

ПРЕИМУЩЕСТВА И ОГРАНИЧЕНИЯ МЕТОДА АНАЛИЗА БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТКАНЕЙ В ОЦЕНКЕ ПРИЧИНЫ ЛИШНЕГО ВЕСА У ФУТБОЛИСТОВ

И. Понтага, Я. Жиденс

Латвийская академия спортивной педагогики, Рига, Латвия

Для связи с авторами: Inese.Pontaga@lspa.lv, Janis.Zidens@lspa.lv

Аннотация:

Цель данного исследования: доказать, что увеличенный индекс массы тела (ИМТ) у футболистов не всегда свидетельствует о лишнем весе, а может быть результатом гипертрофии скелетных мышц, что не ухудшает силовые и скоростные характеристики игрока.

Двадцать девять футболистов высокой квалификации добровольно приняли участие в исследовании. Антропометрические данные и состав массы тела измеряли при помощи метода анализа биоэлектрического сопротивления тканей Анализатором композиции массы тела. Высоту вертикальных прыжков определяли при помощи специальной платформы.

Достоверные корреляции определены между ИМТ и от жиров свободной массой тела (ЖСМТ) ($r=0,36$; $p<0,05$), а также между ИМТ и количеством жира в теле в % (КЖ) ($r=0,54$; $p<0,003$) у футболистов. Это доказывает, что причиной повышенного ИМТ может быть увеличение КЖ и гипертрофия скелетных мышц. Среднее значение ИМТ у футболистов соответствует норме ($23,4 \pm 1,4$ кг/м²). Корреляции между ИМТ или ЖСМТ и высотой вертикальных прыжков (прыжка после приседания – ПП и прыжка со свободными движениями рук – СДР) не достоверны ($p>0,05$). Это доказывает, что высоту вертикального прыжка невозможно предсказать при помощи значения ИМТ. Повышенная от жиров свободная масса тела, причиной которой является гипертрофия скелетных мышц, не ухудшает высоту прыжков. Взаимосвязь между КЖ и высотой вертикальных прыжков достоверная (для ПП: $r= -0,48$; $p<0,013$, для СДР: $r= -0,50$; $p<0,013$). Это означает, что увеличение КЖ является причиной понижения высоты вертикальных прыжков у футболистов.

Ключевые слова: индекс массы тела, метод анализа биоэлектрического сопротивления тканей, от жиров свободная масса тела, количество жира, футбол, вертикальный прыжок.

ADVANTAGES AND RESTRICTIONS OF BODY BIOELECTRICAL IMPEDANCE ANALYSIS METHOD FOR ESTIMATION OF OVERWEIGHT REASONS IN SOCCER PLAYERS

I. Pontaga, J. Zidens

Latvian academy of Sports Education, Riga, Latvia

Abstract:

The aim of the present investigation is to prove that an increased body mass index (BMI) in soccer players does not always give evidence about overweight or obesity, but may appear due to skeletal muscles hypertrophy, which does not worsen the players' strength and speed characteristics.

Twenty nine male well trained soccer players participated voluntarily in the investigation. The anthropometrical characteristics and the body mass composition are measured by the bioelectrical impedance analysis method using the Body Composition Analyzer. Vertical jumps heights are measured on a special platform. The significant correlations are determined between the BMI and the lean body mass (LM) ($r=0.36$, $p<0.05$) and between the BMI and the body fat content in % (BF) ($r=0.54$, $p<0.003$) in the soccer players. This proves that high BMI can be caused by growth of the BF and by skeletal muscles hypertrophy.

The mean BMI value was in norm in soccer players (23.4 ± 1.4 kg/m²). The correlations between the BMI or the LM and the height of vertical jumps (squat jump- SJ and counter-movement jump- CMJ) were none significant ($p>0.05$). This proves that the vertical jumps height is not possible to predict from the value of the BMI. Additional lean body mass due to skeletal muscles hypertrophy does not worsen height of vertical jumps. Relationships between the BF and jumps height were significant negative linear (for SJ: $r= -0.48$, $p<0.013$, for CMJ: $r= -0.50$, $p<0.013$). This means that increase of the BF is a reason of the decrease of vertical jump height in soccer players.

Key words: body mass index, body bioelectrical impedance analysis method, lean body mass, fat content, soccer, vertical jump.

ВВЕДЕНИЕ

Определение индекса массы тела (ИМТ) можно использовать как метод скрининга для диагностики повышенного веса и ожирения у детей, подростков и взрослых. ИМТ можно определить быстро и дешево. Вычисление индекса показано в уравнении [1]:

$ИМТ = m / h^2$; где: m – масса тела в кг, h – рост спортсмена в м.

ИМТ свидетельствует о повышенной массе тела у взрослых при значении от 25 до 29,9 кг/м², а при ожирении значение ИМТ превышает 30 кг/м² [2]. При определении норм ИМТ по таблицам не учитываются пропорции тела, а также состав массы тела спортсмена. В составе тела человека различные ткани. Больше всего в теле человека мышечной ткани (составляет 35-50% от веса тела), костной ткани и внутренних органов. Все эти ткани вместе формируют от жиров свободную массу тела (ЖСМТ). Эта часть тела обеспечивает все движения тела, производство силы и мощности. Другой вид ткани – это жировая ткань, формирует пассивную массу тела. В теле молодого мужчины в норме от 12 до 20% жировой ткани, а в теле молодой женщины в норме может быть 25-28% жира [1]. Величина индекса массы тела зависит не только от количества жира в теле человека, но также от мышечной и скелетной массы и даже от количества воды в теле спортсмена. Высокое значение ИМТ у спортсменов с развитыми скелетными мышцами может быть ошибочно оценено как повышенный вес. Это означает, что тренировка в определенных видах спорта вызывает повышение ИМТ [3]. Высокий ИМТ наблюдается у тяжелоатлетов, культуристов, гребцов, профессиональных футболистов и гандболистов и т.д. Например, средний индекс массы тела у семи футболистов, играющих в центре, в бывшей Национальной Лиге Супер-Кубка 31,9 кг/м², а средний ИМТ у всех игроков команды – 28,7 кг/м² [1]. Несмотря на это, количество жира у футболистов, играющих в центре, составляет 18% от массы тела, а в среднем у игроков команды – 12, 1%; учитывая только ИМТ, можно ошибочно прийти к выводу, что у игроков лишний вес. Сербские футболисты, играющие в командах первой лиги (высокой квалификации),

выше и тяжелее игроков третьей лиги (низшей квалификации) [4]. Состав массы тела футболистов (количество жира в процентах от массы тела и в кг, количество от жиров свободной массы тела) зависит от специфической роли футболиста во время игры: центрального игрока, вратаря, футболиста, играющий в защите или нападении и т.д. [5,6,7,8]. Количество жира в теле футболистов меняется в рубежах от 6,1% до 19,5% и зависит от задания футболиста во время игры, по данным Виттич А. и соавторов [9]. У центральных игроков количество жира значительно выше ($13,5 \pm 3,3\%$) по сравнению с футболистами, играющими в защите или нападении ($11,0 \pm 2,3\%$). Эти же авторы определили достоверную положительную корреляцию между возрастом футболиста и количеством жира в его теле. При сравнении с подростками и молодежью того же возраста из общей популяции молодые футболисты мужского пола (возраст 12-21 год) такого же веса, высшего роста, с низким значением ИМТ и количества жира в теле в процентах от массы [10].

Состав массы тела у спортсменов зависит от вида спорта, в котором они тренируются. ИМТ у баскетболистов отличается от его значения у футболистов. Например, средний ИМТ у баскетболистов Национальной лиги США в норме – только 24,5 кг/м² [1]. Высокий рост и большая от жиров свободная масса тела из-за гипертрофии скелетных мышц дают преимущество взрослым игрокам командного гандбола, поэтому во время последних 20-30 лет наблюдается повышение среднего роста и веса у игроков гандбола международного уровня [11,12].

Измерение состава массы тела является значительной частью оценки здоровья и физической работоспособности у различных популяций людей, а также у спортсменов. Методами критерия или прямыми методами определения состава массы тела являются денситометрия, компьютерная томография (КТ), метод ядерного магнитного резонанса (ЯМР) и метод рентгеновой абсорбциометрии двойной энергии (РАДЭ) [13]. Эти методы имеют высокую точность, но для их использования необходима дорогая, сложная аппаратура, которая до-

ступна только в больших клиниках. В связи с высокими дозами радиоактивного облучения частое обследование спортсменов отдельными из этих методов (КТ и РАДЭ) нежелательно. Все эти методы невозможно использовать в условиях стадиона и спортивного зала. Гидростатическое (подводное) взвешивание принято считать достоверным методом измерения количества жира в теле, но метод можно использовать только в лаборатории, потому что он не удобен для спортсменов [14].

Непрямые методы определения состава массы тела, включая антропометрию и метод анализа биоэлектрического сопротивления тканей (АБЭС), обеспечивают оценку показателей состава массы тела на базе взаимосвязей с результатами прямых методов критерия. Непрямые методы зависят от биологических взаимосвязей между данными количества составных компонентов массы тела, определенных прямыми методами критерия и распределением тканей в организме здоровых индивидов в норме [15]. В результате этого непрямые методы имеют выше ошибки предсказания состава массы тела, чем прямые методы измерения, на точность показателей влияет специфика определенной популяции и болезненные состояния [16].

Классические методы антропометрии определяют количество жира в организме при помощи измерения толщины складок кожи и окружностей тела. Эти методы дешевле и неинвазивные, но с целью уменьшения ошибок все измерения должен провести квалифицированный опытный человек. Антропометрия дает возможность оценить количество жировой ткани, но не позволяет прямо определить массу скелетных мышц. Измерение электрического сопротивления тканей в последнее время предлагается как альтернатива измерению толщины складок кожи. Оба метода удобны, но дают результаты, полученные на базе исследования популяции.

Метод анализа биоэлектрического сопротивления тканей (АБЭС) сравнительно простой и неинвазивный для определения состава массы тела, результаты достоверны, измерения можно сделать быстро, потому что этот метод широко используется в практике. Слабый переменный

электрический ток пропускается между двумя электродами. Мышцы и внутренние органы (от жиров свободные ткани тела) содержат много воды с большой концентрацией электролитов. Жировая ткань практически не содержит воду. Потому жировая ткань имеет намного большее электрическое сопротивление, чем мышечная ткань и внутренние органы. АБЭС дает возможность вычислить от жиров свободную массу тела и количество жира в теле в процентах по данным решения конференции в США [17]. Метод анализа биоэлектрического сопротивления тканей дает возможность определить состав массы тела по общему содержанию воды (ОСВ), от жиров свободной массы тела (ЖСМТ) и массы жировой ткани (ЖТ), измеряя электрическое сопротивление тела как проводника очень слабого переменного тока [18, 19]. Анализаторы биоэлектрического сопротивления тканей не измеряют биологические характеристики тела и не полагаются ни на какую-либо биофизическую модель, соответствующую ожирению. Только индекс сопротивления [рост (h) в квадрате, делен на электрическое сопротивление тела (R): (h^2/R) при частоте переменного тока, чаще всего, 50 кГц], пропорциональный общему объему воды является независимым коэффициентом в уравнениях регрессии предсказания состава массы тела [19, 20, 21]. В анализаторах биоэлектрического сопротивления тканей используются такие уравнения для описания статистических биологических взаимосвязей для определенной популяции населения, и как таковые эти уравнения можно использовать только для субъектов этого населения, которые соответствуют популяции по размерам и форме тела.

Маутхан Р.Я. [14] сравнил количество жира в теле 50 здоровых добровольцев, определенное тремя методами измерений: гидростатическим взвешиванием, измерением толщины складок кожи и определением электрического сопротивления тканей прибором (Бодистат 500 анализатор, Бодистат, Доуглас, Исле оф Ман). Среднее количество жира в теле по данным гидростатического взвешивания – $20,5 \pm 1,2$ %; по данным толщины складок кожи – $21,8 \pm 1,2$ %; по результатам АБЭС тканей – $20,8 \pm$

0,9 %. Результаты показывают, что корреляция между методами кожных складок и гидростатического взвешивания (0,931) более высокая, чем между АБЭС тканей и гидростатического взвешивания (0,830). В последние годы аппаратура АБЭС тканей стала более достоверной. Эрцег Д.Н. и соавторы [21] доказали, что среднее % количество жира, вычисленное по методу АБЭС тканей, достоверно не отличается от данных, полученных методом рентгеновой абсорбциометрии двойной энергии (РАДЭ) и методом гидростатического взвешивания. Хорошее соответствие между результатами, полученными методами АБЭС тканей и РАДЭ, доказано и другими авторами [22]. Количество жира, определенное методом АБЭС тканей, тесно связано с величиной ИМТ при диагностике ожирения у здоровых студентов колледжа в возрасте $21,1 \pm 1,7$ лет. Жировая масса тела (ЖМТ) и % количество жира (КЖ) было определено методом АБЭС тканей между руками (прибор Омрон БФ – 500 сет, Япония). Субъекты должны были голодать не менее пяти часов, не иметь тяжелой физической нагрузки 12 часов и не употреблять напитки с содержанием кофеина в течение 24 часов перед исследованием. Коэффициенты корреляции между значениями ИМТ и ЖМТ были 0,883 и 0,908, соответственно, у мужчин и женщин ($p < 0,001$). КЖ в процентах имело достоверную корреляцию с ИМТ как у мужчин, так и у женщин ($p < 0,001$) [23].

Одного универсального метода определения состава массы тела у людей с ожирением не существует [13]. Метод АБЭС тканей использован у людей с лишним весом только в отдельных исследованиях [24, 25], потому что уравнения метода АБЭС тканей непригодны для оценки состава массы тела у детей и взрослых с ожирением. Возможность диагностики ожирения методом АБЭС тканей ограничена из-за большего количества массы тела и объема воды, концентрированных в туловище, меньшего содержания воды в от жиров свободной массе тела и большего объема внеклеточной воды по отношению к внутриклеточной воде у людей с ожирением [24, 26]. Достоверность метода АБЭС тканей в определении состава массы тела сомнительна даже у индиви-

дов с нормальной массой тела. Метод АБЭС тканей можно использовать для средней оценки состава массы тела у группы индивидов, но большие ошибки измерений ограничивают использование этого метода для клинических измерений отдельных людей, особенно с ожирением. Большие ошибки измерений ограничивают использование метода АБЭС тканей также для оценки небольшого улучшения состава массы тела в результате лечения. Коммерчески доступные приборы АБЭС тканей популярны и широко используются в практике, но надо помнить о всех проблемах, связанных с методологией измерений. В последние годы опубликованы уравнения определения среднего состава массы тела у представителей белой и черной расы [27] и мексиканско-американских мужчин и женщин в возрасте от 12 до 90 лет [28]. Несмотря на это, использование уравнений не рекомендуется для отдельных людей или групп с ожирением тела.

Цель данного исследования: – доказать, что увеличенный индекс массы тела (ИМТ) у футболистов не всегда свидетельствует о лишнем весе, а может быть результатом гипертрофии скелетных мышц, что не ухудшает силовые и скоростные характеристики игрока.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Двадцать девять профессиональных футболистов мужского пола из команды «Сконто» (Рига) добровольно приняли участие в исследовании. Средний возраст игроков был $23,6 \pm 5,1$ лет. Тренировочный стаж в футболе был от 12 до 15 лет, тренировки проводились пять раз в неделю два раза в день, в конце каждой недели футболисты принимали участие в соревнованиях. Исследование проводилось в соответствии со стандартами Комитета этики Латвийского научного совета. Все измерения спортсменов проводились в лаборатории Латвийской олимпийской команды. Во время измерений соблюдались стандартные условия внешней среды: температура воздуха в помещении была $22^\circ \pm 2^\circ$ С, измерения проводились примерно через два часа после еды и через 30 минут после опускания мочи. Состав массы тела футболистов измеряли

при помощи метода определения биоэлектрического сопротивления тканей тела, использовали Анализатор состава массы тела «Х – Скан Плюс» (Явон Медикал, Корея). Во время измерения каждый спортсмен должен был стоять прямо на платформе прибора. Вес всех футболистов измерили при помощи весов, встроенных внутри Анализатора состава массы тела (АСМТ). Рост измерили при помощи ультразвукового устройства (УХМ – 101), тоже в составе АСМТ. Состав массы тела спортсменов определили при измерении электрического сопротивления тканей к слабому переменному току (сила тока была примерно 180 микроампер - μA ; частота тока – мультисигментная в ранге частот 1, 5, 50, 250, 550, 1000 Гц). Ток шел между четырьмя электродами (тетра-полярный метод): два электрода находились под подошвами спортсмена, а остальные два электрода он держал в руках. Продолжительность измерения – примерно одна минута. Полученные данные автоматически обрабатывались по формуле состава массы тела Др. Лукасаки [17], в состав формулы входили рост, вес, пол, возраст и электрическое сопротивление тканей тела каждого спортсмена. При помощи Анализатора состава массы тела измерили и вычислили характеристики: вес тела, рост спортсмена, индекс массы тела, от жиров свободную массу тела и количество жира в теле в процентах от общего веса. Ошибка измерений аппаратуры была $\pm 4\%$.

Высоту вертикальных прыжков измеряли при помощи специальной платформы (ПА.3А, Москва, Россия). Перед прыжками спортсмены провели разминку длительностью 15 минут. Измеряли высоту двух видов прыжков с начальной позиции стоя на платформе: 1) с приседанием перед прыжком (ПП), спортсмен должен был сделать приседание перед прыжком до сгибания коленного сустава до прямого угла – примерно до 90° , и руками на бедрах; 2) с приседанием и свободными движениями рук перед прыжком (СДР), спортсмен должен был сделать приседание перед прыжком до сгибания коленного сустава до прямого угла – примерно до 90° , и исполнить свободные движения руками во время прыж-

ка. Каждый вид прыжков повторяли пять раз, приняли в счет лучшее повторение каждого вида прыжков (ПП и СДР).

Вычислили средние значения и стандартные отклонения для всех характеристик футболистов. Определили взаимосвязи между индексом массы тела (ИМТ), от жиров свободной массы тела, количеством жира в теле и высотой обоих видов вертикальных прыжков (ПП и СДР) при помощи корреляционного и регрессионного анализа. Взаимосвязи приняты за статистически достоверные при $p < 0,05$. Для статистической обработки данных использовали стандартный пакет программ „Microsoft Excel 2007”.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Антропометрические характеристики футболистов: средний рост выше 180 см ($183,7 \pm 7,3$ см), средняя масса тела близка к 80 кг ($79,3 \pm 8,0$ кг), среднее значение индекса массы тела соответствует норме ($23,4 \pm 1,4$ кг/м²). Только у пяти игроков ИМТ был больше 25 кг/м², что можно принять за повышенный вес тела.

Анализ состава массы тела при помощи измерения биоэлектрического сопротивления тканей организма дает нам возможность оценить причины повышения ИМТ у футболистов. Количество жира в теле футболистов близко к верхней границе нормы для мужчин ($18,4 \pm 3,7\%$). Средняя от жиров свободная масса тела – $64,6 \pm 6,1$ кг. Количество жира в теле превышает 20% массы спортсмена у восьми игроков, но повышенное значение ИМТ имеют только трое из них. У пяти футболистов ИМТ в норме, а количество жира в теле немного повышено – 21-22%.

Между индексом массы тела и от жиров свободной массой тела (ЖСМТ) определена статистически достоверная взаимосвязь (коэффициент корреляции $r = 0,36$; $p < 0,05$), уравнение (1), рисунок 1. Это подтверждает, что увеличение значения ИМТ можно объяснить ростом массы скелетных мышц.

$$\text{ЖСМТ(кг)} = 26,57 + 1,62 \text{ ИМТ } \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} \quad (1)$$

где: $r = 0,36$; стандартная ошибка уравнения регрессии $S_{xy} = 5,70$ кг; $p < 0,05$.

Похожая статистически достоверная взаимосвязь определена между индексом массы тела и количеством жира в теле в % от массы (КЖ) ($r = 0,54$; $p < 0,003$), уравнение (2), рисунок 2. Так, что повышение ИМТ зависит от увеличения количества жира в организме.

$$\text{КЖ}(\%) = 1,45 \text{ ИМТ} \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} - 15,55 \quad (2),$$

где: $r = 0,54$; $S_{xy} = 3,13 \text{ кг}$; $p < 0,003$.

У футболистов корреляция между величиной индекса массы тела и высотой прыжка с пред-

дущим приседанием перед ним (ПП) статистически недостоверна ($p > 0,05$), также недостоверна и корреляция между величиной ИМТ и высотой прыжка с приседанием и свободными движениями рук (СДР) ($p > 0,05$).

Корреляция между от жира свободной массы тела и высотой обоих видов (ППР и СДР) вертикальных прыжков тоже статистически недостоверна ($p > 0,05$). Это доказывает, что высота вертикальных прыжков не ухудшается

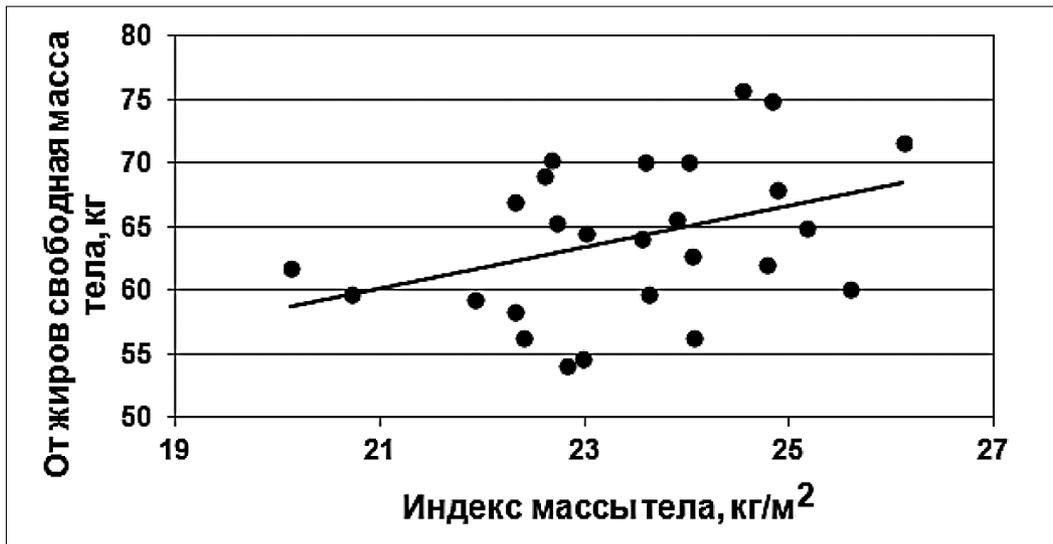


Рисунок 1 – Взаимосвязь между индексом массы тела (ИМТ) и от жира свободной массой тела (ЖСМТ) у футболистов ($r = 0,36$; $p < 0,05$)



Рисунок 2 – Взаимосвязь между индексом массы тела (ИМТ) и количеством жира в % (КЖ) в теле футболистов ($r = 0,54$; $p < 0,003$)

с ростом массы скелетных мышц футболистов (основной части от жиров свободной массы тела).

Взаимосвязь между количеством жира в процентах от массы тела и высотой прыжка после приседания линейная, обратно пропорциональная, рисунок 3 и уравнение (3).

$$\text{ПП(см)} - 59,62 - 0,70 \text{ КЖ (\%)} \quad (3),$$

где: $r = -0,48$; стандартная ошибка уравнения регрессии $S_{xy} = 4,74 \text{ см}$; $p < 0,013$.

Также и взаимосвязь между количеством жира в процентах от массы тела и высотой прыжка после приседания и со свободными движениями рук линейная, обратно пропорциональная, уравнение (4). Это означает, что увеличение количества жира в теле спортсмена является причиной понижения высоты вертикальных прыжков у футболистов.

$$\text{СДР(см)} - 73,69 - 0,91 \text{ КЖ (\%)} \quad (4),$$

где: $r = -0,50$; $S_{xy} = 5,70 \text{ см}$; $p < 0,013$.

Наше мнение о том, что индекс массы тела у спортсменов надо оценивать с осторожностью, совпадает с данными других авторов [3, 7, 9]. Большое значение ИМТ может быть принято за повышенный вес тела у спортсменов с гипертрофией скелетных мышц потому, что ИМТ зависит не только от количества жира в

теле, но также и от мышечной массы. По нашим данным, у футболистов определена достоверная положительная корреляция между индексом массы тела и от жиров свободной массой тела ($r = 0,36$; $p < 0,05$), а также между ИМТ и количеством жира в теле в % ($r = 0,54$; $p < 0,003$). Это доказывает, что в определении величины ИМТ у футболистов значительна масса скелетных мышц и количество жира в теле. Среднее значение ИМТ у футболистов – $23,4 \pm 1,4 \text{ кг/м}^2$ – соответствует норме, а по нашим предыдущим данным, у гандболистов средний ИМТ соответствует верхней границе нормы у игроков одной команды ($24,2 \pm 1,7 \text{ кг/м}^2$), и даже превышает норму ($25,1 \pm 2,9 \text{ кг/м}^2$) – у игроков другой команды [12]. Среднее количество жира в теле гандболистов соответствует норме ($13,6 \pm 2,8 \%$), а мышечная масса у игроков большая.

Количество жира в организме определяется врожденными факторами: игроки некавказского происхождения имеют значительно меньшее количество жира в теле ($9,2 \pm 2,0\%$), чем футболисты кавказского происхождения ($10,7 \pm 1,8 \%$) [9]. Состав массы тела футболистов зависит от их специфической роли во время игры (вратарь, играющий в защите или нападении, центрровой игрок и т.д.) [5, 6, 7, 8]. Цен-

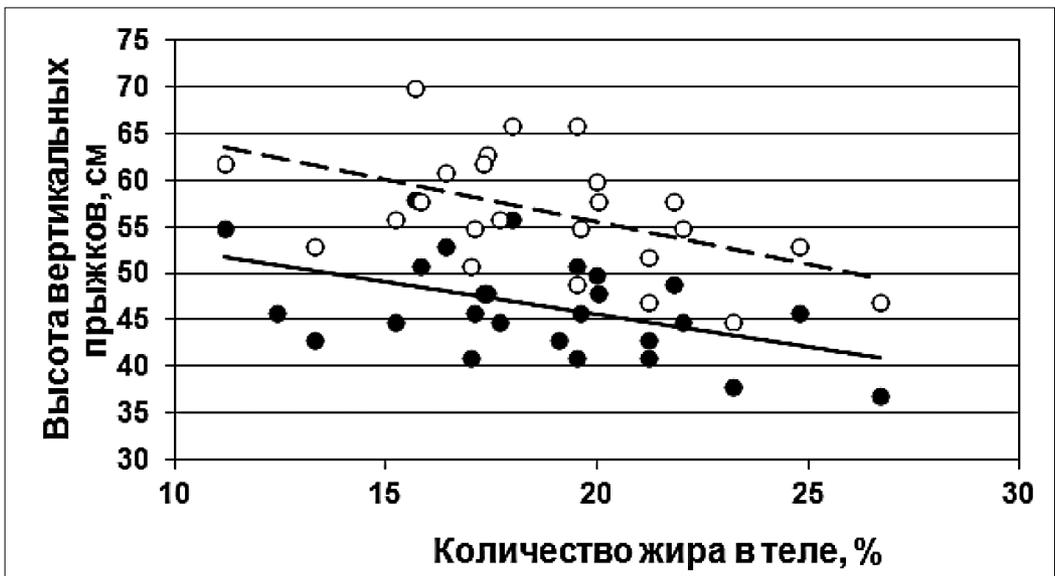


Рисунок 3 – Взаимосвязь между количеством жира (КЖ) в теле футболистов и высотой вертикальных прыжков линейная, обратно пропорциональная: для прыжка с предыдущим приседанием (ПП) (●) (коэффициент корреляции $r = -0,48$; $p > 0,0013$); прыжка с предыдущим приседанием и свободными движениями рук (СДР) (○) ($r = -0,50$; $p > 0,0013$)

тровые игроки имеют значительно большее количество жира (в процентах от массы тела) по сравнению с игроками в защите и нападении [10]. У латвийских футболистов высокой квалификации среднее значение индекса массы тела в норме ($23,4 \pm 1,4 \text{ кг/м}^2$), а количество жира в теле близко к верхней границе нормы ($18,4 \pm 3,7 \%$). Это можно объяснить молодым возрастом наших футболистов ($23,6 \pm 5,1$ года) по сравнению с элитарными игроками международного уровня, потому что определена достоверная положительная корреляция между возрастом футболистов и количеством жира в организме [9].

По нашим данным, не найдена статистически достоверная корреляция между величиной ИМТ и высотой вертикальных прыжков (с приседанием перед прыжком, а также с приседанием и свободными движениями рук) у футболистов высокой квалификации ($p > 0,05$), что совпадает с нашими предыдущими результатами, определенными на гандболистах и футболистах различных команд [12]. Это означает, что высоту прыжка невозможно предсказать по величине ИМТ. Главной причиной повышения ИМТ является гипертрофия скелетных мышц, которая образовалась в результате регулярных спортивных тренировок в продолжение многих лет. Это обеспечивает одинаковую высоту вертикальных прыжков у спортсменов с меньшей или большей массой тела. Взаимосвязи между количеством жира в теле футболистов и высотой прыжков достоверные, обратно пропорциональные. Это доказывает, что повышение веса футболистов из-за увеличения количества жира в теле уменьшает способность спортсменов исполнять прыжки, поэтому футболисты должны избегать лишнего веса.

Хотя в среде ученых существует определенный скептицизм по отношению к использованию метода АБЭС (анализа биоэлектрического сопротивления) тканей тела у спортсменов, этот метод достаточно точен для субъектов с нормальным весом тела, особенно в области спортивной медицины как дополнение к достоверным традиционным методам антропометрии, пригодным для оценки физической формы спортсменов. Метод имеет небольшие

и систематические ошибки измерения. Например, Ким Х. и соавторы [29] сравнили % количество жира в теле, определенное прямым методом рентгеновой абсорбциометрии двойной энергии (РАДЭ) и методом АБЭС тканей тела с использованием восьми электродов у 174 здоровых взрослых корейцев. Различия между количеством жира, определенное методом АБЭС тканей тела и РАДЭ, небольшое, но статистически достоверное ($p < 0,05$), что проявляется как переоценка количества жира у мужчин на $1,2 \pm 2,2\%$ и недооценка КЖ у женщин на $2,0 \pm 2,4\%$ методом АБЭС тканей. Доказано, что метод АБЭС тканей с использованием восьми электродов имеет небольшие, но систематические ошибки в определении индивидуального % количества жира в теле людей. Общие ошибки приводят к переоценке % КЖ у худых мужчин и недооценки % КЖ у толстых женщин. Потому результаты определения состава массы тела у элитарных спортсменов методом АБЭС тканей тела надо оценивать с осторожностью, особенно у отдельных субъектов с выраженной гипертрофией скелетных мышц или высоким количеством жира в теле. Несмотря на все, написанное о методе АБЭС тканей тела, он пригоден для различения гипертрофии мышц от ожирения у футболистов высокой квалификации. По нашим данным: значение ИМТ выше 25 кг/м^2 , которое может быть принято за повышенный вес, определено у пяти футболистов, а повышенное количество жира (более 20 % от веса тела) найдено только у трех из них. Таким образом, анализ состава массы тела методом анализа биоэлектрического сопротивления тканей тела позволяет нам определить главные причины повышения ИМТ у футболистов.

Состав массы тела и его вариации во время сезона соревнований могут повлиять на работоспособность футболистов. Векторный анализ биоэлектрического сопротивления тканей тела дает возможность оценить сезонные вариации состава массы тела у футболистов высокой квалификации, как минимум, вариации состава мягких тканей (массы и содержания воды в них) [30]. Потому метод АБЭС тканей тела пригоден как метод скрининга для определения состава массы тела у футболи-

стов во время длительного времени наблюдений. Если количество жира в теле спортсмена повышается, то есть возможность уменьшить КЖ при помощи физических упражнений и специальной диеты.

ВЫВОДЫ

1. У футболистов определена статистически достоверная корреляция между величиной индекса массы тела и от жиров свободной массой тела ($r = 0,36$; $p < 0,05$), а также между величиной ИМТ и % количества жира в теле ($r = 0,54$; $p < 0,003$). Это доказывает, что причиной повышенного индекса массы тела может быть увеличение количества жира и увеличение массы скелетных мышц (гипертрофия мышц).
2. У футболистов высокой квалификации среднее значение индекса массы тела ($23,4 \pm 1,4 \text{ кг/м}^2$) соответствует норме, а количество жира в теле ($18,4 \pm 3,7 \%$) близко к верхней границе нормы. ИМТ превышает 25 кг/м^2 у пяти футболистов, но только у трех из них определенное количество жира в теле выше нормы (20 %). Потому метод анализа биоэлек-

трического сопротивления тканей тела дает возможность отличить увеличение массы скелетных мышц от ожирения у футболистов.

3. Корреляции между величиной индекса массы тела или от жиров свободной массой тела и высотой вертикальных прыжков (с приседанием перед прыжком, а также с приседанием и свободными движениями рук) у футболистов статистически недостоверны ($p > 0,05$). Это доказывает, что высоту вертикальных прыжков невозможно предсказать по величине индекса массы тела. Дополнительная от жиров свободная масса тела, вызванная гипертрофией скелетных мышц, не ухудшает высоту вертикальных прыжков.
4. Взаимосвязи между % количеством жира в теле футболистов и высотой прыжков достоверные, обратно пропорциональные (для прыжка после приседания: $r = -0,48$; $p < 0,013$, а для прыжка после приседания и со свободными движениями рук: $r = -0,50$; $p < 0,013$). Это означает, что увеличение количества жира в теле является причиной ухудшения высоты вертикальных прыжков у футболистов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мцардле, В. Д. Композиция тела: компоненты, оценка, и вариации между людьми / В. Д. Мцардле, Ф. И. Катч, В. Л. Катч / В. Джонсон, Е. (ред.) // Основы спортивной физиологии. – Липпинкот Виллиамс и Вилкинс, США, 2000. – С. 500-527.
2. Матхевс, Е. М. Распространение лишнего веса и ожирения у игроков колледжа в американский футбол в зависимости от позиции / Е. М. Матхевс, Д. Р. Вагнер // Журнал американского колледжа здравоохранения. – 2008. – Том 57 (№ 1). – С. 33-38.
3. Оде, Дж. Дж. Индекс массы тела как предсказатель процента жира в теле спортсменов и неспортсменов колледжа / Дж. Дж. Оде, Дж. М. Пиварник, М. Дж. Реевес, Дж. Л. Кноус // Медицина и наука в спорте и упражнениях. – 2007. – Том 39 (№ 3). – С. 403-409.
4. Остоиц, С. М., Элитарные и неэлитарные футболисты: досезонные физические и физиологические характеристики / С. М. Остоиц // Исследования в спортивной медицине. – 2004. – Том 12 – С. 143-150.
5. Карлинг, К. Вариации композиции тела у профессиональных футболистов: изменения между сезонами и во время сезона, и влияние времени воздействия и позиции игрока / К. Карлинг, Е. Орхант // Журнал исследования силы и кондиции. – 2010. – Том 24. – С. 1332-1339.
6. Хазир, Т. Физические характеристики и соматотипы футболистов в зависимости от квалификации и позиции / Т. Хазир // Журнал кинетики человека. – 2010. – Том 26. – С. 83-95.
7. Мелцхиори, Г. Измерение массы клеток тела при помощи спектроскопии биоэлектрического сопротивления у профессиональных футболистов / Г. Мелцхиори, Г. Монтелеоне, А. Андреоли, К. Калла, М. Сгрои, А. Де Лорензо // Журнал спортивной медицины и физического фитнеса. – 2007. – Том 47. – С. 408-412.
8. Суттон, Л. Композиция тела у английских футболистов высшей лиги: влияние позиции игрока, международный статус и этническое происхождение / Л. Суттон, М. Скот, Дж. Валлаце, Т. Реили // Журнал спортивной науки. – 2009. – Том 27 (№ 10). – С. 1019-1026.
9. Виттич, А. Композиция тела профессиональных футболистов, определенная методом рентгеновой абсорбциометрии двойной энергии / А. Виттич, Б. Оливери, Е. Ротемберг, Ц. Маутален // Журнал клинической денситометрии. – 2001. – Том 4. – С. 51-55.
10. Николаидис, П. Т. Физические свойства и композиция тела у футболистов в возрасте подростков / П. Т. Николаидис, Н. В. Карыдис // Журнал спортивной медицины Азии. – 2011. – Том 2 (№ 2). – С. 75-82.
11. Горостиага, Е. М. Различия физической работоспособности и скорости броска между элитарными и любительскими гандболистами мужского пола / Е. М. Горостиага, Ц. Гранадос, Лж. Ибанез, М. Изкуердо // Международный журнал спортивной медицины. – 2005. – Том 26. – С. 225-232.
12. Понтага, И. Оценка индекса массы тела у игроков командных спортивных игр / И. Понтага, Я. Жиденс // Журнал спортивной науки ЛАСП. – 2011. – Том 2 (№ 2). – С. 33-44.
13. Дурен, Д. Л. Методы определения композиции тела : сравнение и интерпретация / Д. Л. Дурен, Р. Дж. Шер-

- вуд, С.А. Червинский, М. Лее, А.Ц. Шох, Р.М. Сиервогел, В.Ц. Шумлеа // Журнал о науке диабета и технологии. – 2008. – Том 2 (№ 6). – С.1139-1148.
14. Маугхан, Р. Дж. Исследование анализатора биоэлектрического сопротивления для оценки количества жира в теле / Р. Дж. Маугхан // Британский журнал спортивной медицины. – 1993. – Том 27 (№ 1). – С. 63-66.
 15. Шумлеа, В. М., Гуо, С. С. Оценка и распространение ожирения: использование новых методов для огромной проблемы / В. М. Шумлеа, С.С. Гуо // Эндокринология. – 2000. – Том 13 (№ 2). – С. 135-142.
 16. Метод анализа биоэлектрического сопротивления тканей в измерении композиции тела : постановление конференции Национального института технологий здоровья // Американский журнал клинического питания. – 1996. – Том 64 (Дополнение). – С. 524С-532.
 17. Лукасаки, Х. Ц. Определение от жиров свободной массы тела человека при помощи измерений биоэлектрического сопротивления / Х. Ц. Лукасаки, П. Е. Джонсон, В. В. Болончук, Г. И Дуккен // Американский журнал клинического питания. – 1985. – Том 41 (№ 4). – С. 810-817.
 18. Баумгартнер, Р. Н. Биоэлектрическое сопротивление для определения композиции тела / Р. Н. Баумгартнер, В. Ц. Шумлеа, А. Ф. Роше / В Пандолф, К.Б. (ред.) // Обзоры упражнений и спортивной науки. - Нью-Йорк : МацМиллан. – 1990. – С. 193-224.
 19. Шумлеа, В. Ц. Анализа биоэлектрического сопротивления / В. Ц. Шумлеа, С. С. Сун // В Хеумсфилд, С. Б., Лохман, Т. Г., Ванг, З., Гоинг, С. Б. (ред.) Композиция тела человека. Шампаигн, ИЛ : Книги Кинетики человека. – 2005. – С. 4 – 6.
 20. Сун, С. С. Статистические методы для разработки и проверки уравнений предсказания композиции тела / С. С. Сун, В. Ц. Шумлеа // В Хеумсфилд, С.Б., Лохман, Т.Г. (ред.). – Композиция тела человека. Шампаигн, ИЛ : Книги Кинетики человека. – 2005.
 21. Эрцег, Д. Н. Анализатор биоэлектрического сопротивления тканей Стаухеалтхи предсказывает количество жира в теле детей и взрослых / Д. Эрцег Н., Ц. М. Диели-Конвригхт, А. Е. Россуелло, Н. Е. Дженску, С. Сун, Е. Т. Шхроедер // Исследование питания. – 2010. – Том 30. – С. 297-304.
 22. Гупта, Н. Сравнение композиции тела у китайцев в Сингапуре, определенной методом биоэлектрического сопротивления (БЭС) и методом рентгеновой абсорбциометрии двойной энергии (РАДЭ) / Н. Гупта, Г. Баласекаран, В. Говиндасвами, Ц. У. Хва, Л. М. Шун // Журнал науки и медицины в спорте. – 2011. – Том 14 (№ 1). – С. 33-35.
 23. Хеудари, С. Т., Ауатоллахи, С. И. Т., Харе, Н. Диагностическое значение анализа биоэлектрического сопротивления ткани по сравнению с индексом массы тела в определении ожирения у студентов / С. Т. Хеудари, С. И. Т. Ауатоллахи, Н. Харе // Журнал спортивной медицины Азии. – 2011. – Том 2 (№ 2). – С. 68-74.
 24. Грей, Д. С., Бреу, Г. А., Гемауел, Н., Каплан, К. Влияние ожирения на показатели биоэлектрического сопротивления / Д. С. Грей, Г. А. Бреу, Н. Гемауел, К. Каплан // Американский журнал клинического питания. – 1989. – Том 50 (№ 2). – С. 225-260.
 25. Кушнер, Р. Ф. Достоверность метода анализа биоэлектрического сопротивления для измерения изменений композиции тела у людей с ожирением / Р. Ф. Кушнер, А. Куник, М. Алспаугх, Ц. А. Андронис, П. Т. Леитч, Д. А. Шхоеллер // Американский журнал клинического питания. – 1990. – Том 52 (№ 2). – С. 219-223.
 26. Шумлеа, В. Ц. Оценка композиции тела у людей с ожирением / В. Ц. Шумлеа / В Бреу, Г.А., Рван, Д.Х. (ред.) // Лишний вес и метаболический синдром : со стула в постель. – Нью-Йорк : Спрингер. – 2006. – С. 23-35.
 27. Сун, С. С. Разработка уравнений предсказания композиции тела методом анализа биоэлектрического сопротивления тела с использованием многокомпонентной модели на основе эпидемиологических обследований / С. С. Сун, В. Ц. Шумлеа, С. В. Хеумсфилд, Х. Ц. Лукасаки, Д. Шхоеллер, К. Фриедл, Р. Дж. Кучмарски, К. М. Флегал, Ц. Л. Джонсон, В. С. Хуббард // Американский журнал клинического питания. – 2003. – Том 77 (№ 2). – С. 331-340.
 28. Шумлеа, В. Ц. Оценка композиции тела по данным биоэлектрического сопротивления НХАНЕС III / В. Ц. Шумлеа, С. С. Гуо, Р. Дж. Кучмарски, К. М. Флегал, Ц. Л. Джонсон, С. В. Хеумсфилд, Х. Ц. Лукасаки, К. Фриедл, В. С. Хуббард // Международный журнал ожирения и с ним связанных метаболических расстройств. – 2002. – Том 26 (№ 12). – С. 1596-1609.
 29. Ким, Х. Наружная достоверность анализа биоэлектрического сопротивления для оценки композиции тела взрослых корейцев / Ц. Х. Ким, Д. В. Ким, М. Парк, Х. С. Парк, С. С. Мин, С. Х. Хан, Дж. У. Уе, С. Чунг, Ц. Ким // Исследование питания и практика. – 2011. – Том 5 (№ 3) – С. 246-252.
 30. Бонучелли, А. Векторный анализ биоэлектрического сопротивления (ВАБЭС) в оценке сезонных вариаций композиции тела у элитарных футболистов / А Бонучелли, Ф., Марзатико, Г. Тесина, Л. Стефанини, Д. Буонокоре, С Ручи, Ф.Тенконе, Л. Гаттешхи, Ф. Ангелини // Журнал международного общества спортивного питания. – 2011. – Том 8 (Дополнение). – С. 37.

BIBLIOGRAPHY

1. McArdle, W. D., Katch, F. I., Katch, V. L. Body composition: components, assessment, and human variability // In: Johnson, E. (ed.), Essentials of Exercise Physiology. Lippincott Williams and Wilkins, USA. – 2000, P. 500-527.
2. Mathews, E. M., Wagner, D. R. Prevalence of overweight and obesity in collegiate American football players by position// Journal of American College of Health. – 2008. – Vol. 57.(No.1.). – P. 33-38.
3. Ode, J. J., Pivarnik, J. M., Reeves, M. J. Knous, J. L. Body mass index as a predictor of percent fat in college athletes and nonathletes // Medicine and Science in Sports and Exercis. – 2007. – Vol.39.(No.3.). – P.403-409.
4. Ostojic, S. M. Elite and nonelite soccer players: preseasonal physical and physiological characteristics // Research in Sports Medicine. – 2004. – Vol.12. – P.143-150.
5. Carling, C., Orhant, E. Variation in body composition in professional soccer players: interseasonal and intraseasonal changes and the effects of exposure time and player position// Journal of Strength and Conditioning Research. – 2010. – Vol.24. – P.1352-1339.
6. Hazir, T. Physical characteristics and somatotype of soccer players according to playing level and position //

- Journal of Human Kinetics. – 2010. – Vol.26. – P.83-95.
7. Melchiorri, G., Monteleone, G., Andreoli, A., Calla, C., Sgroi, M., De Lorenzo, A. Body cell mass measured by bioelectrical impedance spectroscopy in professional football (soccer) players // Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. – 2007. – Vol.47. – P.408 – 412.
 8. Sutton, L., Scott, M., Wallace J, Reilly, T. Body composition of English Premier League soccer players: Influence of playing position, international status, and ethnicity // Journal of Sports Sciences. – 2009. – Vol.27.(No.10). – P. 1019 – 1026.
 9. Wittich, A., Oliveri, B., Rotemberg, E., Mautalen, C. Body composition of professional football (soccer) players determined by dual X – ray absorptiometry // Journal of Clinical Densitometry. – 2001. – Vol.4. – P. 51-55.
 10. Nikolaidis, P. T., Karydis, N. V. Physique and body composition in soccer players across adolescence // Asian Journal of Sports Medicine. – 2011. – Vol. 2. (No.2). – P. 75-82.
 11. Gorostiaga, E. M., Granados, C., Ibanez, J., Izquierdo, M. Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players // International Journal of Sports Medicine. – 2005. – Vol.26. – P.225-232.
 12. Pontaga, I., Zidens, J. Estimation of body mass index in team sports athletes // LASE Journal of Sport Science. – 2011. – Vol.2. (No.2). – P. 33-44.
 13. Duren, D. L., Sherwood, R. J., Czerwinski, S. A., Lee, M., Choh, A. C., Siervogel, R. M., Chumlea, W. C. Body Composition Methods: Comparisons and Interpretation // Journal of Diabetes Science and Technology. – 2008. – Vol.2. (No.6.). – P.1139-1148.
 14. Maughan, R. J. An evaluation of a bioelectrical impedance analyzer for the estimation of body fat content // British Journal of Sports Medicine. – 1993. – Vol.27. (No.1.). – P.63-66.
 15. Chumlea, W. M., Guo, S. S. Assessment and prevalence of obesity: application of new methods to a major problem // Endocrinology. – 2000. – Vol.13. (No.2.) – P. 135-142.
 16. Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement: National Institutes of Health Technology Assessment Conference Statement // American Journal of Clinical Nutrition. – 1996 – Vol.64. (Suppl.). – P.524S-532.
 17. Lukaski, H. C., Johnson, P. E., Bolonchuk, W. W., Lykken, G. I. Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body // American Journal of Clinical Nutrition. – 1985. – Vol.41. (No.4.). – P.810-817.
 18. Baumgartner, R. N., Chumlea, W. C., Roche, A. F. Bioelectric impedance for body composition // In: Pandolf K.B. (ed), Exercise and sports sciences reviews. New York : MacMillan. – 1990. – P.193-224.
 19. Chumlea, W. C., Sun, S. S. Bioelectrical impedance analysis // In: Heymsfield, S. B., Lohman, T. G., Wang, Z., Going S.B. (eds), Human body composition. Champaign, IL: Human Kinetics Books. - 2005. – С. 4-6.
 20. Sun, S. S., Chumlea, W. C. Statistical methods for the development and testing of body composition prediction equations // In: Heymsfield, S.B., Lohman, T.G. (eds), Human body composition. Champaign, IL: Human Kinetics Books. – 2005.
 21. Erceg, D. N., Dieli-Conwright, C. M., Rossuello, A. E., Jensky, N. E., Sun, S., Schroeder, E. T. The Stayhealthy bioelectrical impedance analyzer predicts body fat in children and adults // Nutrition Research. – 2010. – Vol.30. – P.297-304.
 22. Gupta, N., Balasekaran, G., Govindaswamy, V., Hwa, C. Y., Shun, L. M. Comparison of body composition with bioelectric impedance (BIA) and dual energy X-ray absorptiometry (DEXA) among Singapore Chinese // Journal of Science and Medicine in Sport. – 2011. – Vol. 14. (No.1.). – P. 33-35.
 23. Heydari, S. T., Ayatollahi, S. M. T., Zare, N. Diagnostic value of bioelectrical impedance analysis versus body mass index for detection of obesity among students // Asian Journal of Sports Medicine. – 2011. – Vol.2. (No.2.). – P.68-74.
 24. Gray, D. S., Bray, G. A., Gemayet, N., Kaplan, K. Effect of obesity on bioelectrical impedance // American Journal of Clinical Nutrition. – 1989. – Vol.50. (No.2.). – P. 255-60.
 25. Kushner, R. F., Kunigk, A., Alspaugh, M., Andronis, P. T., Leitch, C. A., Schoeller, D. A. Validation of bioelectrical impedance analysis as a measurement of change in body composition in obesity // American Journal of Clinical Nutrition. – 1990. – Vol.52. (No.2.). – P.219-223.
 26. Chumlea, W. C. Body composition assessment of obesity // In: Bray, G.A., Ryan, D.H. (eds), Overweight and the metabolic syndrome: from bench to bedside. New York: Springer. – 2006. – P.23-35.
 27. Sun, S. S., Chumlea, W. C., Heymsfield, S. B., Lukaski, H. C., Schoeller, D., Friedl, K., Kuczmarski, R. J., Flegal, K. M., Johnson, C. L., Hubbard, V. S. Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the use of a multicomponent model for use in epidemiological surveys // American Journal of Clinical Nutrition. – 2003. – Vol.77. (No.2.). – P. 331-340.
 28. Chumlea, W. C., Guo, S. S., Kuczmarski, R. J., Flegal, K. M., Johnson, C. L., Heymsfield, S. B., Lukaski, H. C., Friedl, K., Hubbard, V. S. Body composition estimates from NHANES III bioelectrical impedance data // International Journal of Obesity and Relative Metabolic Disorders. – 2002. – Vol.26. (No.12.). – P.1596-1609.
 29. Kim, H., Kim, C. H., Kim, D. W., Park, M., Park, H. S., Min, S. S., Han, S. H., Yee, J. Y., Chung, S., Kim, C. External cross-validation of bioelectrical impedance analysis for the assessment of body composition in Korean adults // Nutrition Research and Practice. – 2011. – Vol.5. (No.3.). – P.246-252.
 30. Bonuccelli, A., Marzatico, F., Stesina, G., Stefanini, L., Buonocore, D., Rucci, S., Tencone, F., Gatteschi, L., Angelini, F. Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) to evaluate seasonal variations in body composition of elite soccer players // Journal of the International Society of Sports Nutrition. – 2011. – Vol.8. (Suppl 1). – P. 37.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Понтага Инесе – доктор медицинских наук, профессор, руководитель кафедры анатомии, физиологии, биохимии и гигиены Латвийской академии спортивной педагогики.

Жиденс Янис - доктор педагогических наук, профессор кафедры спортивных игр, ректор Латвийской академии спортивной педагогики.