

# МЕТОД СРАВНИТЕЛЬНОГО МРТ-ИССЛЕДОВАНИЯ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА У СПОРТСМЕНОВ ПО СТЕНДОВОЙ СТРЕЛЬБЕ



*Амбарцумов Н.А. – аспирант, кафедра теории и методики прикладных видов спорта и экстремальной деятельности, РГУФКСМиТ, stendovik87@mail.ru*



*Блеер А.Н. – д.п.н., профессор, заведующий кафедрой теории и методики прикладных видов спорта и экстремальной деятельности, РГУФКСМиТ, Заслуженный тренер России*

*Пирадов М.А. – член-корр. РАМН, д.м.н., заместитель директора, ФГБУ «Научный центр неврологии» РАМН, nko@neurology.ru*

*Червяков А.В. – к.м.н., научный сотрудник, «Научный центр неврологии» РАМН, tchervyakovav@gmail.com*

*Куликова С.Н. – м.н.с., отделение лучевой диагностики, ФГБУ «Научный центр неврологии» РАМН, kulikovasn@gmail.com*

**Ключевые слова:** стендовая стрельба, стрельба на круглом стенде, мишень, визуализация, идеомоторная тренировка, зрительно-мысленная репетиция выстрела, спусковой крючок, зона активации головного мозга, функциональная магнитно-резонансная томография мозга (фМРТ), кора головного мозга.

**Keywords:** clay pigeon shooting, skeet shooting, target, visualization, ideomotor training, visual-mental rehearsal of the shot, trigger, brain's activation area, functional magnetic resonance brain imaging (fMRI), cerebral cortex.

**Резюме.** Предложена парадигма, имитирующая стрельбу. Проведено компьютерное исследование активности головного мозга при визуализации стрельбы. Выполнено сканирование коры головного мозга при имитации стрельбы с использованием макетов спортивного оружия. Показано, что визуализация или идеомоторная тренировка активизирует у стрелков-стендовиков определенную зону, относящуюся к зрительной системе коры головного мозга.

**Summary.** A paradigm simulating the shooting is proposed. A computer research of the brain activity when shooting visualization has been carried out. The cerebral cortex was scanned while firing imitation with the help of layouts of sport weapon. It is shown that visualization or ideomotor training activates a certain shooters' brain area, located in a visual system of cerebral cortex.

**Актуальность исследования.** Современный профессиональный спорт высоких достижений базируется на глубоких научных исследованиях всех его составляющих: спортивной техники, методики, психологии спортсмена, экипировки, сооружений и т.д. Стендовая стрельба – высокотехнологичный и многовариативный вид спорта, требующий от спортсмена сочетания хорошей физической, психологической, умственной и технической подготовки. Повышение

результативности в стендовой стрельбе все сильнее зависит от психофизиологической доминанты, что вызывает необходимость изучения механизма управления движениями стрелка.

**Цель работы.** С помощью функциональной магнитно-резонансной томографии головного мозга оценить возможность определения активных зон мозга, задействованных в стрельбе у спортсменов-стендовиков.

**Введение.** Человеческое сознание способно через центральную нервную систему оказывать влияние на подсознательную регуляцию процессов жизнедеятельности организма, в том числе и на мышечную деятельность.

Физиологической основой визуализации является создание нейрональных сетей в головном мозге и укрепление существующих нервных связей. Этот же механизм проявляется и при фактическом выполнении какого-либо движения или упражнения. Визуализация позволяет установить эти нервные связи без непосредственного выполнения движений и в конечном итоге позволяет спортсмену приобрести необходимые навыки (Портер).

Спортивные психологи пытались понять точные механизмы, которые оказывает визуализация на выполнение работы. Существуют многочисленные гипотезы, но в спортивной психологии отсутствует единая теория, которая полностью объясняет эффективность использования построения психических образов.

Самая первая теория была предложена в 1894 году английским психологом Карпентером и получила название психо-нейро-мышечной теории (psychoneuromuscular theory). Согласно данной теории, создание психических образов вызывает, посредством нервных волокон, ответы в мышцах подобные тем же, что и при выполнении реальных движений. То есть механизм воздействия идеомоторной тренировки выражается в том, что за счет использования мышечного потенциала в процессе тренировки происходит стимуляция мышечных нервных волокон, импульсная структура которой соответствует ощущаемым, представляемым или воображаемым движениям.

Другая известная теория – теория символического обучения. Она гласит о том, что эффективность обучения зависит от качества и яркости, созданных в центральной нервной системе психических образов. Таким образом, обучение происходит за счет создания системы кодирования, что позволяет спортсмену укрепить нейрональные связи и впоследствии довести до автоматизма движения и действия.

Биоинформационная теория была разработана Питером Лангом. Согласно ей визуализация включает в себя активацию закодированной системы стимулов и реакций, которые сохраняются в долгосрочной памяти. В более поздних исследованиях (Тэйлор, 1995) основное внимание уделялось эффективности создания психических образов в качестве важного саморегулирования навыков (например, умение ставить цели, планировать и решать проблемы, регулировать возбуждение и тревогу, эффективно управлять эмоциями). Для достижения успеха необходимо как можно ярче, подробно и реалистично представить движения. При яркости и реалистичности образов,

центральная нервная система спортсмена готова к конкуренции и становится запрограммированной на успех [6].

Наиболее точное теоретическое объяснение физиологических механизмов идеомоторных реакций было дано И.П. Павловым. Он писал: "Давно было замечено и научно доказано, что раз вы думаете об определенном движении (т.е. имеете кинестетические представления), вы его невольно, этого не замечая, производите".

Кинестетические клетки больших полушарий, возбуждаемые движением с периферии, могут раздражаться центрально и посылать через соответствующую клетку импульс к периферическому органу. При раздражении слабым электрическим током определенных точек поверхности двигательной области коры больших полушарий возникают строго определенные скелетные движения. Следовательно, кинестетическая клетка, раздражаемая определенными пассивными движениями, передает сигнал о произведении движения, когда раздражается не с периферии, а центрально.

И.П. Павлов отмечал, что кинестетические клетки могут связываться с любыми другими клетками (слуховыми, вкусовыми и т.п.) и процесс между ними может "двигаться туда и обратно". В силу такой связанности кинестетических клеток двигательного анализатора с клетками многих других анализаторов зрительное восприятие предметов и восприятие речи вызывают оживления следов целой системы временных связей в области двигательного анализатора, соответствующей системе ранее выполнявшихся движений. В результате по механизму центрального возбуждения кинестетических клеток коры возникает и представление об этих движениях.

Возникшее возбуждение кинестетических клеток распространяется на клетки двигательного, речедвигательного и других анализаторов. Отсюда импульсы передаются к двигательным нейронам, а далее – к мышцам и вызывают соответствующие внешние реакции.

Таким образом, основу идеомоторного акта составляют двигательные представления [4]. При этом в минимальные движения переходят не только бессознательно возникшие, но и сознательно вызванные представления. Это повторное сознательное возбуждение определенных кинестетических клеток, как при выполнении реальной работы, так и при мысленном ее воспроизведении подкрепляет и усиливает нейрональные связи, что способствует более быстрому образованию двигательного стереотипа.

В свете учения И.П. Павлова о первой и второй сигнальных системах обнаруживаются механизмы и особенности следовых явлений в двигательном анализаторе, выступающие, в частности, в форме идеомоторного акта.

Опираясь на учение А.А. Ухтомского о доминанте, возбуждение кинестетических клеток в коре, связанное с двигательными представлениями, можно охарактеризовать как доминантный очаг, который усиливается и подкрепляется добавочными импульсами от мышц в результате тех минимальных мышечных сокращений, которые возникают при идеомоторном акте. Условнорефлекторная природа идеомоторных реакций подтверждается результатами ряда электроэнцефалографических (ЭЭГ) исследований. При этом идеомоторный акт можно представить, как замыкающуюся в кольцо цепь изоритмических реакций. Центральное возбуждение моторной области коры больших полушарий головного мозга вызывает микросокращения мышц, возникающее же при этом возбуждение проприорецепторов становится источником периферических импульсов в кору головного мозга. Таким образом, можно выделить четыре основных элемента механизма идеомоторного акта:

- 1) предварительное восприятие движения и связанное с ним возбуждение кинестетических клеток;
- 2) возникновение образа двигательного представления и связанного с ним возбуждения, аналогичного тому, которое имело место при восприятии;
- 3) возбуждение в моторных клетках, возникающее на основе временных связей их с кинестетическими клетками;
- 4) передача возбуждения к мышце и ответная рабочая реакция.

С точки зрения нейрофизиологии тренирующий эффект представления является следствием закрепления определенных связей в функциональной динамической системе при многократном мысленном выполнении конкретных действий точно так же, как это происходит при их многократном практическом повторении. Следовательно, тренирующий эффект представлений связан с подкреплением двигательной доминанты в нервных центрах и с дополнительным воздействием обратной афферентации, возникающей при реальном исполнении движения.

Все это показывает, как сильно влияют двигательные представления на изменение функционального состояния многих систем организма человека. При этом результаты, полученные после представлений, схожи с результатами, полученными после реальных восприятий предметов, вещей, явлений, чувств, движений и действий [5].

**Эксперимент.** На первом этапе проводилось компьютерное исследование активности [2] головного мозга во время визуализации стрельбы (при наблюдении за траекторией перемещения желтого кружка по полю в виде мишени, мысленно производя выстрел в момент прохождения желтого кружка через центр мишени) у группы в количестве 26 человек: 17

спортсменов профессионально занимающихся стендовой стрельбой (9 спортсменов мастеров спорта и 8 спортсменов – 1,2 разряды) и 9 нетренированных испытуемых.

**На втором этапе** исследования осуществлялось сканирование коры головного мозга при имитации стрельбы с использованием макетов спортивного оружия. На экран, также, как и в первом этапе была выведена мишень, через которую в разных направлениях и с разной скоростью двигался желтый кружок. В момент его прохождения через центр мишени необходимо было произвести выстрел (нажать на спусковой крючок).

Исследования проводились на базе РГУФКСМиТ (ГЦОЛИФК). Для проведения магнитно-резонансной томографии головного мозга (Magnetic Resonance Imaging, MRI scan) применялось оборудование Siemens MAGNETOM Avanto, 1.5T. Постобработка полученных данных, индивидуальный и групповой анализ, а также межгрупповые сравнения проводились с помощью программы SPM8 на базе MATLAB [3].

### **Обсуждение результатов исследования.**

Результаты проведения эксперимента показали, что к функционально значимым зонам мозга, участвующим в акте стрельбы как нетренированных испытуемых, так и спортсменов, профессионально занимающихся стрельбой относятся:

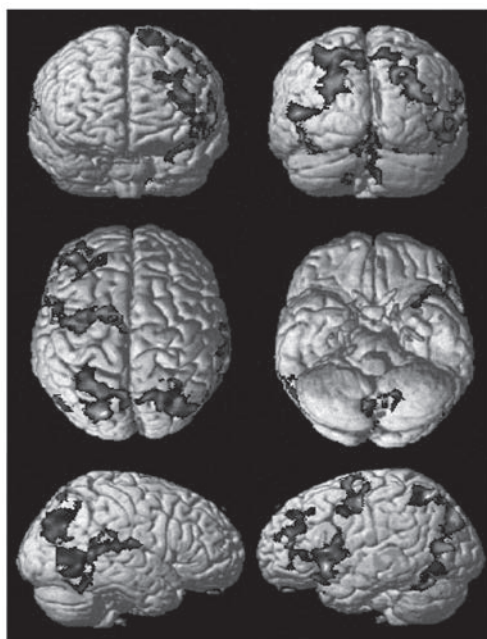
- Левая фузиформная извилина
- Правая подкрыльцовая извилина (BA 33)
- Левая верхняя теменная извилина
- Левое предклинье
- Левая средняя затылочная извилина
- Левая средняя лобная извилина
- Треугольная часть нижней лобной извилины левая (BA 10)
- Правая средняя затылочная извилина
- Левая прецентральная извилина (M1)
- Левая дополнительная моторная область

Зоны активации у нетренированных испытуемых и спортсменов в спокойном состоянии (при наблюдении за траекторией перемещения желтого кружка по полю мишени без имитации стрельбы) представлены на рисунках 1 и 2 соответственно.

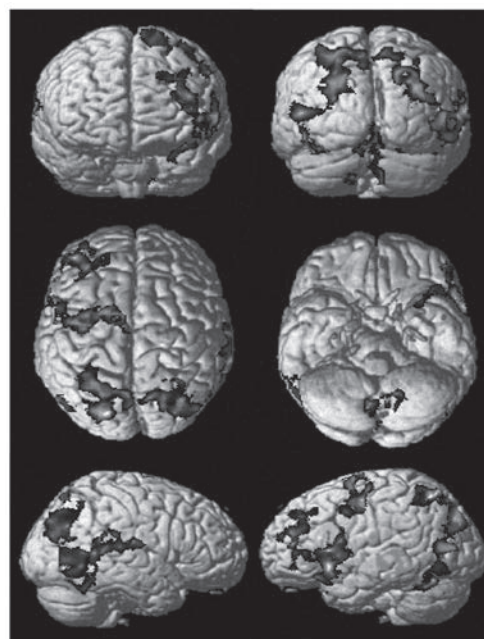
Имитация стрельбы при фМРТ исследовании позволила обнаружить у спортсменов усиление активности в четырех зонах мозга (рисунок 3). Причем активность зоны X, отличает спортсменов, от нетренированных испытуемых. Данная зона относится к зрительной системе коры головного мозга.

Ключевые зоны, участвующие в зрительном восприятии при стрельбе у профессиональных спортсменов:

- The lateral intraparietal area – зона отвечает за визуально-пространственное внимание и планирование движения глаз;



**Рис.1. Зоны активации у нетренированных испытуемых**



**Рис.2. Зоны активации у спортсменов**

- Frontal eye fields – имеет тесные связи с предыдущей зоной, играет важную роль в зрительном внимании и движении глаз. Стимуляция этой зоны вызывает саккады;
- Visual area V5 (MT) – вторичная зона зрительной коры, отвечающая за восприятие движения;
- Brodman area 46 (DLPFC)

Взаимодействие зон LIP, FEF и BA 46 является ключевым для зрительного внимания и планирования двигательного акта.

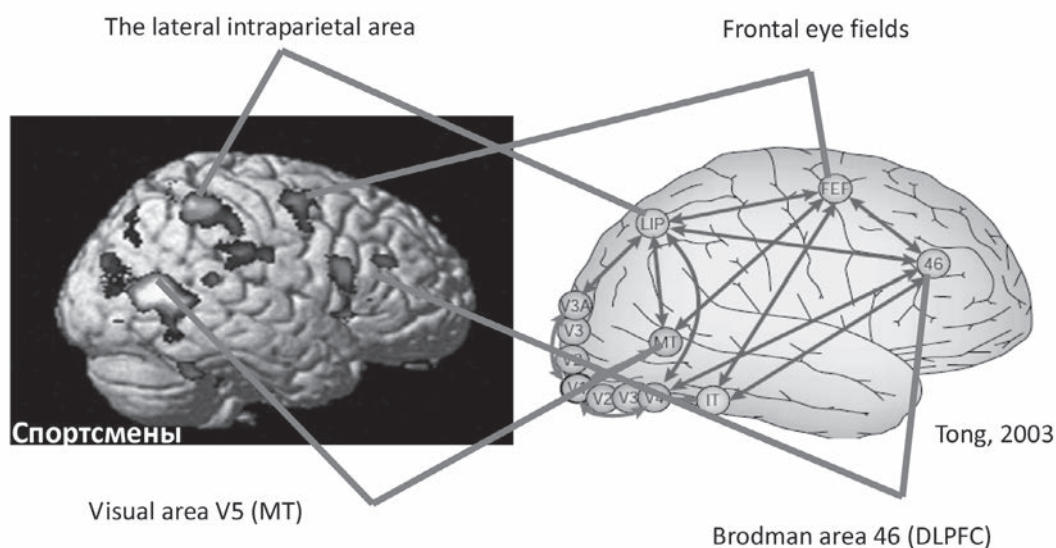
Схема зрительных зон коры головного мозга спортсмена представлена на рисунке 3.

Ранее было показано [1], что для повышения результативности в стендовой стрельбе в тренировочный процесс спортсмена необходимо вклю-

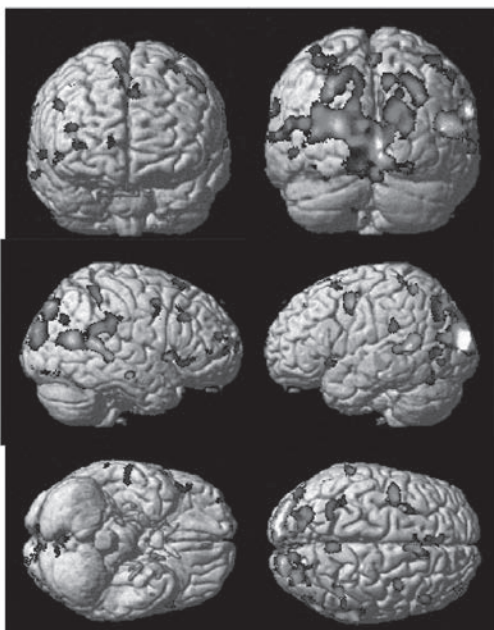
чить визуализацию или зрительно-мысленную репетицию выстрела, поэтому более подробно исследовались стрелки, активно применяющие зрительно-мысленную репетицию выстрела в тренировочном процессе. У спортсменов этой группы была выявлена большая активность в зоне X, отличающая стрелков от нетренированных испытуемых.

Ниже приведены зоны активации у спортсменов, включающих визуализацию в тренировочный процесс (рисунок 4, 5).

- Передние отделы правой средней лобной извилины
- Задние отделы средних лобных извилин, переходящие в прецентральные извилины (сочетан-



**Рис.3. Схема зрительных зон коры головного мозга спортсмена по данным фМРТ**

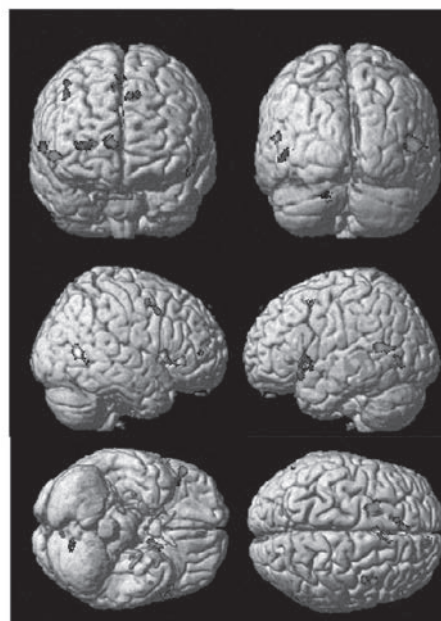


*Рис.4. Зоны активации у спортсменов, включающих визуализацию в тренировочный процесс. (воображение)*

- Правый поворот головы и глаз в противоположную сторону)
- Добавочная моторная кора
- Затылочные извилины
- Верхние и средние височные извилины с обеих сторон
- Верхние теменные извилины
- Предклинье
- Передние отделы правой средней лобной извилины
- Задние отделы правой средней лобной извилины, переходящие в прецентральную извилину (сочетанный поворот головы и глаз в противоположную сторону)
- Добавочная моторная кора
- Левая верхняя лобная извилина (префронтальная кора)

### Литература.

1. Амбарцумов Н.А., Блеер А.Н, Покотило М.Г. Психологические аспекты повышения результативности в стендовой стрельбе (с учетом визуализации). – М.: Экстремальная деятельность человека, 2013. – №3(28). – С.39-42.
2. Donaldson DI, Buckner RL. Effective paradigm design. In: Jezzard, P., Matthews, P.M., Smith, S.M. (Eds.), Functional MRI, an Introduction to Methods. Oxford, Oxford University Press; 2003
3. Statistical parametric mapping (Wellcome Trust Centre of Neuroimaging, London, UK)
4. Белкин А.А. Идеомоторная тренировка в спорте. – М.: ФиС, 1983. – 256с.
5. Кандыба В.М. Психическая саморегуляция. Спб.: Лань, 2001. – 448с.
6. Сурков Е.Н. Психомоторика спортсмена. – М.: Физкультура и спорт, 1984. – 126с.



*Рис.5. Зоны активации у спортсменов, включающих визуализацию в тренировочный процесс. (макеты спортивного оружия)*

- Правая и левая средние височные извилины
- Треугольники нижних лобных извилин с обеих сторон

### Выводы.

1. Визуализация стрельбы в тренировочном процессе стендовиков активизирует определенные участки головного мозга.
2. Выявлена зона активности коры головного мозга, отличающая опытных стрелков от нетренированных испытуемых.
3. Необходимы дополнительные исследования, позволяющие установить четкую корреляцию между мозговой активностью и результативностью стрелковых упражнений.
4. В настоящее время разрабатываются методики стимуляции, которые могут привести к более быстрому развитию способностей в стрельбе.