

I. БИОМЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ И СИНЕРГЕТИКА

DOI 10.12737/3393

БИОМЕХАНИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОКОМОТОРНОЙ АКТИВНОСТИ ЧЕЛОВЕКА С ПОМОЩЬЮ ДАТЧИКОВ РЕГИСТРАЦИИ ДВИЖЕНИЙ С ПОЗИЦИЙ ТЕОРИИ ХАОСА И САМООРГАНИЗАЦИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

С.И.ЛОГИНОВ, А.Ю.ВЕТОШНИКОВ, А.С.КИНТЮХИН, А.С.СНИГИРЕВ

*ГБОУ ВПО «Сургутский государственный университет ХМАО-Югры», пр.Ленина, д.1,
г.Сургут, Россия, 628412*

Аннотация. Изучены особенности локомоторной активности 651 студента (возраст $19,2 \pm 3,2$ лет, 57,3% женщины) и 100 случайным образом отобранных взрослых (возраст $41,2 \pm 13,5$ лет, 45% женщины) различных профессий, постоянно проживающих в г. Сургуте. Установлено, что локомоторная активность студентов за сутки составляет у юношей 9031 ± 3694 шаг, у девушек – 8312 ± 3532 шага, расход энергии на ходьбу составляет у юношей 240 ± 105 ккал, что выше ($p < 0,05$), чем у девушек 197 ± 91 ккал. Самая низкая локомоторная активность отмечена зимой. У взрослых мужчин локомоторная активность составляет в среднем за неделю 8696 ± 2250 шагов, а у женщин – 6513 ± 1902 шага ($p < 0,05$). Самая низкая активность и энергозатраты у женщин отмечены в воскресенье (3642 шагов, 466 ккал), а у мужчин в воскресенье и понедельник (4241 шагов, 523 ккал и 6707 шагов, 523 ккал), соответственно. Определены размеры квазиаттракторов в зависимости от дня недели. Необходимы меры по обеспечению физически активной досуговой деятельности в выходные дни.

Ключевые слова: физическая активность, локомоторная активность, ходьба, шагометрия, акселерометрия, студенты, взрослые.

BIOMECHANICAL RESEARCH OF HUMAN LOCOMOTOR ACTIVITY BY SENSOR RECORDING MOTION FROM POINT OF VIEW OF THEORY OF CHAOS AND SELF-ORGANIZATION OF COMPLEX SYSTEMS

S.I. LOGINOV, A.YU.VETOSHNIKOV, A.S.KINTUKHIN, A.S.SNIGIREV

Surgut State University, Lenina, 1, Surgut, Russia, 628412

Abstract. Features of locomotor activity were researched in 651 students (mean age $19,2 \pm 3,2$, women – 57,3%) and 100 adults, randomly selected (mean age $41,2 \pm 13,5$, women – 45%), having different occupations and constantly living in Surgut. It was established that locomotor activity of students for 24 hours is 9031 ± 3694 steps for boys and 8312 ± 3532 steps for girls. Power inputs during walking are spent by boys is 240 ± 105 kcal that higher ($p < 0,05$) than in girls – 197 ± 91 kcal. The lowest locomotor activity is marked in winter. Men take about 8696 ± 2250 steps during a week, women take 6513 ± 1902 steps ($p < 0,05$). The lowest activity and low power inputs are marked on Sunday in women (3642 steps, 466 kcal), on Sunday and Monday in men (4241 steps, 523 kcal and 6707 steps, 523 kcal) in accordance. The volumes of quasi-attractors are defined depending on day a week. Measures on providing of physical activity on days-off are required.

Key words: physical activity, locomotor activity, walking, step measuring, measuring of accelerator, students and adults.

Введение. Все возрастающий интерес исследователей к изучению *физической активности* (ФА) человека обусловлен необходимостью выяснения психофизиологических механизмов формирования внутренней и внешней мотивации, интенции (переноса мотива на действие), самоэффективности и самоорганизации двигательных действий [7,11], с одной стороны, и потребностью в точном количественном учете объема выполненных движений, с другой [1,5]. ФА представляет собой сложную биосоциальную систему с хаотической динамикой, поэтому очевидно, что ее исследование предпочтительно осуществлять с позиций теории поведения, теории хаоса и самоорганизации [2,4,9]. Между тем, до сих пор изучение особенностей проявления физической (двигательной) активности в России традиционно проводится с помощью анкет и опросников в рамках наблюдения или педагогического эксперимента и носит, как правило, вспомогательный характер. Специальных исследований уровня и структуры ФА разных контингентов населения в рамках национальных и региональных программ с использованием специальных датчиков, регистрирующих движения в сочетании с опросниками, довольно мало [3].

Цель исследования – установление уникальной возможности получения оперативной, объективной информации относительно биомеханики, психологии, психофизиологии повседневной ФА с помощью электронных 3-х осевых шагомеров и акселерометров в сочетании с 7-ми дневным самоотчетом бюджета времени.

Материалы и методы исследования. Повседневную физическую активность (на примере ходьбы) изучали с участием 651 студента Сургутского госуниверситета в возрасте 18-22 лет (57,3% женщины) и 100 случайным образом отобранных человек в возрасте 20-67 лет (45% женщины) различных профессий. Учет движений (рис. 1) проводили с помощью электронного 3-х осевого шагомера «Tanita AM-120» (Япония).



Рис. 1. Внешний вид шагомера

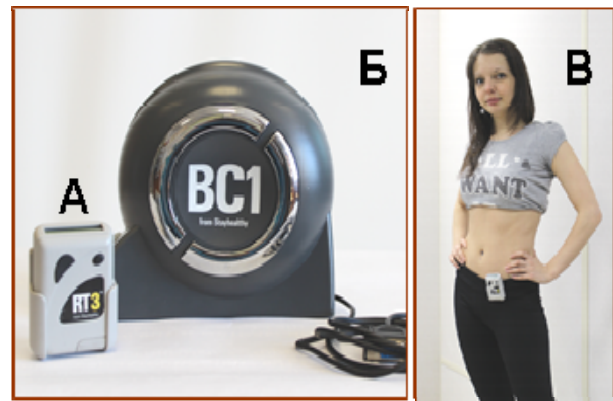


Рис. 2. Внешний вид, используемого нами акселерометра RT3 Research Activity Monitor (США) (А), докстанции (Б) и способа крепления на поясе испытуемой (В)

Шагомер прикрепляли вертикально с левой стороны тела на поясной ремень участников исследования. Перед началом измерения на приборе устанавливали индивидуальные показатели веса тела и средней длины шага испытуемого. Длиной шага считали расстояние от носка одной ноги до носка другой при ходьбе. Для измерения средней длины шага каждому участнику исследования предлагали выполнить 10 шагов обычным шагом, а затем измеряли пройденную дистанцию и делили на 10. Калибровку чувствительности прибора осуществляли путем обнуления счетчика и регистрации 100 шагов. Затем проверяли зафиксированное число на дисплее. Если число было более «100» регулятор чувствительности передвигали к знаку «минус». При меньшем числе шагов на дисплее (95 и меньше) регулятор чувствительности передвигали к знаку «плюс». Участники носили шагомер в течение дня на протяжении всей недели и снимали его только перед сном. В специальную таблицу фиксировали показатели дисплея: количество пройденных шагов, затраченных на ходь-

бу килокалорий, а также общий километраж. Параллельно с использованием шагомера для изучения расхода энергии, связанного с *локомоторной активностью* (ЛА), использовали *семидневный самоотчет бюджета времени* (7Д-СБВ), разработанный в нашей лаборатории [3]. Самоотчет предусматривал поминутный учет всех видов деятельности студентов непрерывно в течение семи суток. Для учета общего количества движений, выполняемых за одни сутки и в продолжение 7 дней рядом использовали акселерометр RT-3D (США) с докстанцией для связи с компьютером и обработки полученных данных (рис. 2). С помощью докстанции акселерометр программировали в формате 10-ти минутной, поминутной или посекундной записи движений с учетом возраста, массы и длины тела. Обработку полученных данных производили при помощи методов описательной статистики с использованием пакета статистических программ (Statistica_v. 10., Stat. Soft., США). Рассчитывали *среднее арифметическое* – \bar{X} , *стандартную ошибку среднего арифметического* – SD, *0,95 доверительный интервал* (0,95 ДИ), проводили дисперсионный анализ с расчетом *коэффициента Фишера* (F). Достоверность различий между группами испытуемых оценивали с помощью двустороннего t-критерия Стьюдента или W-критерия Уилкоксона-Уитни-Манна в случае непараметрического распределения при уровне значимости $p \leq 0,05$. Степень хаотичности оценивали по методике В.М. Еськова и соавт. [2].

Результаты и их обсуждение.

1. Шагометрия. Установлено, что локомоторная активность студентов за одни сутки составляет у юношей 9031 шаг (SD 3694), у девушек – 8312 шагов (SD 3532). Это явно меньше рекомендованных специалистами 11-12 тысяч шагов, необходимых для поддержания оптимального уровня состояния физического и психологического здоровья.

Суточный расход энергии на ходьбу расценивался как низкий и составляет у юношей 240 ккал (SD 105), у девушек 197

(SD 91). Юноши двигаются и тратят энергии достоверно ($p < 0,05$) больше, чем девушки (табл. 1).

Ежедневное количество шагов, совершаемое студентами, зависит от дня недели ($F(6, 4480) = 17,660, p = 0,00004$). Динамика изменений носит периодический характер. Максимальных значений показатели ЛА достигают в среду и субботу.

Таблица 1

Количество шагов и энергии, затраченной на их осуществление студентами за одни сутки ($\bar{X} \pm SD$)

Показатели	Юноши (n=277)	Девушки (n=364)	Все (n=641)
Количество шагов	9031±3694	8312±3532*	8622±3619
Количество килокалорий	240±105	197±91*	216±100

Примечание: * – различия между показателями юношей и девушек достоверны, $p < 0,05$

Минимальное количество шагов наблюдается в пятницу. В недельном цикле локомоторная активность юношей достоверно выше, чем девушек во все дни недели кроме пятницы и субботы (табл. 2). Можно предположить, что к концу недели студенты устают от психоэмоциональной нагрузки в университете, а впереди остается еще один трудовой день. Поэтому, молодые люди, в пятницу передвигаются пешком мало. В другие дни (понедельник, вторник, четверг и воскресенье) ЛА изменяется не существенно. Средние показатели ЛА будних дней достоверно не отличаются от количества шагов, накопленных в воскресенье. Количество энергозатрат на ходьбу во все дни недели является низким.

Самые низкие показатели пешей ходьбы, как и ожидалось, выявлены зимой. Они составляют в среднем по выборке 7842 шага (SD 3763) при расходе энергии 195 ± 98 ккал ($p < 0,001$ по сравнению с летом). С приходом весны, показатели ЛА студентов увеличиваются до 9061 ± 3228 шага при энергозатратах 227 ± 104 ккал ($p = 0,006$). Наиболее высокие показатели локомоторной активно-

сти по данным шагометрии отмечаются летом. Они составляют 9731 ± 3490 шагов при затратах энергии 244 ± 97 ккал. С наступлением осени количество шагов, совершаемых студентами, снижается до 8403 шагов (SD 3230). Соответственно уменьшается количество энергии, затраченной на ходьбу (212 ± 102 ккал).

торная активность студентов по данным шагометрии и затраты энергии на ходьбу по данным 7Д-СБВ хорошо дополняют друг друга, но все равно остаются низкими независимо от времени года. Кроме того, уместно напомнить, что к интенсивной ФА на основании рекомендаций Американского колледжа спортивной медицины нами были отнесены

Количество шагов и энергии, затраченной студентами в зависимости от дня недели (X \pm SD)

День недели	Число шагов			Количество килокалорий		
	Юноши (n=278)	Девушки (n=373)	Все (n=641)	Юноши (n=278)	Девушки (n=373)	Все (n=641)
Пн	8873 \pm 3354	8174 \pm 3254*	8425 \pm 3219	234 \pm 97	195 \pm 88*	210 \pm 91
Вт	8602 \pm 3604	8039 \pm 3393*	8274 \pm 3463	229 \pm 106	192 \pm 93*	207 \pm 97
Ср	9830 \pm 4036	8652 \pm 3485*	9147 \pm 3778	259 \pm 118	205 \pm 92*	228 \pm 106
Чт	9282 \pm 3442	8753 \pm 3665*	8980 \pm 3578	245 \pm 100	209 \pm 95*	224 \pm 99
Пт	8208 \pm 3311	7824 \pm 3234	7969 \pm 3267	218 \pm 99	187 \pm 90*	199 \pm 94
Сб	9878 \pm 3977	9271 \pm 4291	9513 \pm 4116	258 \pm 109	222 \pm 113*	236 \pm 108
Вс	8457 \pm 3724	7793 \pm 3533*	8043 \pm 3561	236 \pm 104	186 \pm 90*	206 \pm 95

Примечание: * – различия девушек и юношей достоверны при уровне значимости $p < 0,05$. Пн-Вс – дни недели

Продолжительность физической активности различной интенсивности студентов по данным 7-ми дневного самоотчета бюджета времени (X \pm SE)

Уровень физической активности	Продолжительность, мин/день		
	Девушки (n=181)	Юноши (n=163)	Все (n=344)
Интенсивная, 6-9 МЭ	2,9 \pm 0,16	3,6 \pm 0,24*	3,26 \pm 0,14
Умеренная, 3-6 МЭ	57,5 \pm 2,11	67,2 \pm 2,54*	62,0 \pm 1,65
Общая, 3-9 МЭ	60,5 \pm 2,21	70,5 \pm 2,68*	65,2 \pm 1,74

Примечание: МЭ – величина *метаболического эквивалента*, показывающего во сколько раз выполняемая деятельность больше основного обмена; * – достоверно по отношению к данным девушек, $p < 0,01$

2. Семидневный самоотчет бюджета времени. Установлено, что по всем видам повседневная ФА юношей выше, чем у девушек. Интенсивная ФА юношей и девушек составляет всего 3-4 мин/ в сутки, а умеренная и общая ФА – в среднем 60-70 мин. (табл. 3).

В целом, следует отметить, что локомо-

такие виды деятельности, как бег, ходьба с высокой скоростью, спортивные танцы, аэробика и др., вызывающие значительное учащение пульса, дыхания и обильное потоотделение (работа в зоне 50-75% аэробной мощности или 6-9 МЕ).

К умеренной ФА было отнесено большинство видов физического труда, прогулочная ходьба, физические упражнения с умеренным повышением частоты пульса, дыхания и незначительным потоотделением (работа в зоне 25-50% аэробной мощности или 3-6 МЭ). Нами установлено, что ЛА студентов зависит от температуры окружающего воздуха ($F(50,3655)=5,2171$, $p=0,00067$) и может быть описана уравнением линейной регрессии $Y=8856+66 \times X$, где Y – число шагов.

3. Изучение локомоторной активности с помощью акселерометров. Записи счетчика движений и энергозатрат испытуемых представлены на рис. 3.

Усредненные данные 24-часового измерения ФА в течение 7-ми суток подряд представлены на рис. 4. Данные свидетельствуют, что у женщин общие затраты энергии на процессы жизнедеятельности практически одинаковы на протяжении всех

Таблица 3

дней с тенденцией снижения к концу недели. Наиболее энергозатратными днями оказались понедельник и вторник, тогда как в воскресенье женщины данной выборочной совокупности продемонстрировали самую низкую ФА (466 ккал), как впрочем, и мужчины, у которых затраты на ФА составили 523 ккал. Но в недельном цикле активность мужчин была наибольшей со вторника по субботу, с максимумом в середине недели. Пониженная активность, в отличие от женщин, отмечена также в понедельник. В целом, как и ожидалось, ФА женщин ниже, чем у мужчин, но она почти одинакова на протяжении недели.

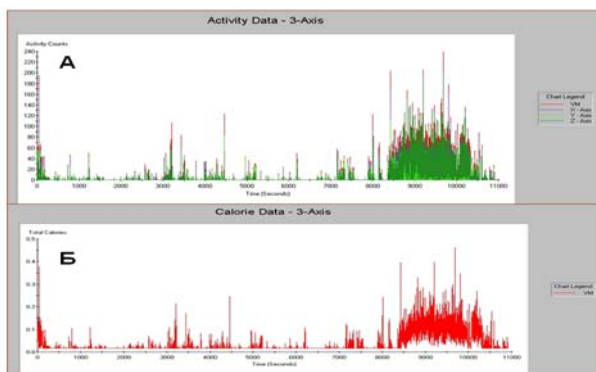


Рис. 3. Пример трехчасовой записи акселерометра RT3 у испытуемой А.С. К-вой (48 лет). А – показатели активности, отсчеты, Б – затраты энергии, ккал. На записи видно: с 0 по 8299 сек – передвижение по дому, с 8300 по 10600 секунды – ходьба на улице

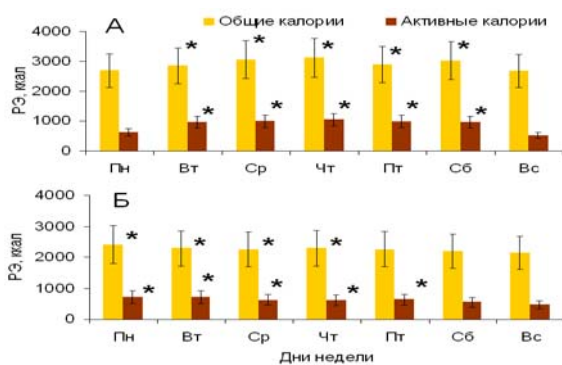


Рис. 4. Недельная динамика общих энергозатрат и затрат энергии на физическую активность по данным акселерометрического исследования. А – мужчины (n=55), Б – женщины (n=45). Вертикальные линии – 0,95 доверительный интервал. * – Достоверно по сравнению с данными воскресенья

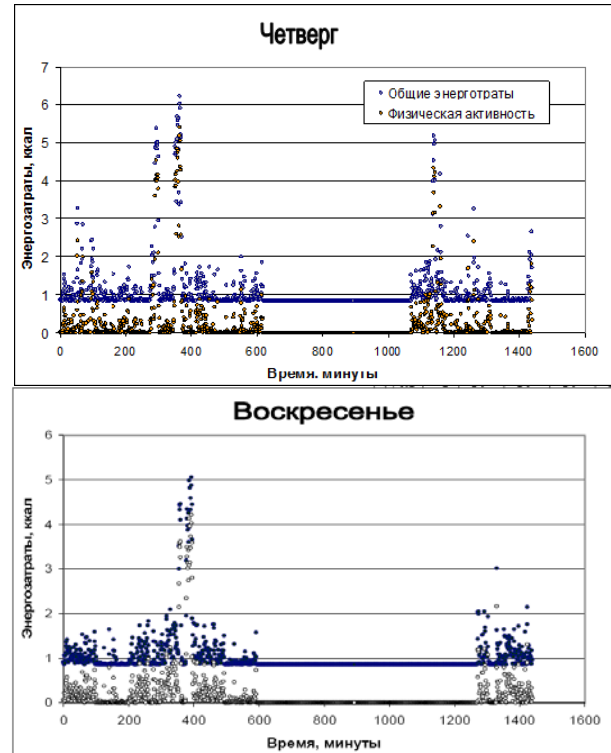


Рис. 5. Точечная диаграмма энергозатрат на поддержание жизнедеятельности (черные кружки) и физическую активность (белые кружки) В.А. П-вяк (46 лет) в середине и конце недели. Каждая точка сумма движений за одну минуту. Отчетливо видны фазы дневной активности и ночного сна

Анализ акселерограмм показал, что повседневная ФА представляет собой типичное поведение с хаотической динамикой. Несмотря на то, что люди стараются планировать свою деятельность, множество привходящих обстоятельств и неучтенных факторов окружающей среды и психической сферы личности, препятствуют осуществлению планов в намеченные сроки.

В этом смысле весьма интересны записи движений человека в течение суток и в недельном цикле. Мы приводим поминутную регистрацию общих энергозатрат человека в течение 1440 минут на поддержание жизнедеятельности и величину затрат на ФА в середине и в конце недели (рис. 5).

4. Оценка локомоторной активности с позиций теории хаоса и самоорганизации. При помощи методов системного анализа и синтеза исследована динамика поведения квазиаттракторов в 3-х мерном фазовом

пространстве показателей ФА (табл. 4).

тическую динамику поведения. При этом

Таблица 4

Динамика движения квазиаттракторов физической активности мужчин и женщин в 3-х мерном фазовом пространстве состояний в зависимости от дня недели

Дни недели	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс
Женщины (n=45)							
Vx (усл.ед.)	$1,2 \times 10^9$	$1,6 \times 10^9$	$0,9 \times 10^9$	$1,3 \times 10^9$	$1,1 \times 10^9$	$0,9 \times 10^9$	$0,6 \times 10^9$
Rx (усл.ед.)	216,7	1306,9	595,4	2281,9	1307,2	1298,4	1190,7
Z ₀ (усл. ед.)	208,2	541,1	111,7	425,5	1902,5	1217,6	
Мужчины (n=55)							
Vx (усл.ед.)	$1,5 \times 10^9$	$1,6 \times 10^9$	$3,4 \times 10^9$	$3,5 \times 10^9$	$3,6 \times 10^9$	$3,0 \times 10^9$	$2,4 \times 10^9$
Rx (усл.ед.)	1635,1	791,7	1360,0	917,3	377,0	424,8	3877,9
Z ₀ (усл. ед.)	3393,4	490,7	757,3	2150,2	424,3	4536,4	

Примечание: Vx – общий объем квазиаттрактора; гX – показатель асимметрии; Z₀ – расстояние между хаотическими центрами квазиаттракторов. Пн-Вс – дни недели

наибольшая степень хаотичности у женщин выявлена во вторник ($Vx=1,6 \times 10^9$ при $Rx=1306,9$) и четверг ($Vx=1,3 \times 10^9$ при $Rx=2281,9$). Наименьший уровень ФА у женщин наблюдается в среду ($Vx=0,9 \times 10^9$ при $Rx=595,4$) и воскресенье ($Vx=0,6 \times 10^9$ при $Rx=1190$). У мужчин наиболее выраженное хаотическое поведение, связанное с ФА, выявлено в среду ($Vx=3,4 \times 10^9$, при $Rx=1360$), четверг ($Vx=3,5 \times 10^9$, при $Rx=917,3$) и пятницу ($Vx=3,6 \times 10^9$ при $Rx=377,0$).

Наименее выраженное хаотичное поведение у мужчин установлено в понедельник ($Vx=1,5 \times 10^9$ при $Rx=1635,1$), вторник ($Vx=1,6 \times 10^9$ при $Rx=791,7$) и воскресенье ($Vx=2,4 \times 10^9$ при $Rx=3877,9$). В целом у мужчин наблюдается более хаотичный характер ФА по сравнению с женщинами.

На рис. 6 представлены объемы параллелепипедов, в которых движется квазиаттрактор показателей ФА исследуемых выборок. Легко видеть, что как у мужчин, так и у женщин размерность 3-х мерного фазового пространства в будний день (четверг) выше, чем в выходной день (воскресенье).

5. Обсуждение. Основным предназначением шагомера является сбор информации, касающейся ходьбы, этого наиболее распространенного вида ФА человека. Интерес к исследованию ходьбы и связанных с ней проблем по-прежнему достаточно высок потому, что ходьба была и до сих пор остается в России одним из самых популярных видов передвижения. И в США она опережает по распространенности многие другие виды ФА, в том числе, такие как ра-

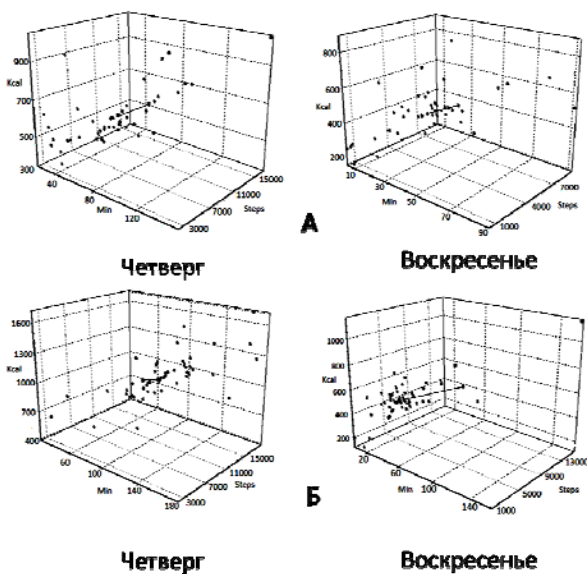


Рис. 6. Пример движения квазиаттрактора вектора состояния физической активности в 3-х мерном фазовом пространстве состояний: А – женщины, Б – мужчины в будний день и в воскресенье. По оси X – длительность ФА (мин), по оси Y – расход энергии (ккал), по оси Z – количество шагов за один день

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что ФА имеет хао-

бота на приусадебном участке, езда на велосипеде, бег трусцой, занятия атлетической гимнастикой, плаванием, танцами, баскетболом, теннисом, футболом, софтбо-лом, гольфом и боулингом. По данным многочисленных опросов ходьба является основным источником дополнительных энергозатрат человека в течение дня [6]. Она также оказывает благотворное влияние на здоровье, снижая риск сердечнососудистых заболеваний, ожирения, остеохондроза, диабета и рака прямой кишки. К тому же ходьба является официально рекомендованной формой ФА, осуществляемой с целью вторичной профилактики инфаркта миокарда. Заниматься оздоровительной ходьбой и бегом может каждый человек. Для этого не требуется дорогостоящего оборудования и снаряжения. Занятия ходьбой уходят корнями в национальную культуру многих народов, имеют солидную историю, теоретическое обоснование и развивающееся методическое обеспечение. Использование шагомеров следует рассматривать как неотъемлемую часть методического сопровождения регулярных занятий ходьбой как разновидности физических упражнений для здоровья.

Современный шагомер обеспечивает сравнительно недорогое, точное и объективное измерение физически активного поведения. В анкетных опросах различных категорий населения также неизменно содержатся вопросы, выясняющие сведения о том, как часто они совершают пешие прогулки, каково расстояние, которое проходят респонденты в течение дня. Однако беда в том, что одни люди не могут точно вспомнить пройденное расстояние, другие – не могут его правильно оценить. Все это снижает корректность проводимых опросов и диктует необходимость применения сравнительно точных и объективных приборов, подобных шагомеру и акселерометру.

Работать с шагомером довольно просто. В начале исследования нужно запрограммировать микропроцессор. Для этого необходимо ввести данные о поле, массе тела и длине шага пользователя. Затем про-

инструктировать участника как правильно закреплять шагомер на поясе. Испытуемый носит его в течение 7-ми дней. По окончании исследования шагомер открывается для снятия показаний за каждый день. Если шагомер не имеет опции записи данных в память за все 7 дней, испытуемых просят в течение всего периода исследования ежедневно записывать показания прибора в дневник. Для этого следует перед тем, как лечь спать, снять шагомер, записать его показания и обнулить данные. Утром снова повесить шагомер на пояс на прежнее место. Проблема в том, что испытуемые забывают своевременно повесить шагомер и записать показания. Для повышения ответственности участникам исследования необходимо давать четкие инструкции, а в ряде случаев попросту звонить на мобильные телефоны и напоминать о том, что следует делать. Такую практику использовали швейцарские и американские исследователи при сравнительном изучении ФА методом шагометрии и анкетного опроса и получили положительные результаты [8].

Валидность шагомера, т.е. точности, с которой измеряется количество шагов, пройденное расстояние и калорийность энергозатрат была изучена Д. Бассетом в лаборатории Университета штата Теннесси в 1996 году [6]. В результате определения точности измерения были обнаружены статистически значимые ($p < 0,05$) различия в показаниях шагомеров. Шагомеры Yamaх, Accusplit и Freestyle Pacer определили контрольное расстояние почти одинаково и гораздо точнее, чем другие марки. В качестве контроля пройденного расстояния за день, каждый участник эксперимента ($n=17$) катил перед собой измерительное колесо. Корреляция между показаниями шагомера и измерительного колеса оказалась очень высокой ($r=0,977$). Это свидетельствует, что шагомер может успешно применяться для оценки дневной ЛА человека. Проверку способности шагомера, измерять количество килокалорий, осуществили А. Rowlands и его коллеги в 2004 году [10]. Его показания сравнивали с показаниями косвенной калоримет-

рии. Показания энергозатрат шагомера оказались заниженными на 27% при скорости ходьбы в 3,2 км/час и на 7% при скорости ходьбы более 5 км/час. Таким образом, шагомер более точно измеряет величину энергозатрат при энергичной ходьбе, чем при ходьбе в прогулочном темпе. Исследование, проведенное в 2000 году по инициативе International Life Science Institute [14], показало, что величина энергозатрат по данным шагомера коррелирует с энергозатратами при различных видах деятельности, измеренных с помощью семидневного самоотчета ($r=0,493$) и дважды меченой воды. Однако оценить полную ФА, включая производственную, повседневную-бытовую, физкультурно-спортивную и другие шагомер не может. Установлено, что он почти на половину занижает величину затрат энергии при таких видах деятельности, как переноска, разгрузка, работа руками сидя.

В сравнительных исследованиях, проведенных Клаасом Вестертерпом из Маастрихтского университета в Голландии [15] не найдено статистически значимых различий между данными косвенной калориметрии и показателями акселерометра в процессе ходьбы как при использовании одноосевого, так и трехосевого приборов, помещенных на запястье, бедро или голень. «Сидячие действия» лучше отражаются с помощью трехосевого акселерометра, по сравнению с одноосевым. Высокая точность акселерометрии была подтверждена в сравнительных исследованиях на здоровых испытуемых при различных режимах ходьбы и бега [12], в сочетании с показаниями холтеровского мониторинга ЭКГ, у детей разного возраста и пациентов с заболеваниями артерий нижних конечностей. По сравнению с данными шагомера показатели акселерометрии оказались точнее в 6-13 раз, особенно у тучных людей. Акселерометры «RT3» и «Трастог» были проверены на надежность в процессе исследования энергозатрат в повседневных условиях жизни по сравнению с методом определения метаболизма с помощью дейтериевой воды. Самая высокая корреляция между показаниями акселерометра и ФА, сопровож-

дающейся расходом энергии, была найдена именно для голландского акселерометра «Трастог» и американского RT3. Анализ более чем 380 литературных источников, опубликованных в мире за последнее время по акселерометрии свидетельствует, что трехосевой акселерометр для регистрации движения – это объективный инструмент, который может использоваться для оценки различий в ФА между отдельными людьми и выявления эффектов вмешательств в ФА человека с целью ее коррекции на индивидуальном и популяционном уровнях.

Вопросам изучения количественных характеристик ФА людей разного возраста с помощью акселерометрии во взаимосвязи с определением расхода энергии при избыточной массе тела и различных воздействиях на организм с целью коррекции посвящено значительное число работ. Непрерывное ношение акселерометра на протяжении 1-7 суток с последующим анализом полученных данных, позволяет объективно оценить суточную и недельную динамику ФА и ее изменение в результате корригирующего воздействия. Весьма важно, что показания акселерометров калибруются в единицах основного обмена (1 MET = 1 ккал/мин) и классифицируются в зависимости от продолжительности суточной ФА по трем категориям – низкая (2-3,9 MET), умеренная (4-7 MET) и высокая (>7 MET) [6].

Примером того, как мониторы ФА могут использоваться для проверки результатов самоотчета, является работа Грегори Уэлка, в которой участники носили акселерометр RT3 в течение недели вплоть до завершения семидневного самоотчета о ФА. Данные, полученные от акселерометра, были синхронизированы со временем занятий физической культурой и другими видами деятельности, о которых участники сообщали в своих отчетах ежедневно в течение семи дней, для того, чтобы провести перекрестную проверку правильности самоотчетов. В результате была обнаружена высокая степень корреляции между показателями полной ФА по данным акселерометрии и семидневного самоотчета бюджета времени [14].

В последнее время появился ряд работ, в которых авторы вновь призывают вернуться к старым добрым (недорогим усовершенствованным 3-х осевым) шагомерам [13]. После критических замечаний о том, что недорогие, но уже гораздо более точные шагомеры (педометры) с электронной начинкой могут снова активно конкурировать с дорогими и весьма точными акселерометрами, можно высказать мнение о том, что в развитом обществе люди вправе выбирать средства контроля ФА в зависимости от поставленных задач и уровня доходов. Вместе с тем, для кого-то использование современных миниатюрных устройств, вроде акселерометра или электронного шагомера, может явиться серьезным внешним стимулом для повышения самоэффективности и приобщения к регулярным занятиям оздоровительной физической культурой. Для научных лабораторий и комплексных научных групп по видам спорта использование акселерометров для учета и анализа движений в сочетании с методами оперативной регистрации газообмена, максимального потребления кислорода просто обязательно. При этом необходимо учитывать хаотический характер повседневной ФА и использовать для более продуктивного анализа подходы на основе теории хаоса и самоорганизации.

Литература

1. Бальсевич В.К. Очерки по возрастной кинезиологии человека / В.К. Бальсевич.– М.: Советский спорт, 2009.– С. 57-63.
2. Пат. 2006613212 Россия. Программа идентификации параметров аттракторов поведения вектора состояния биосистем в m-мерном пространстве / Еськов В.М., Брагинский М.Я., Русак С.Н., Устименко А.А., Добрынин Ю.В. // Роспатент.– 2006.
3. Логинов С.И. Детерминанты физической активности: проблемы и подходы к изучению // Теория и практика физ. культ.– 2006.– № 7.– С. 55–58.
4. Логинов С.И., Басова О.Н., Гришина Л.Н., Гизатулина Л.В. Физическая активность человека как биосоциальная система с хаотической динамикой поведения // Информатика и системы управления.– 2009.– Т. 22, № 4.– С. 11–12.
5. Логинов С.И., Снигирев А.С., Мальков М.Н., Хисамова А.В. Физическая активность человека на Севере по данным шагометрического исследования // Экологический вестник Югории.– 2007.– Т. IV, № 4.– С. 52–60.
6. Bassett D.R. Validity and reliability issues in objective monitoring of physical activity // Res. Quart. Exerc. Sport.– 2000.– V. 71.– P. 30–36.
7. Buckworth J. et al. Exercise Psychology. Human Kinetics, 2013.– 544 p.
8. Dishman R.K., Jackson A.S., Bray M.S. Validity of processes of change in physical activity among college students in the TIGER study // Ann Behav Med. – 2010. – V 40, N2.– P. 164–175. doi:10.1007/s12160-010-9208-2.
9. Resnicow K., Vaughan R. A chaotic view of behavior change: a quantum leap for health promotion // International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity.– 2006.– N 3.– P. 25–24.
10. Rowlands A.V., Thomas P.W., Eston R.G., Topping R. Validation of the RT3 triaxial accelerometer for the assessment of physical activity // Med. Sci. Sports Exerc.– 2004.– V. 36, N 3.– P. 518–524.
11. Ryan R.M., Deci E.L. Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being // Am Psychol.– 2000.– V. 55.– P. 68–78.
12. Sumukadas D. Using the RT3 accelerometer to measure everyday activity in functionally impaired older people / D. Sumukadas, S. Laidlaw, M.D. Witham // Aging Clin. Exp. Res.– 2008.– V. 20, N 1.– P. 15–18.
13. Tudor-Locke C. et al. U.S. population profile of time-stamped accelerometer outputs: impact of wear time // J. Phys. Act. Health.– 2011.– V. 8, N 5.– P. 693–698.
14. Welk C.J., Blair C.N., Wood K. et al. A comparative evaluation of three accelerometer-based physical activity monitors // Med. Sci. Sports Exerc.– 2000.– V. 32.–

P. S489–S497.

15. Westerterp K.R. Assessment of physical activity level in relation to obesity: current evidence and research issues // *Med. Sci. Sports Exerc.*– 1999.– V. 31.– N 11.– P. S.522–S.555.

References

1. Bal'sevich VK. Ocherki po vozrastnoy kineziologii cheloveka. *Sovetskiy sport*; 2009:57-63. Russian.

2. Es'kov VM, Braginskiy MYa, Rusak SN, Ustimenko AA, Dobrynin YuV, inventors; Programma identifikatsii parametrov attraktorov povedeniya vektora sostoyaniya biosistem v m-mernom prostranstve. Russian Federation patent RU 2006613212. 2006. Russian.

3. Loginov SI. Determinanty fizicheskoy aktivnosti: problemy i podkhody k izucheniyu. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*. 2006;7:55-8. Russian.

4. Loginov SI, Basova ON, Grishina LN, Gizatulina LV. Fizicheskaya aktivnost' cheloveka kak biosotsial'naya sistema s khaoticheskoy dinamikoy povedeniya. *Informatika i sistemy upravleniya*. 2009;22(4):11-2. Russian.

5. Loginov SI, Snigirev AS, Mal'kov MN, Khisamova AV. Fizicheskaya aktivnost' cheloveka na Severe po dannym shagometricheskogo issledovaniya. *Ekologicheskiy vestnik Yugorii*. 2007;4(4):52-60. Russian.

6. Bassett DR. Validity and reliability issues in objective monitoring of physical activity. *Res. Quart. Exerc. Sport*. 2000;71:30-6.

7. Buckworth J. et al. *Exercise Psychology*. Human Kinetics; 2013

8. Dishman RK, Jackson AS, Bray MS. Validity of processes of change in physical activity among college students in the TIGER study. *Ann Behav Med*. 2010;40(2):164-75. doi:10.1007/s12160-010-9208-2.

9. Resnicow K, Vaughan R. A chaotic view of behavior change: a quantum leap for health promotion. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2006;3:24-5.

10. Rowlands AV, Thomas PW, Eston RG, Topping R. Validation of the RT3 triaxial accelerometer for the assessment of physical activity. *Med. Sci. Sports Exerc*. 2004;36(3): 518-24.

11. Ryan RM, Deci EL. Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *Am Psychol*. 2000;55:68-78.

12. Sumukadas D, Laidlaw S, Wi-tham MD. Using the RT3 accelerometer to measure everyday activity in functionally im-paired older people. *Aging Clin. Exp. Res*. 2008;20(1):15-8.

13. Tudor-Locke C et al. U.S. population profile of time-stamped accelerometer outputs: impact of wear time. *J. Phys. Act. Health*. 2011;8(5):693-8.

14. Welk CJ, Blair CN, Wood K et al. A comparative evaluation of three accelerometry-based physical activity monitors. *Med. Sci. Sports Exerc*. 2000;32:S489-97.

15. Westerterp KR. Assessment of physical activity level in relation to obesity: current evidence and research issues. *Med. Sci. Sports Exerc*. 1999;31(11):S.522-55.

DOI: 10.12737/3394

МЕТОДЫ ТЕОРИИ ХАОСА-САМООРГАНИЗАЦИИ В ПСИХОФИЗИОЛОГИИ

М.А.ФИЛАТОВ, Д.Ю. ФИЛАТОВА, Т.Ю. ПОСКИНА, Т.В.СТРЕЛЬЦОВА

ГБОУ ВПО «Сургутский государственный университет ХМАО-Югры», пр. Ленина, д.1, г.Сургут, Россия, 628412

Аннотация. Все постулаты Г. Хакена (1970-2013) принципиально перечеркивают де-