

## КЛИНИКО-АНАТОМИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЭКЗОСКЕЛЕТУ МИКРОХИРУРГА

**А. А. Воробьев<sup>1</sup>, Ф. А. Андриященко<sup>2</sup>, В. Ф. Байтингер<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Волгоградский государственный медицинский университет,  
кафедра оперативной хирургии и топографической анатомии,

<sup>2</sup>Волгоградский медицинский научный центр,  
Отдел клинической и экспериментальной хирургии,

<sup>3</sup>АНО «НИИ Микрохирургии», г. Томск

Определены клиничко-анатомические требования к пассивному экзоскелету верхней конечности для использования его в микрохирургии.

*Ключевые слова:* экзоскелет верхней конечности, ЭКЗАР, микрохирургия.

## THE DETERMINATION OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEVELOPMENT OF EXOSKELETON FOR MICROSURGICAL USE

**A. A. Vorobyov<sup>1</sup>, F. A. Andryushenko<sup>2</sup>, V. F. Baytinger<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Volgograd State Medical University, the department of operative surgery and topographic anatomy,

<sup>2</sup>Volgograd Medical Scientific Center. The department of clinical and experimental surgery,

<sup>3</sup>Scientific Research Institute of Microsurgery, Tomsk

Clinical and anatomic requirements are determined for passive exoskeleton of the upper extremity for microsurgical use.

*Key words:* Exoskeleton of the upper extremity, EXAR, microsurgery.

Современные разработка и применение экзоскелетов верхней конечности осуществляется преимущественно для военных, промышленных нужд и медицинских целей. Военные экзоскелеты применяются для облегчения работы военнослужащих во время подготовительных или военных действий, в промышленности для осуществления работ под водой, для эксплуатации на атомных электростанциях, для снятия статического напряжения, например, при работе на конвейерах. В медицине экзоскелеты используются для абилитации и реабилитации больных с верхним вялым парализом [1, 2, 10].

В последнее время особой актуальностью пользуется разработка и внедрение микрохирургических технологий, позволяющих детально сопоставлять ткани по принципу их однородности [3, 4]. Большой проблемой современной микрохирургии является синдром тремора рук. Связан он с наличием физиологического тремора, нарушениями к подготовке хирурга к микрохирургической операции (чай, кофе, алкоголь, напряжение рук в быту), возрастом хирурга, длительной продолжительностью микрохирургических операций и длительным статическим напряжением, снижающем прецизионность манипуляций, что в конечном итоге влияет на конечный результат.

Для уменьшения тремора в микрохирургии используют кресла для микрохирургических операций, с упорами для локтей и предплечий [3, 4]. При его использовании хирургии во многом снижают статическую нагрузку, выполняя опору на локоть и предплечье, которая в условиях узкого операционного поля или удаленности оперируемой области от рук хирурга (кисть, пред-

плечье, голова, шея) не всегда возможна. Кроме того, любая опора снижает подвижность рук хирурга.

Зачастую микрохирургу приходится выполнять микрохирургические вмешательства стоя, не имея возможности использовать кресло с подлокотниками.

Попытки вести борьбу с тремором медикаментозными средствами (неселективные бета-блокаторы в малых дозах, ингибиторы карбоангидразы, противосудорожные препараты и анксиолитики) не решали этой проблемы, а зачастую и противопоказаны хирургам перед операцией, из-за их тормозящего влияния на ЦНС. Предпринимаются первые попытки борьбы с тремором рук хирурга посредством противотреморных устройств. В частности, в предложенное американскими авторами устройство можно вставить любой хирургический инструмент и отслеживать его положение в пространстве с помощью сканеров SMART, с последующей коррекцией этого инструмента [11]. Но авторы не приводят данные об использовании этого устройства микрохирургами, что наводит нас на мысль о том, что данное противотреморное устройство пока не внедрено в практику микрохирургии. Учитывая пионерский характер данной разработки и количество используемых для осуществления новых технологий, можно предположить, что цена такого устройства будет значительна.

Нет сомнений, что дальнейшее развитие микрохирургических технологий напрямую зависит не только от анатомической обоснованности оперативных пособий, но и от технической оснащенности оперирующих хирургов (инструментарий, микроскопы, шовный материал и другие средства обеспечения операций). Среди них логичным было бы иметь приспособление, снимающее

статическую нагрузку и облегчающее труд хирургов. Разработанная нами классификация предусматривает использование экзоскелетов, облегчающих труд хирургов [5]. По своей сути таковым является хирургический комплекс «ДА Винчи», однако последний не предназначен для нужд микрохирургии.

Выполнив подробный аналитический обзор по использованию экзоскелетов в медицине [1], мы не нашли аналогичных устройств, поэтому сочли необходимым сформулировать требования, предъявляемые к экзоскелетам микрохирурга, исходя из строения здоровых верхних конечностей и их функций в момент выполнения микрохирургических вмешательств.

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Определить клинико-анатомические требования к пассивному экзоскелету верхней конечности для использования его в микрохирургии как средства, обеспечивающего стабильность и точность выполнения микрохирургических манипуляций, снимающего статическое напряжение с рук микрохирурга и облегчающее его труд при выполнении длительных вмешательств.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В основу работы положен анализ материала по типичным активным движениям верхней конечности микрохирурга, при выполнении им микрохирургических операций с использованием видеосюжетов различных этапов оперативных вмешательств и фундаментальных источников литературы по биомеханике движений верхних конечностей [6].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основными суставами рук являются плечевой, локтевой и лучезапястный, пястно-фаланговые и межфаланговые сочленения, позволяющие осуществлять базовые движения при выполнении хирургических манипуляций. Результаты анализа характера движений и их необходимой амплитуды при выполнении оперативных вмешательств представлены в табл.

Из представленного анализа ясно, что кисть при выполнении операций является исполнительным органом, принимающим определенное положение для выполнения конкретной хирургической манипуляции с помощью взаимодействия с остальными суставами руки. Для хирурга элементы кисти играют еще одну немаловажную роль — тактильного распознавания — рельеф, размеры, подвижность, консистенция тканей в зоне операции. Полноценную работу кисти обеспечивают лучезапястный и пястнофаланговые суставы, плечевой и локтевой суставы имеют меньшее значение, но ответственны за положение кисти при операциях.

На основании проведенного исследования основных типовых движений верхней конечности при выполнении хирургических манипуляций, представляются следующие клинико-анатомические требования к экзоскелету микрохирурга.

Разрабатываемый нами экзоскелет верхней конечности для микрохирургов должен:

– обладать объемом движений, приближенным к показателям здорового человека (в идеале) или позволя-

### Результаты анализа характера движений и их необходимой амплитуды при выполнении оперативных вмешательств

| Характер движения                                | Характер допустимой амплитуды активных движений (максимально используемый сектор активных движений), град. |   |   |  |
|--|--|---|---|--|
|  | в плечевом суставе   | в локтевом суставе  | в лучезапястном суставе   | в пястно-фаланговых и сочленениях                                    |
| Типовая хирургическая манипуляция                |  |   |   |  |
| Разрез   | Сгибание — 15<br>Разгибание — 15<br>Осевая ротация — 15  | Сгибание — 90 ± 15<br>разгибание — 0<br>Ротация:<br>Осевая супинация — 90<br>Осевая пронация — 85<br>Конусная ротация — 150 | Отведение — 10<br>Приведение 30<br>Сгибание 40<br>Разгибание 40       | Отведение — 10<br>Приведение — 10<br>Сгибание — 50<br>Разгибание — 0 |
| Манипулирование с целью достижения цели операции | Сгибание — 15<br>Разгибание — 15<br>Осевая ротация — 15  | Сгибание — 90 ± 15<br>Разгибание — 0<br>Ротация:<br>Осевая супинация — 90<br>Осевая пронация — 85<br>Конусная ротация — 150 | Отведение — 10<br>Приведение — 30<br>Сгибание — 40<br>Разгибание — 40 | Отведение — 10<br>Приведение — 10<br>Сгибание — 50<br>Разгибание — 0 |
| Соединение тканей                                | Сгибание — 15<br>Разгибание — 15<br>Осевая ротация — 15  | Сгибание- 90 ± 15<br>Разгибание — 0<br>Ротация:<br>Осевая супинация — 90<br>Осевая пронация — 85<br>Конусная ротация — 150  | Отведение — 10<br>Приведение — 30<br>Сгибание — 40<br>Разгибание — 40 | Отведение — 10<br>Приведение — 10<br>Сгибание — 50<br>Разгибание — 0 |

*Примечание:* 1. Исходное положение кисти в физиологическом состоянии полной пронации.

2. Движения в межфаланговых суставах не рассматривались как не имеющие отношения к разрабатываемой конструкции.

ющий обеспечить свободное движение рук при выполнении исследованного объема движений хирурга;

– фрагменты конструкции должны повторять строение верхней конечности человека;

– поддерживать конечность в нужном положении без применения усилий и без ограничения движений кисти;

– иметь легкую и прочную конструкцию;

– иметь возможность анатомической параметризации [7, 8];

– иметь возможность индивидуальной настройки в зависимости от характера выполняемой операции и положения хирурга во время нее;

– быть изготовлен из биологически инертных материалов;

– иметь возможность стерилизации и(или) отграничения от зоны операции стерильным барьером;

– иметь возможность замены элементов конструкции экзоскелета по мере износа и включения дополнительных опций (модульный принцип);

– быть доступным по цене;

– иметь мобильную версию, размещенную на несущем жакете, и стационарную, размещенную на рабочем месте микрохирурга;

– быть независимым от источников питания;

– быть независимым от зарубежных комплектующих.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Имеющийся опыт разработки и внедрения пассивного экзоскелета верхних конечностей «ЭКЗАР» [9] у больных с верхним вялым пара (моно) парезом позволяет предположить, что при введении дополнительных опций, отвечающих к изложенным выше клинико-анатомическим требованиям к экзоскелету микрохирурга, такая инновация реальна.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев А. А., Петрухин А. В., Засыпкина О. А., Кривоножкина П. В., Поздняков А. М. Экзоскелет как новое средство в абилитации и реабилитации инвалидов (обзор) // Современные технологии в медицине. — 2015. — Т. 7, № 2. — С. 185—197.

2. Экзоскелет. Википедия 2016, <http://ru.wikipedia.org/?oldid=75908091>.

3. Байтингер В. Ф., Синичев Д. Н. Справочник кистевого хирурга. — Томск: Дельтаплан, 2012. — 168 с.

4. Байтингер В. Ф., Селянинов К. В., Байтингер А. В. Введение в микрохирургию. — Томск: «D-Print», 2012. — 120 с.

5. Воробьев А. А., Андриященко Ф. А., Соловьева И. О., Засыпкина О. А., Кривоножкина П. С., Поздняков А. М. Терминология и классификация экзоскелетов // Вестник ВолгГМУ. — 2015. — № 3 (55). — С. 71—78

6. Капанджи А. И. Верхняя конечность. Физиология суставов. — М: Эксмо. — 2014. — 368 с.

7. Воробьев А. А., Андриященко Ф. А., Засыпкина О. А., Кривоножкина П. С. Особенности анатомической параметризации пассивного экзоскелета верхней конечности «ЭКЗАР» // Оренбургский медицинский вестник. — 2015. — Т. 3, № 4 (12). — С. 9—12.

8. Воробьев А. А., Андриященко Ф. А., Засыпкина О. А., Кривоножкина П. С. Этапы анатомической параметризации экзоскелета верхней конечности «экзар» // Журнал анатомии и гистопатологии. — 2015. — Т. 4, № 2. — С. 27—30.

9. Воробьев А. А., Андриященко Ф. А., Засыпкина О. А., Кривоножкина П. С. Разработка и клиническая апробация пассивного экзоскелета верхних конечностей «ЭКЗАР» // Современные технологии в медицине. — 2016. — Т. 8, № 2. — С. 59—63.

10. Rahman T., Sample W., Jayakumar S., King M. M., Wee J. Y., Seliktar R., Alexander M., Scavina M., Clark A. Passive exoskeletons for assisting limb movement // J Rehabil Res Dev. — 2006. — Vol. 43 (5). — P. 583—590.

11. Active tremor cancellation by a «Smart» handheld vitreoretinal microsurgical tool using swept source optical coherence tomography. — Optics Express, 27.09.2012, DOI: 10.1364/OE.20.023414

## Контактная информация

**Воробьев Александр Александрович** — д. м. н., профессор, зав. кафедрой оперативной хирургии и топографической анатомии, Волгоградский государственный медицинский университет, e-mail: [cos@volgmed.ru](mailto:cos@volgmed.ru)