки во время лапароскопической холецистэктомии**

*Самм Н., Остлер Д., Фозель Т., Мараренс Н., Вильгельм Д., Фесснер Х., Штаудер Р.*  
Мюнхенский Технический Университет

Повышенный уровень стресса и рабочие нагрузки хирургов во время операций являются серьезной угрозой безопасности пациентов. Показано, что параметры сердечного и дыхательного ритма являются маркерами физического и умственного стресса, который, в свою очередь, будет пропорционален уровню образования и опыту хирурга. Результаты такого анализа могут быть интегрированы в систему распознавания рабочих процессов, в том числе для роботизированных операций.

*Ключевые слова:* робот-ассистивные технологии, показатели уровня стресса, лапароскопическая хирургия, сердечный и дыхательный ритм, машинное обучение.

**New Geometric Method of Heart Rate Variability Estimation based on the Multiscale Correlation Analysis Representation**

*Viacheslav Antsiperov* ..... 61(175)

**Новый, основанный на представлениях многомасштабного корреляционного анализа, метод оценивания вариабельности сердечного ритма**

*Анциперов В.Е.*

Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук (ИРЭ РАН)  
Представлены последние результаты работы автора в области разработки эффективных алгоритмов оценивания параметров вариабельности сердечного ритма. Показано, что в рамках методологии многомасштабного корреляционного анализа, на основе вычисления по масштабнo-временным представлениям ряда геометрических характеристик, можно достаточно надежно оценивать параметры сердечного ритма и осуществлять последующий анализ их динамики. На примере длительных (Холтеровского типа) ЭКГ записей обсуждаются скоростные, робастные и др. характеристики предложенного метода.

*Ключевые слова:* анализ биомедицинских сигналов, обработка длительных записей ЭКГ, многомасштабный корреляционный анализ, вариабельность сердечного ритма, корреляционная ритмография, геометрические методы анализа ВСР, оценивание параметров медленных волн ВСР.

**Tactile information analysis for forearm prosthesis feedback implementation**

*Vladislav Bukin and Andrey Briko* ..... 66(180)

**Анализ тактильной информации для реализации обратной связи в протезах предплечья**

*Букин В.Ю., Брико А.Н.*

МГТУ имени Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Рассмотрены аспекты решения проблемы восполнения обратной связи в биоэлектрических протезах предплечья. Описана связь между кинематической и математической моделями протеза предплечья для расчета параметров для реализации обратной связи. Для получения входных данных модели, произведена серия экспериментов по раздавливанию хрупких объектов протезом.

*Ключевые слова:* обратная связь, биоэлектрический протез предплечья, тактильная информация.

**Intraoperative Sterile Molding of Patient Specific Templates for Minimally Invasive Cochlear Implant Surgery**

*Samuel Müller, Clarence Janka, Lüder Alexander Kahrs and Tobias Ortmaier* ..... 70(184)

**Интраоперационное стерильное формование индивидуальных слепков пациента для минимально инвазивной кохлеарной имплантации**

*Мюллер С., Янка С., Карс Л.А., Ортмайер Т.*

Ганновский университет имени Лейбница

Использование минимально инвазивных технологий при кохлеарной имплантации сдерживается повышением требований к точности сверления улитки внутреннего уха. Одним из способов достижения требуемой точности является использование индивидуального слепка улитки пациента внутреннего уха в качестве проводника для сверла. Показана возможность применения для этого гранулированных термопластов низкого давления.

*Ключевые слова:* гранулированные термопласты низкого давления, минимально инвазивная хирургия, кохлеарная имплантация.