

ЛАБОРАТОРИЯ № 9

Лаборатория нейробиологии моторного контроля

Заведующий лабораторией – академик, д.м.н.

Гурфинкель Виктор Семенович

Тел.: (095) 209-28-95, (095) 951-09-60; E-mail: lab9@iitp.ru

Ведущие ученые лаборатории:

д.б.н.	Липшиц М. И.	к.б.н.	Попов К. Е.
к.ф.-м.н.	Гришин А. А.	к.б.н.	Селионов В. А.
к.ф.-м.н.	Иваненко Ю. П.	к.б.н.	Солопова И. А.
к.б.н.	Казенников О. В.	к.б.н.	Сметанин Б. Н.
к.б.н.	Кожина Г. В.	к.б.н.	Талис В. Л.
к.б.н.	Левик Ю. С.	к.б.н.	Шлыков В. Ю.

НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория нейробиологии моторного контроля Института проблем передачи информации РАН ведет исследования механизмов управления позой и движениями в течение более 25 лет. В последнее время в работе лаборатории большое место занимают вопросы участия системы внутреннего представления в управлении движениями и систем отсчета, используемых организмом для организации двигательного поведения. За последние годы получены данные, показывающие, что при создании иллюзорного представления о положении звеньев тела многие двигательные реакции такие как вестибуломоторные и шейные влияния на мышцы ног, глазодвигательные реакции определяются не реальной конфигурацией тела, а ее отражением в системе внутреннего представления.

В работе лаборатории большое место занимали исследования нейронных механизмов управления локомоцией кошки (д.б.н. М. Л. Шик с сотрудниками). В последние годы начаты исследования шагательных автоматизмов у человека.

Пилотируемые космические полеты дают возможность проведения исследований того, как центральная нервная система человека адаптируется к изменившимся условиям, в какой мере гравитационный фактор является существенным в процессах обработки проприоцептивной информации и управления движениями. В 1982-2002 гг. в рамках совместных проектов с Францией был проведен ряд исследований в этом направлении в условиях космических полетов.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе исследований роли проприоцептивных обратных связей в управлении произвольными движениями был сделан важный с теоретической точки зрения вывод о том, что представления о координации не могут быть построены только на основании изучения односуставных (лабораторных) движений, так как в этом случае используется только прямое управление, одна обратная связь и одна копия моторной команды. На примере естественного движения (вставания из положения лежа на спине без помощи рук) показано, что наряду с мышцами,

реализующими основной рисунок движения, в нем участвует еще много других мышц, активность которых может иметь вспомогательный характер или быть бесполезной. В реализации естественных движений используются одновременно и последовательно разные физиологические механизмы: прямое управление, синергии и автоматизмы, и рефлексy. Сложный характер имеют и обратные связи. Координация обеспечивает согласование подвижности и устойчивости. Было показано, что мышцы корпуса активно участвуют в динамической стабилизации позы. Эта динамическая стабилизация сочетается с фиксационной активностью мышц спины.

Подтверждена гипотеза о том, что антиципаторные движения глаз в ответ на скручивание позвоночника определяются изменениями во внутреннем представлении о конфигурации тела, а не прямыми проприоцептивными входами. Такая антиципаторная ориентация возможно помогает в формировании устойчивой системы отсчета, необходимой для программирования и реализации движений. Интересно также, что в данных экспериментах отчетливо проявляется связь между высшими (уровень пространственного поля) и низшими (уровень синергий) уровнями системы управления движениями по Н. А. Бернштейну.

Показано, что ЦНС может формировать систему координат, связанную с внешним пространством и служащую для восприятия движений всего тела, не только на основе зрительной и вестибулярной информации, но и на основе проприоцептивных сигналов. При этом доминирование ощущения возвратно-поступательного движения или поворота напрямую связано с преобладанием сигналов от рецепторов определенных мышц.

В рамках сотрудничества с лабораторией моторных систем неврологической клиники Бернского университета возглавляемой профессором М. Визендангером и лабораторией нейрофизиологии слуха и моторного контроля Института физиологии Фрибургского университета был проведен анализ данных по координации движений рук во время игры на скрипке. С помощью системы ELITE регистрировали движения указательного, среднего, безымянного и маленького пальцев левой руки и движения смычка, осуществляемого правой рукой. Предварительный анализ показывает, что прижимание струны пальцами левой руки происходит в момент изменения направления движения смычка. Было обнаружено, что интервал между точкой поворота смычка и прижимом струны не отличался у разных испытуемых, хотя техники исполнения музыкальной фразы отличались значительно.

С целью выяснения того, как меняется точность внутреннего представления длин звеньев в процессе созревания двигательной системы, обследовали точность указания характерных точек руки без зрительного контроля у взрослых и детей 4-11 лет.

Получено, что у детей, как и у взрослых, происходит кажущееся укорочение руки, при этом кисть укорачивается сильнее, чем предплечье. У детей 4-6 лет на 40% уменьшается и длина руки в целом. Это связано с тем, что у детей более выражена недооценка длины предплечья. Разброс данных по группе у детей больше, чем у взрослых, что, по-видимому, связано с неодинаковой скоростью созревания соответствующих структур мозга.

Методом транскраниальной магнитной стимуляции установлено возрастание роли двигательной коры в регуляции позы при увеличении сложности двигательной задачи. Для изучения супраспинальных влияний применяли транскраниальную магнитную стимуляцию моторной коры человека при стоянии на ус-

тойчивой и неустойчивой опоре. При переходе от стояния на твердом полу к стоянию на подвижной опоре абсолютный ЭМГ-ответ на транскраниальную магнитную стимуляцию возростал 2,7 раза. При этом амплитуда Н-рефлекса, отражающая рефлекторную возбудимость мотонейронов спинного мозга, не изменялась. Таким образом, показано, что возрастание ЭМГ-ответов камбаловидной мышцы на транскраниальную магнитную стимуляцию при стоянии на подвижной опоре по сравнению с ответами на ровном полу связано не с увеличением рефлекторной возбудимости спинальных мотонейронов, а с повышенной активностью корковых структур. Позный контроль на неустойчивой опоре представляет собой более сложную задачу и поэтому требует вовлечения высокоуровневых супраспинальных структур в процесс сенсомоторной интеграции для поддержания равновесия.

Начаты исследования вестибулярного тонуса человека методом гальванической стимуляции лабиринта. Эксперименты подтверждают теоретические разработки, согласно которым уровень тонической активности в вестибулярных нервах определяет разницу в величине позных реакций на одностороннюю гальваническую стимуляцию лабиринта анодными и катодными стимулами. Полученные данные свидетельствуют о высоких межиндивидуальных различиях в уровне вестибулярного тонуса.

В 2002 году сотрудниками Лаборатории были защищены две диссертации:

- М. И. Липшицем на соискание степени доктора биологических наук по специальности биомеханика на тему "Сенсомоторное взаимодействие и система внутреннего представления человека (исследования в наземных условиях и в невесомости)";
- И. А. Солоповой на соискание степени кандидата биологических наук по специальности биомеханика на тему "Структурно-функциональные особенности системы поддержания вертикальной позы человека".

ГРАНТЫ:

- **Российский фонд фундаментальных исследований (№ 00-04-48156):** "Изучение супраспинального контроля и адаптивных механизмов поддержания равновесия при стоянии на неустойчивой опоре". Руководитель Ю. П. Иваненко.
- **Российский фонд фундаментальных исследований (№ 02-04-48234):** Проприоцептивное восприятие и калибровка внутренней модели тела. Руководитель Ю. С. Левик.
- **Российский фонд фундаментальных исследований (№ 02-04-48302):** "Исследование вестибулярного тонуса человека методом гальванической стимуляции лабиринта". Руководитель К. Е. Попов.

ПУБЛИКАЦИИ В 2002 г.

Статьи

1. Гришин А.А., Ленский А.В., Охоцимский Д.Е., Панин Д.А., Формальский А.М. О синтезе управления неустойчивым объектом. Перевернутый маятник // Изв. Академии наук. Теория и системы управления. 2002. № 5. С. 14-24.

2. Липшиц М.И., Гурфинкель В.С., Дешонен С., Макинтайер Д., Бертоз А. Гравитация и полушарная специализация мозга при задаче определения билатеральной симметрии // Физиология человека. 2002. Т. 28. № 2. С. 5-11.
3. Липшиц М.И., Гурфинкель В.С., Лестьен Ф., Ролль Ж.-П. Нейрофизиологические исследования в невесомости. I. Регуляция позы и движений. – В кн.: Орбитальная станция Мир. Космическая биология и медицина. Т. 2, М.: изд-во ГНЦ РФ ИМБП РАН, 2002.
4. Липшиц М.И., Макинтайер Д., Бертоз А. Нейрофизиологические исследования в невесомости. II. Сенсорное взаимодействие и внутренняя система отсчета. – В кн.: Орбитальная станция Мир. Космическая биология и медицина. Т. 2. М.: изд-во ГНЦ РФ ИМБП РАН, 2002.
5. Сметанин Б.Н., Попов К.Е., Кожи на Г.В. Позные реакции человека на вибрационную стимуляцию мышц голени в условиях зрительной инверсии // Физиология человека. 2002. Т. 28, № 5. С. 53-58.
6. Солопова И.А., Иваненко Ю.П., Левик Ю.С. Позные вибрационные реакции человека во фронтальной плоскости при стоянии на различных типах неустойчивых опор // Физиология человека. 2002. Т. 28. № 3. С. 76-81.
7. Солопова И.А., Казенников О.В., Денискина Н.В., Иваненко Ю.П., Левик Ю.С. Сравнение ответов мышц ног на транскраниальную магнитную стимуляцию при стоянии на устойчивой и неустойчивой опоре // Физиология человека. 2002. Т. 28. № 6. С. 80-85.
8. Kazennikov O., Perrig S., Wiesendanger M. Kinematics of a coordinated goal-directed bimanual task // Beh. Brain Res. 2002.V. 134. P. 83-91.
9. Solopova I.A., Kazennikov O.V., Deniskina N.B., Levik Y.S., Ivanenko Y.P. Postural instability enhances motor responses to transcranial magnetic stimulation in humans // Neuroscience Letters. 2002. V. 337. No. 1. P. 25-28.
10. Bresciani J.-P., Vercher J.-L., Blouin J., Popov K., Bourdin C., Sarlegna F., Gauthier G.M. Galvanic vestibular stimulation in humans produces online arm movement deviations when reaching towards memorized visual targets // Neuroscience Letters. 2002. No. 318. P. 34-38.
11. Cordo P, Flores-Vieira C, Verschueren S, Inglis T, Gurfinkel V. Position Sensitivity of Human Muscle Spindles: Single Afferent and Population Representation // J. Neurophysiol. 2002. V. 87. P. 1186-1195.
12. Hedges P.W., Gurfinkel V.S., Brumagne S., Smith T.C., Cordo P.C. Coexistence of stability and mobility in postural control: evidence from postural compensation for respiration // Exp. Brain Res. 2002. No. 144. P. 293-302.
13. Cordo P., Gurfinkel V. Motor coordination can be fully understood only by studying complex movements // Prog. Brain Res. (в печати).

Тезисы

1. Денискина Н.В. Изменение устойчивости стояния человека в зависимости от конфигурации его опорно-двигательного контура во фронтальной плоскости // VI Всероссийская конференция по биомеханике. Тезисы докладов: ИПФ РАН, 2002. С. 121.
2. Киреева Т.Б., Левик Ю.С., Холмогорова Н.В. Точность внутреннего представления длин звеньев в процессе созревания двигательной системы // VI Всероссийская конференция по биомеханике. Тезисы докладов: ИПФ РАН, 2002. С. 142.

3. Левик Ю.С., Лившиц И.Л. Формирование гаптокинетических ощущений при сложном двухсуставном движении, // VI Всероссийская конференция по биомеханике. Тезисы докладов: ИПФ РАН, 2002. С. 144.
4. Левик Ю.С. Система внутреннего представления в управлении позой и движениями // Научно-теоретическая конференция "Внутренние состояния и произвольное поведение". Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии. Москва, 10 апреля 2002 г. С. 8-9.
5. Попов К.Е., Сметанин Б.Н., Кожина Г.В. Применение метода гальванической стимуляции лабиринта для исследования вестибулярного тонуса человека // VI Всероссийская конференция по биомеханике. Тезисы докладов: ИПФ РАН, 2002. С. 161.
6. Селионов В.А., Казенников О.В., Гришин А.А. Кинематический анализ автоматического шагания, активируемого электрической стимуляцией мышц вывешенных ног // VI Всероссийская конференция по биомеханике. Тезисы докладов: ИПФ РАН, 2002. С. 169.
7. Солопова И.А., Денискина Н.В., Казенников О.В. Вовлечение двигательной коры в поздний контроль при стоянии на устойчивой и неустойчивой опоре // 6-я Всероссийская конференция по биомеханике "Биомеханика-2002" (Нижний Новгород, май 2002 г.). Тезисы докладов. С. 174.
8. Шлыков В.Ю., Селионов В.А. Роль дополнительного афферентного входа от руки в регуляции позы в условиях движущейся опорной поверхности // VI Всероссийская конференция по биомеханике. Тезисы докладов: ИПФ РАН, 2002. С. 195.
9. Беленький В.Е., Гришин А.А., Кривошеина Е.Н. Прибор и метод для функциональной электростимуляции больных с заболеваниями мышечной и нервной систем // Пятая городская научно-практическая конференция (г. Москва, 23 октября 2002 г). Тезисы докладов. С. 20.
10. Wiesendanger M., Baader A., Kazennikov O., Marro H., Milani P. Bimanual Coordination in Violin Playing // Symposium "Music, Motor Control, and the Mind" (Monte Verità, Ascona, Switzerland, 15-18 May, 2002). Abstracts. P. 33.
11. Kazennikov O., Baader A., Wiesendanger M. Features of Fingering and Bowing in Playing the Violin // Symposium "Music, Motor Control, and the Mind" (Monte Verità, Ascona, Switzerland, 15-18 May, 2002). Abstracts. P. 17.
12. McIntyre J., Lipshits M., Berthoz A. The neuroscience of perception and action in the absence of gravity: collaborative research aboard the MIR station // XII конференция по космической биологии и авиакосмической медицине (г. Москва, 10-14 июня 2002 г.). С. 518-519.
13. Solopova I.A., Kazennikov O.V., Deniskina N.B., Levik Y.S., Ivanenko Y.P. (2002) Involvement of the human motor cortex in postural control during standing on stable and unstable support // Society for Neuroscience. Session 407-610 (Orlando, Florida, USA, November 2-7, 2002). Abstracts. P. 75.
14. Talis V.L. Elbow joint position sense in elderly humans // International Congress "Movement, attention & perception" (Poitiers, France. June 19-21, 2002). Proceedings. P. 65.
15. Talis V.L. Elbow joint position sense in elderly humans // Society for Neuroscience (Orlando, Florida, USA, November 1-7, 2002). Abstracts. P. 74.