

ИННОВАЦИИ В МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ
ИГРЫ – ПИТЕРБАСКЕТ

А.А. НЕСМЕЯНОВ*, В.М. ЕСКОВ**, Н.А. ФУДИН***, А.А. ХАДАРЦЕВ*

*Тульский государственный университет, пр-т Ленина, 92, Тула, Россия, 300028

**Сургутский государственный университет, пр. Ленина, д. 1, г. Сургут, Россия, 628400

***НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина, ул. Балтийская, д. 8, г. Москва, Россия, 125315

Аннотация. В кратком сообщении дана характеристика особенностей функционирования опорно-двигательной системы спортсмена, занимающегося питеербаскетом. Охарактеризованы датчики регистрации движения, преимущества бесконтактных датчиков токо-вихревого типа. При изучении показателей полученных с этих датчиков, у 134 спортсменов использовались методы теории хаоса и самоорганизации, что позволило использовать результаты для дозирования физических нагрузок. Предложенная технология контроля состояния нервно-мышечной системы рекомендована к включению в тренировочный процесс спортсмена.

Ключевые слова: питеербаскет, датчики токовихревого типа, теория хаоса и самоорганизации

INNOVATIONS IN BIOMEDICAL SUPPORTS OF PLAY – THE PITERBASKET

A.A. NESMEYANOV*, V.M. ESKOV**, N.A. FUDIN***, A.A. KHADARTSEV*

*Tula State University, Lenin Prospect, 92, Tula, Russia, 300028

**Surgut State University, pr. Lenina, d. 1, Surgut, Russia, 628400

***Institute of Normal Physiology. PK Anokhin str. Baltic, d. 8, Moscow, Russia, 125315

Abstract. In this report, the authors characterize the features of the functioning of the musculoskeletal system of the athlete involved the piterbasket, as well as the register sensors of the movement, the advantages of non-contact sensors eddy-current type. For the study of the index obtained with these sensors in 134 athletes, the authors used the methods of the theory of chaos and self-organization. This allowed us to use the results for dispensing exercise. The proposed technology to control the state of the neuromuscular system has been recommended for inclusion in the training process of the athlete.

Key words: piterbasket, sensors eddy-current type, the theory of chaos and self-organization.

Спорт высших достижений – является естественной моделью психоэмоционального и физиологического стресса, который по определению Г. Селье (1960), является реакцией организма на любое предельное ему требование.

Игровые виды спорта, в частности, *питеербаскет* – имеют особенности, характеризующиеся активацией практически всех функциональных систем организма: нервно-мышечной, вестибулярной, сердечно-сосудистой, дыхательной и др. [3] Значимо участие зрительного анализатора, обеспечивающего прицеливание при бросках мяча, а также стереоскопическое зрение, способствующее ориентации в пространстве. Особое значение в тренировочном и соревновательном процессе имеет состояние опорно-двигательного аппарата, локомоторики [7, 9].

Отдельные функциональные звенья опорно-двигательной системы имеют различные по величине характерные времена (частоты) быстроедействия и релаксации. Наибольшие частоты в спектре импульсных последовательностей в нервных волокнах составляют сотни или единицы тысяч герц, что соответствует периодам 0,001-0,01 секунды. Длительность развития напряжения в мышечном волокне составляет 0,01-0,3 секунды, что соответствует частотам единиц и десятков герц. Период действия мотонейронного пула равен приблизительно 0,1 секунды.

Исследование произвольных и не произвольных движений человека основывается на *кинематических* (перемещение, скорость, ускорение) и *динамических* показателях (сила, момент силы). Это объясняет сложность конструирования интегративных приборов, обеспечивающих измерения на основе единичных физических принципов.

При оценке локомоторных функций используются различные виды датчиков (*индукционные, пьезо-, токовихревые*). Так, для регистрации движений в лучезапястном суставе использовался *трансформаторный датчик* перемещений, устройства в виде «*тензометрического угломера*». Точность показаний индуктивных или *пьезоэлектрических датчиков* зависит от частоты регистрируемых процессов, а ис-

Библиографическая ссылка:

Несмеянов А.А., Есков В.М., Фудин Н.А., Хадарцев А.А. Инновации в медико-биологическом обеспечении игры – питеербаскет // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №2. Публикация 2-22. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-2/5201.pdf> (дата обращения: 30.06.2015). DOI: 10.12737/11914

пользование *тензодатчиков* требует наличие усилителя с высоким коэффициентом усиления. Эти недостатки устранены в приборах на основе *фотопреобразователя* или оптического датчика [5].

Для регистрации движений используют широкополосные *пьезоакселерометрические датчики*, имеющие ряд преимуществ:

- они размещаются непосредственно на теле и не ограничивают двигательной активности пациента;
- обладают более высокой устойчивостью измерений к внешним помехам, чем *вибропреобразователи*, использующие лабораторную систему координат;
- являются одним из простейших, надежных и доступных средств измерения вибраций.

Начаты исследования по разработке тренажеров для нервно-мышечной системы человека, а также использование уже разработанного и подтвержденного дипломом об открытии *индекса физического состояния*, что позволит научно обосновать тренировочный процесс при занятиях *питербаскетом* [4].

Методы исследования.

Разработаны конструкции *пьезоакселерометра* с чувствительным к изгибу преобразовательным элементом (рис. 1), выполненный в виде диска, опирающегося по краям на корпус *акселерометра*. Толщина *биморфного пьезоэлемента* и металлической подложки подобрана так, что слой склейки не испытывает тангенциального напряжения при изгибе пластины.

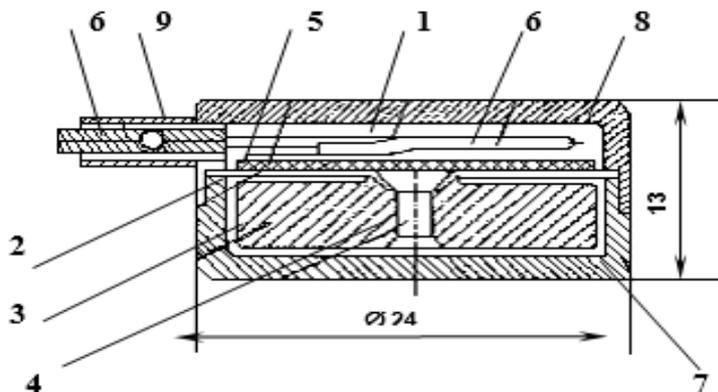


Рис. 1. Конструкция акселерометра ПАМТ-1: 1 – пьезопластина (ЦТС-19); 2 – металлическая подложка; 3 – груз; 4 – заклепка; 5 – контактная пластина; 6 – антивибрационный кабель; 7 – корпус; 8 – крышка; 9 – втулка

Пьезоакселерометрические датчики имеют недостатки, поэтому были разработаны бесконтактные системы регистрации тремора на основе *токовихревых датчиков движения*. Разработан способ регистрации произвольных и произвольных движений конечностей человека – на основе *биоизмерительного комплекса* (БИК), в котором использованы токовихревые датчики, он состоит из блока датчиков, блока преобразователей, *аналого-цифрового преобразователя* (АЦП). Блок АЦП служит для сопряжения БИК с ЭВМ [1]. В качестве измерительного устройства применяются датчики токовихревого типа. Собственно датчик представляет собой индукционную катушку в специальном корпусе, что представлено на рис. 2.

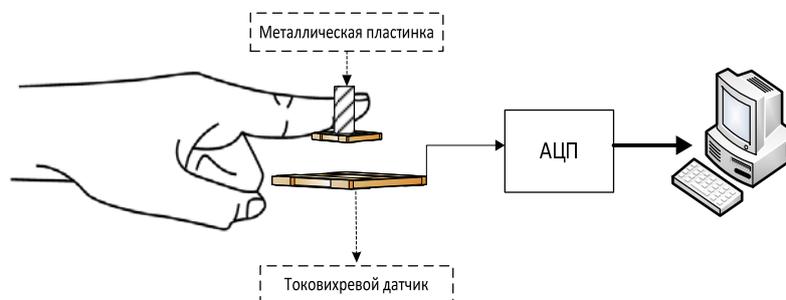


Рис. 2. Схема биоизмерительного комплекса регистрации тремора и теппинга

Библиографическая ссылка:

Несмеянов А.А., Еськов В.М., Фудин Н.А., Хадарцев А.А. Инновации в медико-биологическом обеспечении игры – питербаскет // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №2. Публикация 2-22. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-2/5201.pdf> (дата обращения: 30.06.2015). DOI: 10.12737/ 11914

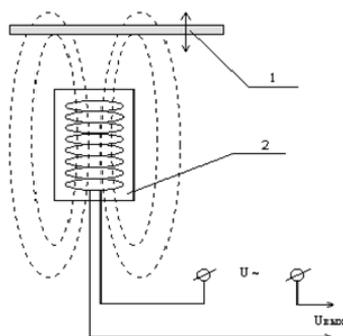


Рис. 3. Принцип работы токовихревого датчика:
1 – ферромагнитная пластина, 2 – катушка индуктивности.

В таких системах при введении (рис. 3) ферромагнитной пластины 1 в магнитное поле катушки 2 изменяется значение ее индуктивности, при этом весь магнитный поток делится на части: поток, прошедший через ферромагнитную пластину и поток, не прошедший через неё.

Чем ближе пластина подводится к катушке, тем большее количество линий магнитной индукции замыкается через нее, что и вызывает изменение индуктивности катушки.

Достоинствами датчиков токовихревого типа являются:

- бесконтактный способ измерения микроперемещений;
- высокая точность измерения;
- простота конструкции;
- небольшие массогабаритные показатели (вся масса < 100 гр., а пластины – менее 1 г. при размерах ~ 30x30x20 мм и менее);
- дешевизна (как следствие простоты конструкции) [2].

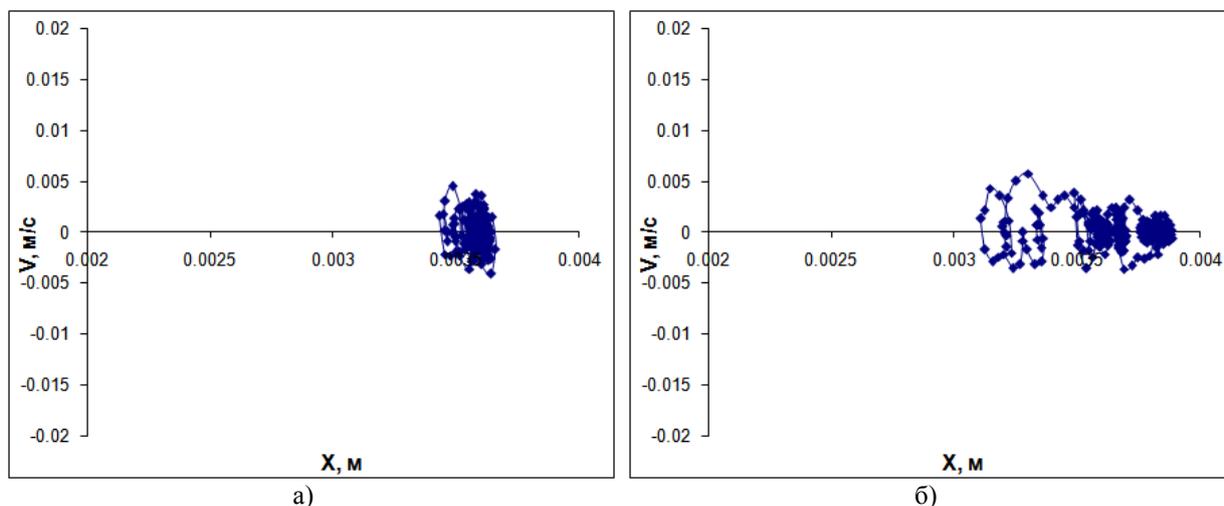


Рис. 4. Фазовый портрет параметров тремора испытуемого СКС: а) до звукового воздействия $S_{КА}=1,98 \cdot 10^{-6}$ у.е. и б) после звукового воздействия $S_{КА}=7,29 \cdot 10^{-6}$ у.е.

Библиографическая ссылка:

Несмеянов А.А., Еськов В.М., Фудин Н.А., Хадарцев А.А. Инновации в медико-биологическом обеспечении игры – питейбаскет // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №2. Публикация 2-22. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-2/5201.pdf> (дата обращения: 30.06.2015). DOI: 10.12737/11914

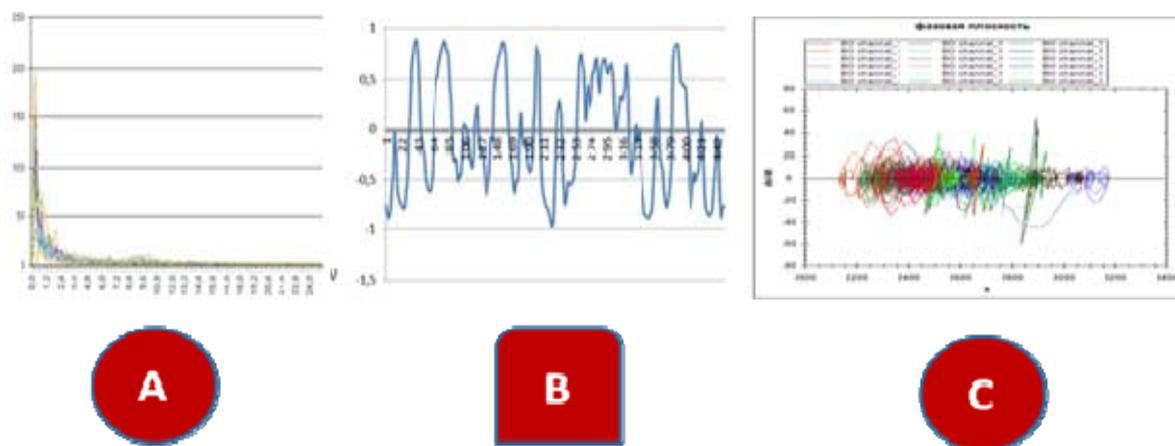


Рис. 5. Амплитудно-частотные характеристики произвольных и непроизвольных движений: (а – амплитуда, ν – частота колебаний)
А – 30-ти треморограмм без нагрузки; В – вид автокорреляционной функции $A(t)$ для одной треморограммы; С – фазовая плоскость (x_1 – координата и $x_2 = dx_1/dt$ – скорость). Испытуемый БИО

На рис. 5 представлен характерный пример амплитудно-частотных характеристик непроизвольного движения (*тремора*). График демонстрирует непрерывные изменения функции в пределах от -1 до +1. Если на любом отрезке измерения τ_i мы будем получать некоторые функции распределения $f(x)$, то эти функции распределения для разных отрезков времени измерения $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$ будут разными. Мы получим набор разных функций распределения $f_1(x), f_2(x) \dots f_n(x)$ для набора выборок, соответствующих разным интервалам измерения τ_i , даже если эти интервалы измерять подряд, и они будут получены у одного испытуемого. Произвольное движение (*теппинг*) можно изучать как каждый отдельный акт (разовое движение можно совершать один раз в один час, например), акты ударов сердца (кардиоинтервалы) можно тоже по одному в час регистрировать долго. Однако, и непрерывная регистрация (поряд) и дискретная (выборочная) даст у одного человека или у разных людей одинаковый результат.

Невозможно использовать обычные статистические (*стохастические*) методы в оценке дискретных и непрерывных величин (характеристик) параметров сложных биосистем из-за непрерывного и хаотического изменения любых *стохастических* и *хаотических* характеристик [6, 8].

Наблюдаются внутренние перестройки в нервно-мышечной системе одного человека даже при непроизвольном движении (*треморе*), как и при произвольных движениях (*теппинге*). Это говорит о частичном увеличении синхронизма за счет афферентации и привлечения мыслительной деятельности, а также о начале сдвига от *хаотического* режима к упорядоченности.

Повторные исследования предложенным способом 134 спортсменов игровых видов спорта, как разрядников (49 человек), так и новичков (85 человек) показало существенную разницу показателей, которая не достигается при обработке данных обычными статистическими (*стохастическими*) способами. Обработка информации инструментами, разработанными в рамках теории хаоса самоорганизации систем, в частности – изучением квазиаттракторов и расстояний между их центрами, – позволила установить начальные изменения достаточно рано и проследивать их в течение длительного времени. Разработаны диагностические критерии, дающие возможность спортивному врачу совместно с тренером дозировать физические нагрузки.

Заключение. Использование разработанных технологий контроля состояния нервно-мышечного аппарата спортсмена позволяет обеспечить не только разовые исследования, но и мониторинг кинематики конечностей до и после тренировки, до и после соревнований. Высокая чувствительность методов позволит выявить симптомы утомления, мышечной усталости – на ранних стадиях их развития.

Литература

1. Еськов В.М., Буров И.В., Филатова О.Е., Хадарцев А.А. Основы биоинформационного анализа динамики микрохаотического поведения биосистем // Вестник новых медицинских технологий. 2012. № 1. С. 15–18.
2. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Троицкий М.С. Методы регистрации различных видов движения, как основа разработки механотренажеров // Вестник новых медицинских технологий. Электронный из-

Библиографическая ссылка:

Несмеянов А.А., Еськов В.М., Фудин Н.А., Хадарцев А.А. Инновации в медико-биологическом обеспечении игры – питейбаскет // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №2. Публикация 2-22. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-2/5201.pdf> (дата обращения: 30.06.2015). DOI: 10.12737/ 11914

дание. 2014. №1. Публикация 6-4. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4957.pdf> (Дата обращения: 24.10.2014). DOI: 10.12737/6036

3. Несмеянов А.А., Хадарцев А.А., Кожемов А.А. Питербаскет и здоровье человека: Монография. Тула: ООО «Тульский полиграфист», 2014. 214 с.

4. Таймазов В.А., Дальский Д.Д., Науменко Э.В., Хадарцев А.А., Зверев В.Д., Фудин Н.А., Орлов В.А., Протченко К.В., Викторов В.В., Корешников Д.В., Еськов В.М., Несмеянов А.А. Коррекция функционального состояния спортсменов суммированным индексом оперативного контроля // Вестник новых медицинских технологий. 2012. № 4. С. 203–208.

5. Фудин Н.А., Еськов В.М., Филатова О.Е., Зилов В.Г., Борисова О.Н., Козлова В.В. Утомление человека при статической и динамической физической нагрузке и механизмы адаптации // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №1. Публикация 2-2. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-1/5064.pdf> (дата обращения: 19.01.2015). DOI: 10.12737/7590.

6. Хадарцев А.А., Гавриленко Т.В., Соколова А.А., Дегтярев Д.А. Прогнозирование долгожительства у российской народности ханты по хаотической динамике параметров серсердечно-сосудистой системы // Complexity. Mind. Postnonclassic. 2013. № 3. С. 5–12.

7. Хадарцев А.А., Несмеянов А.А., Еськов В.М., Фудин Н.А. Спортивная игра питербаскет, как восстановительная технология с позиций теории хаоса и самоорганизации (обзор научной литературы) // Успехи современного естествознания. 2014. № 3. С. 30–41.

8. Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Джумагалиева Л.Б., Гудкова С.А. Понятие трех глобальных парадигм в науке и социумах // Complexity. Mind. Postnonclassic. 2013. № 3. С. 35–45.

9. Хадарцев А.А., Фудин Н.А., Смоленский А.В. Настоящее и будущее инновационных медико-биологических технологий в спорте (краткий обзор материалов работ медицинского института ТулГУ) // Терапевт. 2014. № 12. С. 4–8.

References

1. Es'kov VM, Burov IV, Filatova OE, Khadartsev AA. Osnovy bioinformatsionnogo analiza di-namiki mikrokhaoiticheskogo povedeniya biosistem. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2012;1:15-8. Russian.

2. Es'kov VM, Khadartsev AA, Troitskiy MS. Metody registratsii razlichnykh vidov dvizheniya, kak osnova razrabotki mekhanotrenazherov. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnyy izdanie [internet]. 2014 [cited 2014 Oct 24];1:[about 7 p.]. Russian. Available from: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4957.pdf>. DOI: 10.12737/6036.

3. Nesmeyanov AA, Khadartsev AA, Kozhemov AA. Piterbasket i zdorov'e cheloveka: Monografiya. Tu-la: ООО «Tul'skiy poligrafist»; 2014. Russian.

4. Taymazov VA, Dal'skiy DD, Naumenko EV, Khadartsev AA, Zverev VD, Fudin NA, Orlov VA, Protchenko KV, Viktorov VV, Koreshnikov DV, Es'kov VM, Nesmeyanov AA. Korrektsiya funktsional'nogo sosto-yaniya sportsmenov summirovannym indeksom operativnogo kontrolya. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2012;4:203-8. Russian.

5. Fudin NA, Es'kov VM, Filatova OE, Zilov VG, Borisova ON, Kozlova VV. Utomlenie chelo-veka pri staticheskoj i dinamicheskoy fizicheskoj nagruzke i mekhanizmy adaptatsii. Vestnik novykh me-ditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie [internet]. 2015 [cited 2015 Jan 19];1:[about 10 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-1/5064.pdf>. DOI: 10.12737/7590.

6. Khadartsev AA, Gavrilenko TV, Sokolova AA, Degtyarev DA. Prognozirovanie dolgozhitel'stva u rossiyskoj narodnosti khanty po khaoticheskoy dinamike parametrov serserdechno-sosudistoy sistemy. Complexity. Mind. Postnonclassic. 2013;3:5-12. Russian.

7. Khadartsev AA, Nesmeyanov AA, Es'kov VM, Fudin NA. Sportivnaya igra piterbasket, kak vos-tanovitel'naya tekhnologiya s pozitsiy teorii khaosa i samoorganizatsii (obzor nauchnoy literatury). Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2014;3:30-41. Russian.

8. Khadartsev AA, Filatova OE, Dzhumagaliyeva LB, Gudkova SA. Ponyatie trekh global'nykh para-digm v nauke i sotsiumakh. Complexity. Mind. Postnonclassic. 2013;3:35-45. Russian.

9. Khadartsev AA, Fudin NA, Smolenskiy AV. Nastoyashchee i budushchee innovatsionnykh mediko-biologicheskikh tekhnologiy v sporte (kratkiy obzor materialov rabot meditsinskogo instituta TulGU). Terapevt. 2014;12:4-8. Russian.

Библиографическая ссылка:

Несмеянов А.А., Еськов В.М., Фудин Н.А., Хадарцев А.А. Инновации в медико-биологическом обеспечении игры – питербаскет // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №2. Публикация 2-22. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-2/5201.pdf> (дата обращения: 30.06.2015). DOI: 10.12737/ 11914