

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет
физико-математических
и естественных наук

Кафедра
«Общая биология и биохимия»

Направление подготовки 44.03.01. Педагогическое образование

Профили подготовки Биология

Форма обучения заочная

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на тему:

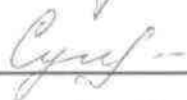
**«ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА У
ОБУЧАЮЩИХСЯ ПОДРОСТКОВОГО ВОЗРАСТА»**

Студент



Глебова Арина Олеговна

Руководитель



Сугрובה Г.А.

Нормоконтролер



Клыченков С.В.

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры от 30.06.22 № 16)

Заведующий кафедрой



Карпова Г.А.

Работа защищена с отметкой

отлично

(протокол заседания ГЭК от 12.07.22 № 4)

Секретарь ГЭК



Клыченков С.В.

Пенза, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И СПЕЦИАЛЬНЫХ ТЕРМИНОВ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ОБЗОР	7
1.1 Изучение проблемы обмена веществ и энергии у подростков, как основной функции организма у подростков	7
1.2 Показатели интенсивности обменных процессов	17
1.3 Нарушения обмена веществ и энергии у подростков	22
1.4 Особенности течения обмена веществ и энергии в разных условиях	27
ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	30
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	34
3.1 Общий анализ результатов по средним значениям исследуемых показателей	34
3.2 Результаты исследования уровня обмена веществ и энергообмена I возрастной группы	39
3.3 Результаты исследования уровня обмена веществ и энергообмена II возрастной группы	43
3.4 Результаты исследования уровня обмена веществ и энергообмена..... III возрастной группы	46
3.5 Анализ суточных энергетических затрат подростков	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	56
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	58
ПРИЛОЖЕНИЕ	61

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И СПЕЦИАЛЬНЫХ ТЕРМИНОВ

ДОО – должный основной обмен,

ИК – индекс Кетле,

ИМТ – индекс массы тела,

КФА – коэффициент физической активности,

ОбО – общий обмен,

РП – рабочая прибавка,

SDS– standard deviation score (стандартные отклонения ИМТ).

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность

В настоящее время, все более актуальной становится проблема нарушения обмена веществ в организме человека, особенно, в подростковом возрасте. Результаты научных исследований последних лет свидетельствуют о сохраняющихся негативных тенденциях в состоянии здоровья школьников: рост числа функциональных отклонений, высокая распространенность хронических заболеваний, при этом наиболее неблагоприятные изменения регистрируются у подростков [4]. Большой вклад в изучении обмена веществ внесли следующие ученые: Судаков К.В., Р. Вагнер, У. Мак-Мюррей, И. Вашилова и другие.

Регулярные международные исследования последних лет показывают, что российские школьники имеют худшие показатели в отношении здоровья, чем большинство сверстников из зарубежных стран, а новой угрозой здоровью детей и подростков стало ожирение, сахарный диабет и другие заболевания обмена веществ [35].

В подростковом возрасте складываются устойчивые формы в поведении, черты характера, чрезмерное эмоциональное реагирование на замечания взрослых, появляется стремление попробовать что-то новое (алкоголь, сигареты), что пагубно может отражаться на обмене веществ и энергии в растущем организме [13,21].

Нарушения обменных процессов могут носить, как врожденную, так и приобретенную форму. Независимо от генеза нарушения большое влияние на протекание процессов метаболизма и энергообмена оказывает образ жизни подростков, а именно, двигательная активность, характер и сбалансированность питания, режим труда и отдыха, вредные привычки, частота стрессовых ситуаций, которым подвергаются обучающиеся. Изменения в организме, происходящие в этом возрасте имеют

количественные и качественные показатели и зависят как от биологических, так и от социальных факторов [4].

В настоящее время – в «век технологий» большинство подростков основную часть своего свободного времени днем и в ночное время проводит за компьютером, при просмотре телепередач, что, приводит к гиподинамии и несоблюдению режима труда и отдыха. Быстрые перекусы вредной едой, нарушения режима питания приводят к диспепсическим расстройствам, ожирению [36], заболеванием желудочно-кишечного тракта. Так же вредные привычки и частые стрессы не только замедляют обменные процессы, но и могут приводить к хроническим заболеваниям [4]. Как известно, успешность обучения школьников зависит не только от уровня и качества, полученных ими знаний, но и от состояния их здоровья. Школа имеет длительное и непрерывное влияние на здоровье учащихся, так как в образовательном учреждении дети и подростки проводят не менее 1/3 суток, выполняя интенсивную умственную работу. Поэтому родителям и педагогам необходимо воспитывать у подрастающего поколения, бережное отношение к собственному здоровью, понимание того, что здоровье – самая величайшая ценность, дарованная человеку природой.

Цель работы: оценка уровня энергетического обмена у современных подростков на примере учащихся школ г. Пензы.

Для ее достижения были поставлены следующие **задачи:**

1. Исследовать литературу по данному вопросу;
2. Провести измерение весоростовых показателей обучающихся;
3. Произвести расчет индекса Кетле, должного основного обмена, суточного расхода энергии, рабочей прибавки, коэффициента физической активности подростков;
4. Проанализировать полученные данные и сделать выводы;
5. Разработать и предложить рекомендации по сохранению баланса обменных процессов у подростков.

Объект исследования: обучающиеся подросткового возраста 11-17 лет.

Предмет исследования: обмен энергии у подростков.

Гипотеза: предполагается, что физическая активность у современных подростков с возрастом снижается за счёт увеличения доли умственной деятельности из-за повышенных познавательных нагрузок. Гиподинамия, свойственная современному периоду жизни человека, может негативно сказаться на энергетических ресурсах ещё неокрепшего организма подростков.

Практическая значимость работы состоит в возможности использовать представленные материалы преподавателями биологии на уроках, факультативах, обучающихся. Её результаты в практике здорового образа жизни демонстрируют важность двигательной активности для сохранения функционального статуса организма.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

1.1 Изучение проблемы обмена веществ и энергии у подростков, как основной функции организма у подростков

Подростковым принято считать период развития детей от 11-13 до 14-17 лет. Чем же необычен подростковый возраст? В пубертантном периоде (периоде полового созревания) наступает новая перестройка метаболизма, происходящая под влиянием половых гормонов, идет интенсивный рост на всех уровнях, повышается обмен веществ, усиливается энергообмен, резко повышается деятельность и эффективность желез внутренней секреции. Часто при этом органы и системы развиваются не в едином темпе [2].

Растущие половые железы выделяют половые гормоны (тестостерон у мальчиков и эстрогены у девочек). Половые гормоны вызывают развитие вторичных половых признаков, в том числе рост волос на лице и мышечной массы у мальчиков, молочных желез у девочек, волос на лобке, подмышками и появление сексуального влечения (либидо) у обоих полов [2].

Отмечается пубертантный скачок роста. Щитовидная железа начинает работать с удвоенной силой, синтезируя два основных гормона: трийодтиронин (Т3) и тироксин (Т4). Эти гормоны являются одними из главных регуляторов основного обмена, следовательно, определяют рост, а также оказывают влияние на возбудимость нервной системы [11,16].

Обмен веществ и энергии – основа процессов жизнедеятельности организма, заключающаяся в совокупности физических, химических и физиологических процессов усвоения питательных веществ в организме с высвобождением энергии. Судakov К.В. доктор медицинских наук, профессор, академик РАМН, заведующий кафедрой нормальной физиологии Московской медицинской академии им. И.М. Сеченова считает, обмен веществ является неотъемлемым условием поддержания жизнедеятельности организма, так как обеспечивает процессы

его структурного построения, преобразования, деградации и снабжения энергией [27,28]. Живые организмы могут существовать только при условии непрерывного поступления энергии извне. И потому они постоянно нуждаются в энергии для выполнения различного рода работы – механической (передвижение тела, сердечная деятельность); энергетической (создание разности потенциалов в тканях и клетках); химической (синтез веществ) и другой [23].

Обмен веществ протекает в несколько этапов:

1) подготовительный этап – переработка пищевых веществ в органах пищеварения. Превращение полимеров в мономеры (расщепление белков до аминокислот, жиров до глицерина и жирных кислот, углеводов до глюкозы);

2) межуточный (промежуточный) обмен веществ – всасывание мономеров в кровь и поступление их в клетки, поступившие вещества участвуют в восстановление клеточных мембран, участвуют в иных процессах на молекулярном уровне и т.д;

3) образование и выделение продуктов метаболизма [1].

Обмен веществ складывается из двух взаимосвязанных процессов *ассимиляции* (анаболизм) и *диссимиляции* (катаболизм). Анаболизм обеспечивает рост, развитие, обновление биологических структур, также накопление энергии (синтез АТФ). Анаболизм заключается в химической модификации и перестройке поступающих с пищей молекул в другие более сложные биологические молекулы [20].

Катаболизм – это совокупность процессов расщепления сложных молекул до более простых веществ с использованием их преимущественно для энергетических целей. Катаболизм обеспечивает извлечение химической энергии из содержащихся в пище молекул и использование этой энергии на обеспечение необходимых функций [20].

Процессы обмена веществ и энергии (метаболизм) особенно интенсивно идут в процессе роста и развития у детей и подростков, что

является одной из характерных черт растущего организма, этому вопросу нужно уделить должное внимание [27,28].

В подростковом периоде пластические процессы ассимиляции значительно преобладают над процессами разрушения диссимиляция, что приводит к накоплению химических веществ в организме и, в первую очередь, белков. Накопление белков в организме – обязательное условие его роста и развития. Эта закономерность может нарушаться в результате различных заболеваний и действия других экстремальных факторов окружающей среды [31].

Так как, организм подростков имеет ряд существенных особенностей, энергетические и пищевые потребности организма при этом оказываются значительными. На начальных стадиях полового созревания в 10-12 лет интенсивность метаболизма у подростков примерно на 30 % выше, чем у взрослых. Резкое снижение показателя начинается на III стадии у девочек 13 лет, у мальчиков в 15-16 лет, когда активируются гонады, и продолжается вплоть до наступления половой зрелости. Известно, что пубертатный скачок роста также совпадает с достижением III стадии полового созревания, т. е. и в этом случае сохраняется закономерность снижения интенсивности метаболизма в периоды наиболее интенсивного роста [19].

Мальчики в своем развитии в этот период отстают от девочек примерно на 1 год. В строгом соответствии с этим фактом интенсивность обменных процессов у мальчиков всегда выше, чем у девочек того же календарного возраста. Различия эти невелики (10 %), но стабильны на протяжении всего периода полового созревания. У мальчиков семенники продуцируют обычное количество тестостерона в возрасте до достижения половой зрелости, это повышает уровень основного обмена на 5-10% по сравнению с его возможной величиной на фоне отсутствующей активности семенников при прочих равных условиях [29].

Физические и физиологические изменения в организме у мальчиков и у девочек во время пубертатного периода представлены в таблице 1 [5,12].

Таблица 1– Физические и физиологические изменения в организме во время пубертатного периода

Пол	Жировая ткань (кг)	Мышечная и костная ткань (кг)	Потребность в калориях (ккал / в день)		Средний расход энергии в сутки (ккал) на 1 кг массы тела	
			11-13 лет	14-17 лет	11-13 лет	14-17 лет
♂	3	31	2700	2900	70-65	45-65
♀	7,4	15	2450	2600		

Во время пубертата у девочек и у мальчиков происходит увеличение жировой, мышечной и костной тканей. Потребность в калориях соответственно резко возрастает. В связи с усиленной мышечной активностью у них также повышаются общие энергетические затраты [26].

Физические и физиологические изменения, происходящие в подростковом возрасте, должны учитываться при организации рациона питания. Рассмотрим потребности подростков в питательных веществах их значение для организма, так как питательные вещества являются составной частью обмена веществ и энергии в организме.

Физиологические нормы потребности в белках, жирах, углеводах для подростков представлены в таблице 2 [30].

Таблица 2 – Рекомендуемая калорийность (ккал) и суточные нормы потребления белков, жиров и углеводов в граммах (г) для подростков

Возраст (лет)	Пол	(ккал)	Белки (г)		Жиры (г)		Углеводы (г)
			всего	животные	всего	животные	всего
11-13	♂	2700	93	56	93	19	370

Таблица 2. Продолжение

	♀	2450	85	51	85	17	340
14-17	♂	2900	100	60	110	20	400
	♀	2600	90	54	90	18	360

Соотношение в рационе белков, жиров и углеводов в подростковом возрасте должно составлять 1:1:4.

Обмен белков – процесс усвоения (синтеза и распада) клетками и тканями организма азотсодержащих соединений белков и аминокислот. Белки в обмене веществ занимают особое место и составляют около 25% от общей массы тела, и как говорилось ранее, являются обязательным условием для роста и развития организма. Они входят в состав цитоплазмы, гемоглобина, плазмы крови, многих гормонов, иммунных тел, поддерживают постоянство водно-солевой среды организма [2].

Белки находятся в состоянии непрерывного обмена и обновления. Количество расщепившегося белка равно количеству синтезированного. Синтез белков происходит из аминокислот и низкомолекулярных полипептидов, которые образуются при расщеплении белков в пищеварительной системе и всасываются в кровь. Поскольку азот в пище содержится преимущественно в белках (в 100 г белка содержится 16 г азота), соотношение поступивших в организм и разрушенных белков определяют по величине азотистого баланса – соотношения поступившего и выделившегося с пищей азота. Если поступление азота превышает его выделение, то в организме возникает положительный азотистый баланс или преобладание синтеза белка над распадом. При отрицательном азотистом балансе распад белка преобладает над синтезом [14].

Регуляция белкового обмена связана с деятельностью промежуточного мозга, гормонов щитовидной железы – тироксином и соматотропным гормоном гипофиза [11].

Средняя потребность в белке у подростка составляет около 100 грамм в сутки. Биологическая ценность белков определяется наличием в них незаменимых аминокислот, их соотношением с заменимыми, а также определяется перевариваемостью ферментами ЖКТ. Различают биологически полноценные и неполноценные белки. Полноценные белки содержат все незаменимые аминокислоты, неполноценные белки – имеют дефицит нескольких незаменимых аминокислот. Источниками полноценных белков животного происхождения являются молоко, молочные продукты, яйцо, мясо, рыба, печень. Биологическая ценность белков растительного происхождения значительно ниже, эти белки поступают в основном с хлебом и крупами [1].

При этом предпочтительно питаться белками животного происхождения, которые содержатся в мясе, птице, рыбе. Удельный вес животного белка в рационе детей и подростков школьного возраста должен быть не менее 60 % от общего количества белка. Вегетарианство растущему молодому человеку категорически противопоказано – это может привести к железодефицитной анемии. Баланс азота должен быть положительным, т.е. количество азота с пищей должно быть больше, чем его выделение из организма [18].

Жиры являются основным источником энергии в организме. Они входят в состав клеток и оболочек, участвуют в обмене веществ в качестве кладовой энергии, в усвоении жирорастворимых витаминов, белков и солей. При распаде 1 г. жира в организме освобождается энергии в два с лишним раза больше, чем при распаде такого же количества белков или углеводов [10]. В период полового созревания суточная потребность в жирах у юношей составляет 110 г в сутки, а у девушек – 90 г, причем потребность в растительных жирах у обоих полов одинакова – 20 г в сутки [15].

Необходимо использовать в пищу жиры и животного, и растительного происхождения, в соотношении 2:1, так как некоторые составные компоненты растительных жиров не могут синтезироваться в организме. Это

так называемые непредельные жирные кислоты: линолевая, линоленовая и арахидоновая. При этом насыщенных жиров лучше избегать [10].

Недостаток жиров в пище нарушает деятельность центральной нервной системы и органов размножения, снижает выносливость к различным заболеваниям. Жир синтезируется в организме не только из глицерина и жирных кислот, но и из продуктов обмена белков и углеводов. С жирами в организм поступают растворимые в них витамины (А, D, Е и другие), имеющие для человека жизненно важное значение [28].

В период полового созревания жиры используются для пластических процессов формирования состава тела, а холестерин необходим для синтеза половых стероидных гормонов. Вместе с тем избыточное поступление жира при низкой двигательной активности приводит к ожирению. У подростков, характеризующихся избыточными жировыми отложениями, величина основного обмена на единицу массы тела может быть ниже на 20-30 % из-за низкой интенсивности процессов обмена в жировых клетках [18].

В подростковый период велика вероятность появления акне, то есть, угревой сыпи. Рацион в данном случае следует сбалансировать таким образом, чтобы в нем не было большого количества жирных продуктов. Но полностью удалять из меню жирную пищу нельзя [22].

Углеводы организм использует, в основном, как энергетический материал, особенно при усиленной физической работе. Они поступают в организм главным образом в виде крахмала. Особенно богата углеводами растительная пища: хлеб, крупы, овощи, фрукты. Продукты животного происхождения (за исключением молока) содержат мало углеводов. Подростку необходимо около 400 г углеводов в сутки [10].

Если углеводов больше, чем необходимо организму, то из них образуются жиры – таким образом, появляются лишние жировые отложения в организме. Легкоусвояемые углеводы (сахар) должны составлять около 20-30% от общего количества углеводов. Рацион должен содержать достаточное

количество пищевых волокон – не менее 15-20 г/сутки. Основная потребность в углеводах должна удовлетворяться за счет продуктов, богатых клетчаткой: зерновые, овощи и фрукты [10].

Значение глюкозы для организма, как источника энергии велико. Она входит в состав цитоплазмы и поэтому необходима для образования новых клеток, особенно в период роста. Входят углеводы и в состав нуклеиновых кислот. Углеводы имеют важное значение, и в обмене веществ, и в центральной нервной системе. В крови количество глюкозы поддерживается на относительно постоянном уровне (около 110 мг %). Повышение количества глюкозы вызывает ее отложение в печени в виде запасного животного крахмала – гликогена, который мобилизуется печенью при снижении содержания сахара в крови. Гликоген образуется не только в печени, но и в мышцах, где его может накапливаться до 1-2 %. Запасы гликогена в печени достигают 150г. При голодании и мышечной работе эти запасы истощаются [14].

Водно-солевой обмен. Для жизнедеятельности организма вода играет большую роль, чем остальные составные части пищи. Дело в том, что вода в организме человека является одновременно строительным материалом, катализатором всех обменных процессов и терморегулятором тела. Потребность в воде на 1 кг массы тела с возрастом уменьшается, а абсолютное количество ее возрастает [15]. Суточная потребность в воде у подростков 1500 мл [10].

Минеральный обмен. Роль микроэлементов сводится к тому, что они являются тонкими регуляторами обменных процессов. Соединяясь с белками, многие микроэлементы служат материалом для построения ферментов, гормонов и витаминов. Наиболее важные минералы для ускоренного обмена веществ являются кальций, магний и железо. В дополнении к здоровью костей, кальций также помогает в борьбе с избыточным весом [17]. В подростковом потребность в микроэлементах увеличивается, кальция требуется 1200 мг в день, фосфора – 2000 мг.

Оптимальное соотношение между концентрацией солей кальция и фосфора у подростков 1:2. К концу периода полового созревания потребность в микроэлементах немного снижается. Суточная потребность подростков в минеральных веществах представлена в таблице 3 [34].

Таблица 3 – Суточная потребность в минеральных веществах в разных возрастных группах, мг

Минеральные вещества: макро и микроэлементы	11-13 лет		14-17лет	
	♂	♀	♂	♀
Кальций	1200			
Фосфор	2000			
Магний	300	300	400	400
Калий	1500		2500	
Натрий	1100		1300	
Хлориды	1900		2300	
Железо	13,0		15,0	
Цинк	12,0			
Йод	0,13		0,15	
Медь	0,8		1,0	
Селен	0,04		0,05	
Хром	25		35	
Фтор	4,0			

Витамины. Человек получает витамины с пищей растительного и животного происхождения. Для нормальной жизнедеятельности человеку из 30 витаминов необходимо обязательно поступление 16-18 [20]. Обязательно с пищей в организм подростков должны поступать витамины. Суточная потребность в некоторых витаминах представлена в таблице 4 [10].

Таблица 4 – Суточная потребность в витаминах в разных возрастных группах, мг

Пол	Возраст	А	В ₁	В ₂	В ₆	С	Д (мкг)	РР	Фолиевая кислота	Ниацин (В ₃)
♂	11-13	1,5	1,4	1,2	1,8	70,0	2,5	18,0	200,0	18,0
	14-17	1,5	1,5	1,3	2,0			20,0		20,0
♀	11-13	1,2	1,3	1,2	1,6			17,0		17,0
	14-17	1,7	1,3	1,3	1,6			17,0		17,0

В подростковом возрасте также сохраняется 4-5 кратное питание, когда между основными приемами пищи проходит не более 4 часов. Питание в школе желательно сочетать с домашним питанием, чтобы рацион не был однообразным или недостаточным. В первую половину дня лучше съедать богатые животным белком продукты, а на ужин – молочные или растительные блюда [10].

Распределение калорийности питания в течение суток: завтрак – 25%, обед – 35-40%, школьный завтрак (полдник) – 10-15%, ужин – 25%. Для подростков, работающих и обучающихся, предусматриваются дополнительное (до 10-15%) потребление пищевых веществ в зависимости от характера учебно-производственной работы [30]. При недостатке энергетически ценной пищи организм вначале расходует резервные углеводы и жиры, а затем белки мышц [31].

Для непрерывного обновления, построения новых клеток организма, работы его органов и систем – сердца, желудочно-кишечного тракта, дыхательного аппарата, почек и другого, для совершения человеком работы нужна энергия. Эту энергию человек получает при распаде и окислении в процессе обмена веществ. Следовательно, питательные вещества, поступающие в организм, служат не только пластическим строительным

материалом, но и источником энергии, необходимой для нормальной жизнедеятельности организма [25].

1.2 Показатели интенсивности обменных процессов

Одним из важнейших показателей интенсивности обменных процессов в организме является величина основного обмена. Энергетические затраты организма в условиях относительно полного физического и эмоционального покоя, связанные с поддержанием минимального, необходимого для жизнедеятельности клеток уровня обменных процессов, называют *основным обменом* или *базальным метаболизмом*. Потребляемая энергия основного обмена различными органами представлена на рисунке 1 [26].

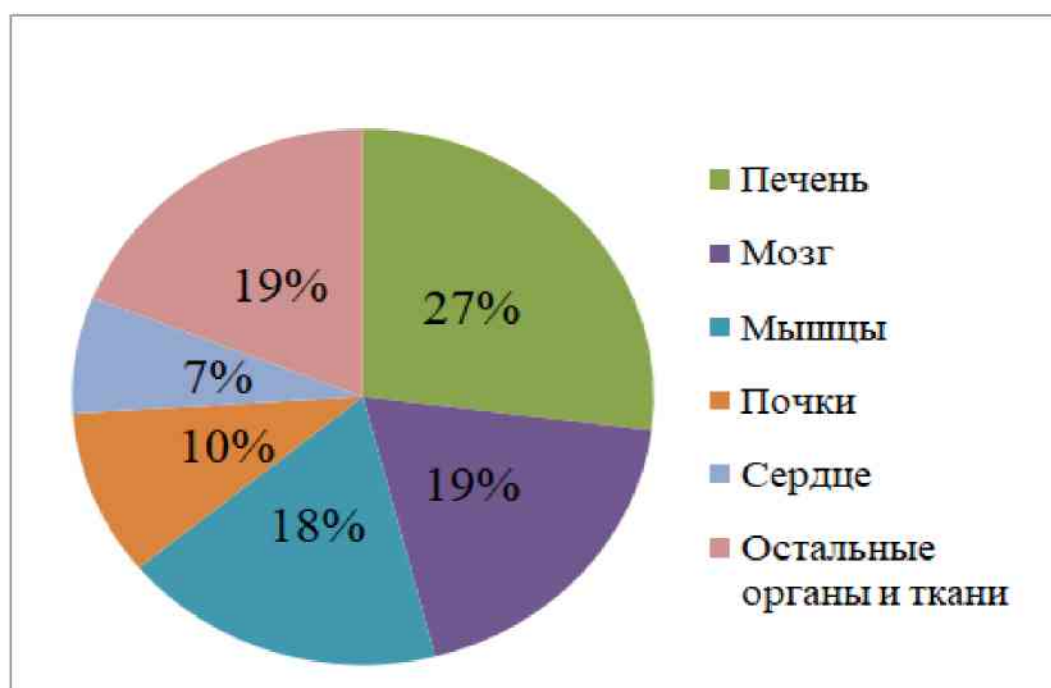


Рисунок 1. Потребляемая энергия основного обмена (%)

Печень потребляет 27% энергии основного обмена; мозг – 19%; мышцы – 18%; почки – 10%; сердце – 7%; остальные органы и ткани – 19%. Величину основного обмена выражают количеством тепла в килоджоулях (килокалориях) на 1 кг массы тела или на 1 м² поверхности тела за 1 час или 1 сутки [27].

Основной обмен подразделяют на:

- должный (идеальный) основной обмен;
- истинный (реальный) основной обмен.

Величина основного обмена зависит от соотношения в организме процессов анаболизма и катаболизма. Так как в пубертатном периоде процессы ассимиляции преобладают над процессами диссимиляции, то динамика основного обмена тесно связана с энергетическими затратами на рост. Суточная величина основного обмена возрастает у подростков по отношению к детям младшего школьного возраста почти в 1,5 раза, достигая примерно 1300-1400 ккал, а в юношеском возрасте приближается к уровню зрелого организма (1700 ккал) [2].

Интенсивность основного обмена более тесно связана с размерами поверхности тела, что обусловлено прямой зависимостью величины отдачи тепла от площади поверхности тела. Еще в прошлом столетии немецкий физиолог М. Рубнер показал, что у теплокровных организмов, имеющих разные размеры тела, с 1 м² поверхности тела в окружающую среду рассеивается одинаковое количество тепла. На этом основании Рубнер сформулировал *закон поверхности тела*, согласно которому энергетические затраты теплокровного организма пропорциональны величине поверхности тела [28].

На интенсивность окислительных процессов и превращение энергии влияют индивидуальные особенности организма и другие факторы [15]:

- состояние нервной системы и эндокринных желез;
- возраст – с возрастом основной обмен замедляется, этот показатель снижается, начиная с 20-летнего возраста примерно на 2%;
- пол – у мужчин больше величина основного обмена, так как у них, по сравнению с женщинами больше мышечной массы, и меньше жира в организме;
- масса тела – чем больше вес, тем больше основной обмен веществ;

- соотношение роста и веса (площадь поверхности тела): чем больше общая площадь поверхности тела, тем выше основной обмен веществ; энергетические затраты теплокровного организма (закон поверхности Рубнера) пропорциональны площади поверхности тела;
- физиологические состояния организма;
- время года, климат.

Ведущая роль в регуляции уровня основного обмена веществ, принадлежит нервной системе. Обмен энергии регулируется гипоталамусом и соответствующими центрами коры больших полушарий головного мозга. Гуморальная регуляция обеспечивается тироксином и трийодтиронином (щитовидная железа) и адреналином (мозговой слой надпочечников) [11].

Для каждой возрастной группы людей установлены и приняты в качестве стандартов величины основного обмена. В таблице 5 указаны стандартные величины должного основного обмена на 1 килограмм массы тела в сутки только для детей подросткового возраста. Представленные величины дают возможность при необходимости измерить величину основного обмена у человека и сравнить полученные у него показатели с нормативными. Отклонение величины основного обмена от стандартной не более чем на $\pm 10\%$ считается в пределах нормы. Более резкие отклонения основного обмена могут служить диагностическими признаками таких состояний организма, как нарушение функции щитовидной железы; выздоровление после тяжелых и длительных заболеваний, сопровождающееся активацией метаболических процессов: интоксикация и шок, сопровождающиеся угнетением метаболизма [19].

Таблица 5 – Относительные величины основного обмена на 1 килограмм массы тела в сутки (В.А. Доскин и соавт., 1997)

Возраст, лет	ккал/кг/сут		кДж/кг/сут	
	♂	♀	♂	♀

Таблица 5. Продолжение

11	40	40	167,4	167,4
12	42	43	175,7	179,9
13	40	42	167,4	175,7
14	39	38	163,2	159,0
15	36	35	150,6	146,4
16	33	31	138,1	129,7
17	31	29	129,7	121,3

Общий обмен веществ — происходит в обычных условиях жизни. Он значительно выше основного обмена и зависит главным образом от деятельности скелетных мышц, а также увеличения деятельности внутренних органов. Килокалории, расходуемые при этом сверх основного обмена, называются моторными калориями. Чем интенсивнее мышечная деятельность, тем больше моторных калорий и тем выше общий обмен веществ. При умственном труде общий обмен веществ увеличивается незначительно – на 2-3 %, а если умственный труд сопровождается мышечной деятельностью – на 10-20 % [28].

Рабочий обмен – это общие энерготраты организма за сутки, которые складываются из основного обмена и рабочей прибавки. Рабочая прибавка – это любой дополнительный расход энергии сверх основного обмена. Дополнительная энергия затрачивается на физическую работу, терморегуляцию, усвоение пищи [29].

Суточные нормы энергетических затрат у подростков представлены в таблице 6 [25].

Таблица 6 – Суточные энергетические затраты подростков

Возраст	Пол	Норма калорий
11-13	♂	2700

Таблица 6. Продолжение

11-13	♀	2400
14-17	♂	3150
	♀	2750

Рабочий обмен в течение дня намного выше основного обмена. Большая часть повышения расхода энергии – результат мышечной работы, меньшая – пищеварения. Чем интенсивнее физический труд, тем расход энергии сверх основного обмена больше.

Что касается энергетического обеспечения мышечной деятельности, то известно, что энергетика мышечного сокращения и ее возрастные особенности определяются соотношением различных источников энергии (аэробных и анаэробных). В 12 лет наступает новый переломный период в развитии энергетики мышечного сокращения, связанный с возрастающей активностью гликолитических ферментов [16]. Изменения энергетики мышечного сокращения обеспечивают увеличение физической работоспособности, абсолютные показатели которой возрастают. Чем тяжелее мышечная работа, тем больше энергии тратит человек. У школьников подготовка к уроку, урок в школе требуют энергии на 20-50% выше энергии основного обмена [2].

Специфическое динамическое действие пищи. После приема пищи интенсивность обмена веществ и энерготраты организма увеличиваются по сравнению с их уровнем в условиях основного обмена. Увеличение обмена веществ и энергии начинается через час, достигает максимума через 3 ч после приема пищи и сохраняется в течение нескольких часов. Влияние приема пищи, усиливающее обмен веществ и энергетические затраты, получило название специфического динамического действия пищи. При белковой пище обмен увеличивается в среднем на 30 %. При питании жирами и углеводами обмен увеличивается у человека на 14-15 % [16].

Для нормального физического и умственного развития подростков необходимо полноценное сбалансированное питание, обеспечивающее пластические процессы и энергетические затраты организма с учетом его возраста. Энергетическая ценность суточного рациона питания подростков должна быть на 10% выше их энергетических затрат, так как часть питательных веществ необходима для обеспечения процессов роста и развития организма [30]. Зная энергетические затраты организма, можно составить оптимальный пищевой рацион так, чтобы количество энергии, поступающее с пищей, полностью покрывало энергетические расходы организма.

1.3 Нарушения обмена веществ и энергии у подростков

Подростки склонны считать себя взрослыми людьми, часто пытаются самостоятельно регулировать свой рацион, следить за их питанием гораздо сложнее. Им часто приходится кушать в отсутствии взрослых, перекусывать на ходу, всухомятку. Кроме общей неграмотности в вопросах питания на них влияет и реклама не самых полезных продуктов – сладостей, лимонадов, жевательной резинки, фаст-фуда и т.п. [29]. Хронические болезни органов пищеварения относятся к числу наиболее часто встречающихся заболеваниям подросткового возраста, эти заболевания и могут стать основной причиной нарушения обменных процессов [35].

Среди факторов риска возникновения заболеваний обмена веществ, большая роль отводится нервно-психическому фактору. Нервные расстройства могут привести к «заеданию» проблемы или, наоборот, к голоданию [13], что приведет к нарушению процессов ассимиляции и диссимиляции. Недостаток белка или дефицит углеводов также приведут к нарушению метаболизма. При малом потреблении жидкости особенно. Нарушение метаболизма может привести к неблагоприятным последствиям и стать причиной серьезных заболеваний [12].

Большое значение среди факторов риска имеют перенесенные и сопутствующие инфекционные и паразитарные заболевания. Особую роль при этом играет кишечный дисбактериоз. При этом снижается резистентность организма, нарушаются компенсаторные механизмы защиты, повреждается слизистая оболочка пищеварительного тракта [31].

Болезни органов пищеварения возникают как результат взаимодействия генетических факторов и факторов внешней среды: нарушения генетического аппарата, неблагоприятная обстановка в семье, плохая экологическая обстановка, аллергические заболевания, нервно-психические нагрузки в школе. Малоподвижный образ жизни ребенка приводит к росту частоты гастроэнтерологических заболеваний у детей, при которых нарушается как переваривание, так и всасывание пищевых веществ [4].

Регуляция гомеостаза становится наиболее устойчивой в подростковом возрасте, поэтому в этом возрасте редко встречаются тяжелые клинические синдромы, связанные с нарушением регуляции обмена веществ [11].

Рассмотрим причины, связанные с различными нарушениями обмена веществ в организме.

К внешним причинам можно отнести:

- стрессы;
- несбалансированное питание;
- интоксикации;
- частые диеты;
- вредные привычки: курение, употребление спиртного;
- сбои функционирования щитовидной железы, надпочечников, гипофиза;
- глистные инвазии и другие паразитарные инфекции;
- вирусные заболевания – грипп, корь, ветрянку;
- малоподвижный образ жизни [33].

К внутренним факторам принято относить:

- генетическую предрасположенность (врожденную недостаточность некоторых ферментов) [31].

Энергия, заключенная в пище, при переваривании выделяется вовне. Половина ее превращается в тепло, а вторая половина запасается в виде аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ). Нарушить процессы образования АТФ могут следующие причины [12]:

- гипертиреоз (избыток гормонов щитовидной железы);
- инфекционные заболевания;
- воздействие холода;
- избыточное потребление витамина С.

Под действием этих факторов организм запасает меньше энергии, чем нужно.

Увеличивают основной обмен такие состояния [12]:

- стресс, волнение;
- неврозы;
- лихорадка;
- сахарный диабет;
- повышение выработки тиреотропного, соматотропного гормонов, тиреоидных и половых гормонов, катехоламинов (адреналина и норадреналина);
- аллергия;
- физическая нагрузка и другие.

В результате нарушения энергетического обмена и усиления основного обмена организм расходует больше энергии, чем получает, и начинает использовать свои резервы: вначале мышечную ткань, потом запасы углеводов в печени и мышцах, а затем уже и собственные белки. Результатом становится снижение массы тела, нарушение работы всех внутренних органов, расстройства нервной системы [25].

Уменьшают основной обмен, то есть снижают потребление энергии, следующие состояния:

- голодание;
- анемия;
- снижение выработки гормонов;
- поражение нервной системы;
- сон.

При уменьшении основного обмена организм получает мало энергии, так как подавлены процессы усвоения пищи или ее вообще не хватает. В результате он тоже вынужден использовать свои ресурсы и истощаться.

Симптомы нарушения обмена веществ можно определить по следующим сигналам [33]:

- нездоровый цвет кожных покровов;
- затрудненное дыхание;
- резкий набор или сброс веса без объективных причин;
- суставные и мышечные боли;
- ухудшение качества волос, ногтей, кожи;
- нарушения терморегуляции (повышенная чувствительность к холоду и теплу);
- проблемы со сном;
- перепады артериального давления;
- отеки;
- длительное повышение или понижение температуры тела;
- учащенные мочеиспускания;
- проблемы со стулом: диарея или запор;
- ухудшение памяти;
- перепады настроения;
- кожные высыпания;
- разрушение зубов.

Отметим некоторые заболевания и состояния, которые связаны с нарушением метаболизма (не генетически обособленные) и могут возникать у детей подросткового возраста:

1. Нарушается обмен белка. Белковое голодание провоцирует квашиоркор (белково – калорийная недостаточность питания, злокачественное расстройство питания, вид тяжёлой дистрофии на фоне недостатка белков в пищевом рационе [25]), заболевания кишечника. Если белок поступает в организм в избытке, будет нарушаться работа печени и почек, возникнут неврозы и перевозбуждения, разовьётся мочекаменная болезнь и подагра [31].

2. Нарушается жировой обмен. Избыток жира провоцирует ожирение. Если жиров в питании недостаточно, замедлится рост, произойдет потеря веса, кожа станет сухой из-за дефицита витаминов А, Е, уровень холестерина повысится, появится кровоточивость [30].

3. Нарушается углеводный обмен. Часто на фоне такой патологии появляется сахарный диабет, который возникает при нехватке инсулина в период сбоев углеводного метаболизма. Если углеводы поступают в организм в избытке, то повышается риск развития ожирения [31].

4. Нарушается витаминный обмен. Переизбыток витаминов (гипервитаминоз) оказывает токсическое действие на организм, а их недостаток (гиповитаминоз) приводит к заболеваниям органов желудочно-кишечного тракта, хронической усталости, раздражительности, сонливости, снижению аппетита.

5. Нарушается минеральный обмен. Дефицит минеральных веществ приводит к ряду патологий: недостаток йода провоцирует заболевания щитовидной железы (диффузный нетоксический зоб), фтора – развитие кариеса, кальция – слабость мышц и ухудшение состояния костей, калия – аритмию, железо – анемию. При переизбытке калия могут появиться нефриты, при переизбытке железа – заболевания почек, а излишнее потребление соли ведет к ухудшению состояния почек, сосудов, сердца [10].

При обнаружении у подростка симптомов нарушения обмена веществ необходимо оповестить медицинскую сестру в школе и сообщить родителям о возможных нарушениях в работе организма их ребенка. Для профилактики нарушений обмена веществ и предотвращения заболеваний (не генетически обусловленных) необходимо проводить профилактическую беседу с обучающимися и их родителями о правильном и рациональном питании, о соблюдении режима отдыха и бодрствования, избегание стрессовых ситуаций, профилактике инфекционных заболеваний, и другие. Эти меры помогут устранить нарушение обмена веществ, если они не осложнены генетикой или другими факторами.

1.4 Особенности течения обмена веществ и энергии в разных условиях

Скорость переноса веществ и энергии из среды в организм точно уравновешивается скоростью переноса из организма в среду. Интенсивность обмена веществ оценивают по общему расходу энергии, и она может меняться в зависимости от многих условий и в первую очередь от физической работы. Однако и в состоянии полного покоя обмен веществ и энергии не прекращается, и для обеспечения непрерывного функционирования внутренних органов, поддержания тонуса мышц и прочее расходуется некоторое количество энергии [20]. Человек существует в условиях постоянных изменений со стороны окружающей среды. Рассмотрим различные условия, которые влияют на изменение метаболизма.

1. Физическая нагрузка. При интенсивной физической нагрузке расход энергии (катаболизм) по сравнению со средними энергозатратами может увеличиться в 10 раз, а в очень короткие периоды (например, плавание на короткие дистанции) даже в 100 раз [16].

2. Умственная работа. При спокойной умственной работе, не связанной с наличием эмоционального компонента не сказывается на общем

энергетическом балансе организма. Эмоционально-напряженные работы приводят в действие сформировавшиеся в ходе эволюционного процесса физиологические механизмы, которые мобилизуют организм на борьбу, т.е. на значительные энерготраты. Повышается ряд функций – обменные процессы, кровообращение и т.д. [18].

3. Стресс. В ответ на стресс происходит повышение уровня метаболизма и это является нормальной физиологической реакцией (нормальный метаболический ответ), а ригидность метаболизма указывает на повышенную стрессоустойчивость (низкий метаболический ответ) [32].

4. Сон. «Наши изыскания показывают, что одна бессонная ночь резко снижает расход энергии у здоровых мужчин; это свидетельствует, что сон способствует регуляции дневного расхода энергии в организме людей», – написал руководитель эксперимента Кристиан Бенедикт из Уппсальского университета в Швеции [32].

Чтобы определить точные механизмы воздействия сна на организм, Бенедикт и его коллеги в течение нескольких дней следили за состоянием 14 студентов мужского пола в разных условиях: при нормальном сне, ограниченном и его полном отсутствии. Затем ученые оценили изменения в количестве потребления пищи, уровне сахара в крови, гормонов и показателей метаболизма [32].

В ходе исследования обнаружилось, что даже одна ночь, проведенная без сна, замедляет обмен веществ на следующее утро, сокращая расход энергии на выполнение таких задач, как дыхание и пищеварение на 5-20 процентов по сравнению с показателями, полученными наутро после хорошего ночного сна [32].

5. Количество поступающей энергии. Изначальная скорость метаболизма определяется как соотношение общей подвижности к наличию избытка энергии. Чем свободней человек относится к своему питанию (постоянный переизбыток калорийности, частые перекусы), тем активнее тратит организм их даже в пассивном режиме. Организм может просто

отказаться от лишних нутриентов, и в этом случае базальный метаболизм увеличивается, превращая полезные нутриенты в транспортировочный шлак. Все это приводит к постоянному гормональному фону и общему увеличению нагрузки на организм, и, как следствие, более быстрый выход отдельных систем из строя [16].

6. Наличие искусственных стимуляторов скорости метаболизма. Например, люди, употребляющие кофеин имеют более низкий базальный метаболизм в случае отказа от кофеина. В то же время, их гормональная система начинает давать сбой [7].

7. Температура. С повышением температуры тела на 1°C величина основного обмена веществ возрастает на 13%. Интенсивность обмена веществ возрастает так же при снижении температуры окружающей среды ниже зоны комфорта. Эти явления связаны с адаптационным процессом, с необходимостью поддерживать постоянную температуру тела. Доказано, что весной и ранним летом основной обмен повышен, а зимой и поздней осенью обменные процессы замедляются [16].

8. Концентрация кислорода в воздухе. При большой концентрации кислорода, скорость выделения увеличивается, что увеличивает и затраты базового метаболизма. В тоже время, в условиях недостатка кислорода, организм может перейти на топление жировых тканей, что кардинально отличается по скорости и по затратности. При гипоксии происходит изменение обмена веществ в организме, при этом основной обмен сначала повышается, затем при нарастающей и выраженной гипоксии понижается [31].

Можно сделать вывод, что физическая нагрузка, эмоциональное напряжение (например, на уроках контроля знаний), стресс, повышенная температура, повышенная концентрация кислорода в воздухе ускоряет процессы метаболизма, а недосып, кофеин, низкие температуры уменьшают процессы метаболизма.

ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование обмена веществ и энергии у обучающихся подросткового возраста проводилось на базе нескольких школ г. Пензы. В исследование было включено 86 человек. Для проведения исследования были выбраны обучающиеся 11-17 лет. Этот возрастной диапазон интересен тем, что на 10-11 лет приходится начало пубертата, а на 16-17 – его окончание.

В ходе изучения уровня обмена веществ и энергии у подростков обучающиеся были распределены по возрастным группам: в соответствии с периодами полового созревания:

11-12 лет – начало пубертата;

13-14 лет – средний этап;

15-17 лет – завершение полового созревания [19].

I группа составила 20 человек (10 девочек) 11-12 летнего возраста, 36 человек (17 девочек) – 13-14 летнего возраста и 30 человек (15 девочек) – 15-17 летнего возраста.

В рамках решения поставленных задач нами среди мальчиков и девочек было проведено определение таких антропометрических показателей как вес и рост.

Антропометрические обследования роста и массы тела проводились в медицинском кабинете в школе по общепринятым методикам. Рост измерялся с помощью медицинского ростомера, а вес с помощью напольных весов [6].

Вторым этапом была проведена оценка физического развития обучающихся по методу Кетле. Для определения степени отклонения массы тела от нормы рассчитывался весоростовой показатель – индекс Кетле (ИК) по формуле [12]:

$$\text{ИК} = M \text{ (кг)} / P^2 \text{ (м)},$$

где M – масса тела в килограммах, а P – рост в метрах.

Оценка физического развития по индексу Кетле проводилась по стандартным отклонениям индекса массы тела (ИМТ SDS – standard deviation score) (таблица 7) [12].

Таблица 7 – Критерии оценки физического развития детей

Показатель	SDS ИМТ
Недостаточное питание	< -2,0
Норма	±1
Избыточная масса тела	от +1 до +2
Ожирение	> +2,0

Должная величина индекса Кетле для подросткового возраста указана в таблице 8.

Таблица 8 – Должная величина по индексу Кетле (ИК)

Возраст (лет)	Пол (♂,♀)	ИК (норма)	ИК (дефицит массы тела)	ИК (избыток массы тела)	ИК (ожирение)
11	♂,♀	18	16	20	21+
12	♂,♀	19	17	21	22+
13-16	♂	20	18	22	23+
13-14	♀	20	18	22	23+
17	♂	21	19	23	24+
15-17	♀	21	19	23	24+

Как подчеркивают исследователи, важнейшим параметром физиологических процессов, происходящих в организме, является физическое развитие и часто уровень физического развития используется как

показатель состояния здоровья подростков (А.А. Баранов, В.Р. Кучма, Л.М). Индивидуальная оценка уровня физического развития должна основываться на антропометрических данных, в первую очередь показателях роста, веса [4,5].

Третьим этапом в исследовании, на основании, полученных данных возраста, пола, веса, массы тела подростков было определение у них показателей обмена веществ.

С этой целью был произведён расчет *должного (идеального) основного обмена* по формулам Харриса-Бенедикта, позволяющий определить теоретические потребности человека в энергии при отсутствии доступа к инструментальным методикам с учетом пола, возраста, массы и роста:

$$H_{\text{муж}} = 66,473 + 13,7516 \times B + 5,0000 \times P - 6,755 \times A;$$

$$H_{\text{жен}} = 665 + 9,5634 \times B + 1,8498 \times P - 4,6756 \times A,$$

где B – масса тела; P – рост в см; A – возраст в годах [26].

Реальная величина основного обмена может отличаться от нормы на $\pm 15\%$.

В исследовании уровня обмена веществ важно было выявить *общий обмен веществ*, т.е. суточный расход энергии обучающихся. Для этого нами был использован таблично-хронологический метод. Показатели заносились в таблицу, в которой обучающиеся указывали вид деятельности, продолжительность в минутах, расход энергии на данный вид деятельности [26].

В дальнейшем в исследовании уровня обмена веществ был произведён расчет *рабочей прибавки* (РП) испытуемых по формуле:

$$РП = \text{общий обмен} - \text{основной обмен, ккал за сутки} [26].$$

Далее был произведен расчет коэффициента физической активности (КФА) – это отношение среднесуточных затрат энергии человека к затратам энергии в состоянии покоя, так называемой величине основного обмена. Он

применяется для оценки достаточности движений при том или ином образе жизни и рассчитывается следующим образом:

$$\text{КФА} = \frac{\text{общий обмен (суточные энергозатраты)}}{\text{основной обмен}} [5].$$

Весоростовые данные обучающихся и регистрация результатов расчета индекса Кетле, должного основного обмена, общего обмена, рабочей прибавки и коэффициента физической активности фиксировались в общей таблице. Расчет был произведен в программе «Microsoft Office Excel» 2010.

Результаты, полученные в ходе исследования (Приложения 1), были подвергнуты статистической обработке с помощью пакета статистических программ SPSS 13.

Дальнейшая обработка полученных результатов заключалась в использовании статистических методов анализа: расчёт средних величин по группам, анализа качественных данных (номинальных, порядковых, ранговых), анализа частот с помощью критерия Пирсона (хи-квадрат), определение достоверности различий с помощью t-критерия Стьюдента, оценки различий между двумя независимыми выборками с использованием U-критерия Манна – Уитни [3].

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1 Общий анализ результатов по средним значениям исследуемых показателей

В ходе проведения экспериментального исследования путём антропометрических измерений нами были получены индивидуальные показатели веса и роста. На основании полученных результатов, был произведен расчет средних значений показателей веса, роста, ИК, ДОО. С помощью таблично-хронологического метода были определены ОБО и РП, рассчитан КФА. Все полученные данные были сведены в общей таблице (приложение 1) и в дальнейшем подверглись статистической обработке, в результате которой нами были получены средние значения по каждому из показателей в трёх возрастных группах (таблица 11).

Таблица 11– Средние значения показателей по возрастным группам

Возр. группа	Пол	Показатели						
		Вес (кг)	Рост (см)	ИК	ДОО (ккал)	ОБО (ккал)	РП (ккал)	КФА
I (11-12)	♂	43,78 ±1,12	152,1 ±0,95	18,9 ±0,5	1351,3 ±15,6	2554,2 ±46,5	1202,8 ±48,8	1,8 ±0,03
	♀	41,82 ±1,97	145,5 ±1,39	19,8 ±0,6	1270,3 ±20,9	2418,2 ±38,4	1147,9 ±27,3	1,8 ±0,03
II (13-14)	♂	55,87 ±1,29	162,2 ±1,28	21,2 ±0,8	1554,9 ±21,7	2894,9 ±89,1	1381,7 ±74,5	1,8 ±0,02
	♀	52,9 ±1,16	157,5 ±1,08	21,2 ±0,4	1370,9 ±14,5	2687,5 ±78,1	1316,6 ±73,6	1,8 ±0,04
III (15-17)	♂	64,7 ±2,23	171,9 ±1,82	21,6 ±0,3	1707,9 ±38,5	2886,8 ±74,5	1226,3 ±78,4	1,6 ±0,03
	♀	58,36 ±1,51	164,7 ±1,16	21,4 ±0,3	1437 ±18,3	2555,0 ±46,2	1118,7 ±42,2	1,7 ±0,03

Согласно представленным результатам с увеличением весоростовых показателей возрастает значение индекса Кетле, по уровню которого определялось физическое развитие обучающихся. Средние значения антропометрических данных свидетельствуют о том, что происходит закономерное увеличение роста и веса обучающихся от I возрастной группы к III. В каждой возрастной группе были установлены половые различия: мальчики опережали девочек и по росту, и по массе. Это объясняется тем, что в регуляции интенсивности роста у девочек преобладают эстрогены, и они обладают менее выраженным, чем андрогены, анаболическим эффектом. Поэтому у девочек в пубертатный период увеличение мышц и длины тела меньше, а пубертатный скачок роста менее выражен, чем у мальчиков [1]. В I возрастной группе (11-12 лет), в начале пубертатного периода, мальчики по весу незначительно опережают девочек и при исследовании значений их фактического веса, данные показатели во многих случаях равны. Значимые отличия обнаружены по ростовым показателям: уже в начале периода полового созревания мальчики гораздо выше девочек ($p=0.004$). В период с 13 до 14 лет и у мальчиков, и у девочек происходит ускорение роста костной и мышечной ткани, т.е. пубертатный скачок роста [1], об этом свидетельствуют увеличенные данные средних значений роста и веса. Во II и III возрастных группах также обнаружены значимые различия по ростовым показателям в сторону преобладания у мальчиков ($p=0.004$). В III возрастной группе мальчики значимо отличались от девочек по весу – они оказались тяжелее ($p=0.020$).

В дальнейшем для анализа важно использовать относительные весоростовые показатели, так как и рост, и вес могут варьировать независимо друг от друга. Все показатели весоростового индекса (ИК) были проранжированы в соответствии с принятой шкалой нормы, указанной в таблице 8 (глава 2) и распределены по уровням:

- 1 – обучающиеся с дефицитом массы тела;
- 2 – обучающиеся с нормальной массой тела;

3 – обучающиеся с избыточной массой тела;

4 – обучающиеся с ожирением.

Как известно, основной причиной избыточной массы тела, ожирения, у человека является чрезмерное потребление энергии и низкий уровень ее затрат в течение длительного времени. Наиболее часто к избыточному весу у детей приводят психологические факторы, пристрастие к телевизору и компьютерам, нарушение режима питания, любовь к фаст-фуду [14]. Дефицит массы тела бывает нормальным физиологическим явлением у детей в возрасте от 11 до 16 лет. Резкий всплеск гормонов провоцирует резкое увеличение костей, при этом у некоторых мышечная масса не успевает увеличиваться и возникает недостаток массы тела. Это явление временное, как только рост приостановится, масса тела начнет постепенно возрастать, и их соотношение придет в норму [2]. Также главной причиной может быть недоедание. Многие подростки могут просто забыть или не успеть поесть или в основном у девушек, в среднем и старшем школьных возрастах, может наблюдаться психическое заболевание, как нервная анорексия. При таком заболевании подростки часто отказываются от еды, пытаются соответствовать идеалу [9].

Поскольку основной обмен – это внутренний процесс, и он напрямую зависит от роста, веса и пола, следовательно, из полученных средних значений весоростовых показателей видно, что должный основной обмен выше у мальчиков каждой возрастной группы, чем у девочек и показатели его закономерно возрастают с увеличением роста и веса к более старшему возрасту. Сильное увеличение показателей должного основного обмена приходится на II возрастную группу (13-14 лет), так как в данный период полового созревания происходит скачок роста. В III возрастной группе (15-17 лет) основной обмен также сильно увеличивается у мальчиков, а у девочек показатели уже не так велики. В строгом соответствии с этим фактом интенсивность обменных процессов у мальчиков всегда выше, чем у девочек того же календарного возраста.

Известно, что общий обмен это суточные энергозатраты на все виды деятельности, включая значения внутренних процессов и внешней работы. Определяется он таблично-хронологическим методом. В качестве примера рассмотрен подсчет общего энергорасхода в килокалориях для обучающегося массой 59,2 кг (таблица 9).

Таблица 9 – Суточный расход энергии

Вид деятельности	Продолжительность в минутах	Расход энергии на 1 кг за 1 минуту	Энергорасход за время деятельности (ккал)
Утренняя зарядка	5	0,0648	19,18
Личная гигиена	20	0,03229	38,23
Прием пищи	45	0,0236	62,87
Ходьба	60	0,0714	253,61
Бег	30	0,1780	316,13
Езда в транспорте	30	0,0267	47,42
Хозяйственно-бытовая работа	30	0,0573	101,76
Умственный труд (подготовка домашних заданий, занятия с репетитором)	140	0,0243	201,4
Школьные занятия	270	0,0264	421,98
Работа за компьютером	80	0,0241	114,14
Занятия физической культурой, спортом	90	0,0845	450,22
Отдых сидя	60	0,0229	81,34
Прогулка	70	0,0690	285,94
Самообслуживание	30	0,0326	57,9
Сон	480	0,0155	440,45
Итого:	1440		2892,57

Таким образом, общий обмен веществ на различные виды деятельности за сутки, для обучающегося массой 59,2 кг составил 2892, 57 ккал.

Величины общего обмена возрастают от I возрастной группы к III. Разница средних величин общего обмена между II и III возрастной группы невелики, так как режим труда и отдыха у них находится приблизительно на одном уровне. По данным самоотчета обучающихся II и III возрастных групп, большую часть энергии общего обмена у них расходуется на внешнюю работу, на которые указывают средние величины рабочей прибавки (энергозатраты, связанные с выполнением физической и умственной работ). Умственная работа не сопровождается высокой физической активностью, следовательно, энергии на нее тратится меньше.

Для оценки достаточности движений обучающихся, был определён у них коэффициент физической активности. По его значениям подростки были распределены по 3 уровням в соответствии с представленными вариационными значениями [5]:

1 уровень (1,40-1,69) – обучающийся редко делает физические усилия, не ходит пешком на большие расстояния, не занимается регулярно спортом и проводит досуг сидя: разговаривает, читает, смотрит телевизор или работает на компьютере;

2 уровень (1,70-1,99) – обучающийся испытывает умеренные физические нагрузки или ведущий, в целом, сидячий образ жизни, но периодически занимающийся спортом;

3 уровень (2,00-2,40) – обучающийся испытывает высокие физические нагрузки или занимается спортом.

Корреляционный анализ выявил зависимость уровня КФА от общего обмена и рабочей прибавки. Чем выше общий обмен, а общий обмен, как правило, выше у тех обучающихся, кто более активен в течение дня и у кого, соответственно, выше уровень рабочей прибавки, – тем выше у них уровень физической активности.

Согласно полученным данным по КФА следует, что в течении дня большое количество времени у обучающихся расходуется на школьные занятия, подготовку домашнего задания, работу за компьютером, в период дистанционного обучения и малое количество времени расходуется на физическую активность. На это указывают средние величины КФА, которые в I и II возрастной группе составили 1,8, а в III группе понизились до 1,6 у мальчиков, до 1,7 у девочек. Возможно, это связано с высокой нагрузкой в школе, подготовкой к основному и единому государственным экзаменам. Нельзя исключить и снижение КФА в связи с большей «вовлечённостью» в различные гаджеты, работа с которыми предполагает пассивный образ жизни. Так же все показатели ДОО, ОБО, РП были проранжированы и распределены по 3 уровням:

- 1 – ниже нормы;
- 2 – норма;
- 3 – выше нормы (Табл. 12).

3.2 Результаты исследования уровня обмена веществ и энергообмена I возрастной группы

Таблица 12 – Распределение обучающихся I возрастной группы по уровням исследуемых показателей (%)

Возраст. группа	Пол	Уровни	Показатели				
			Уровень ИК	Уровень ДОО	Уровень ОБО	Уровень РП	Уровень КФА
I	♂	1	20	20	50	40	10
		2	60	40	20	20	80
		3	0	40	30	40	10
		4	20	-	-	-	-
	♀	1	0	50	40	30	0
		2	70	10	30	50	90
		3	0	40	30	20	10
		4	30	-	-	-	-

Согласно результатам анализа показателей ИК, I возрастной группы нормальное соотношение массы тела к росту имеют большее количество обучающихся: 60% мальчиков и 70% девочек (таблица 12).

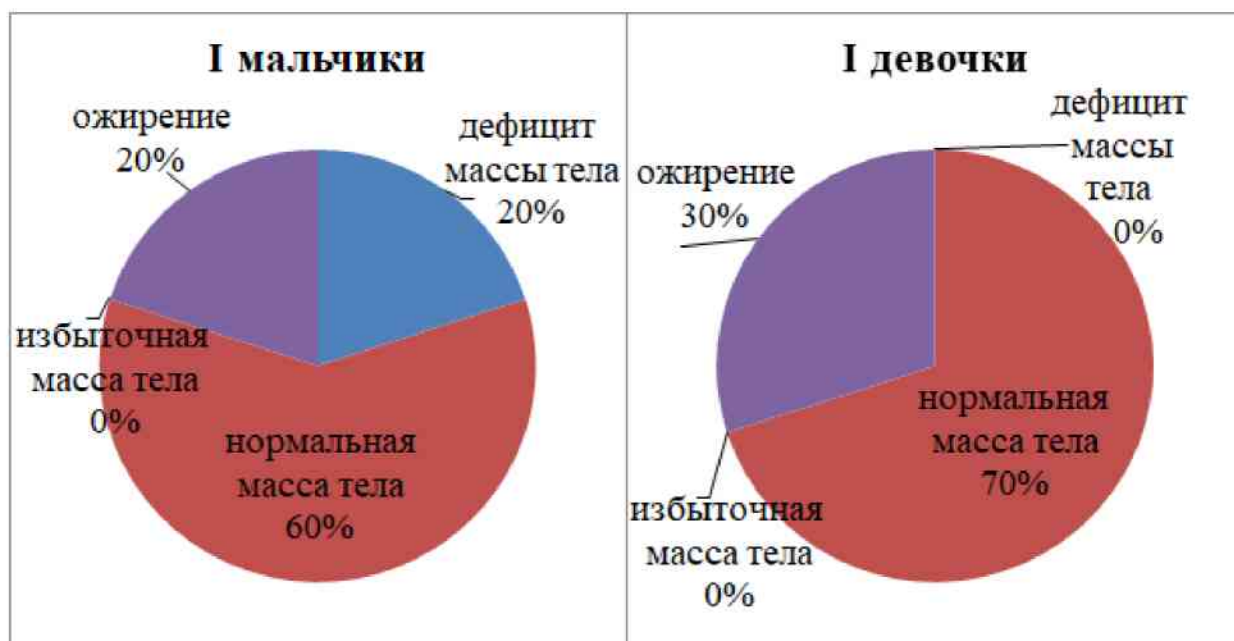


Рисунок 2. Распределение обучающихся I возрастной группы по ИМТ (%)

Дефицит массы тела наблюдался у 20 % мальчиков. Показателей избыточной массы тела ни у мальчиков, ни у девочек не было, но имелись показатели ожирения у обучающихся подростков I возрастной группы: у мальчиков 20 %, девочек – 30 % (рис.2).

Анализ должного основного обмена в I возрастной группе показал, что в пределах нормы должный основной обмен был у 40 % мальчиков и лишь у 10 % девочек, об этом свидетельствует статистический критерий U-критерий Манна – Уитни ($p=0.013$). Высокий уровень основного обмена выявлен у 40 % и мальчиков, и девочек. Обращает на себя внимание значительное преобладание в группе девочек с низким уровнем основного обмена – 50 %, по сравнению с 20 % среди мальчиков (рис.3).

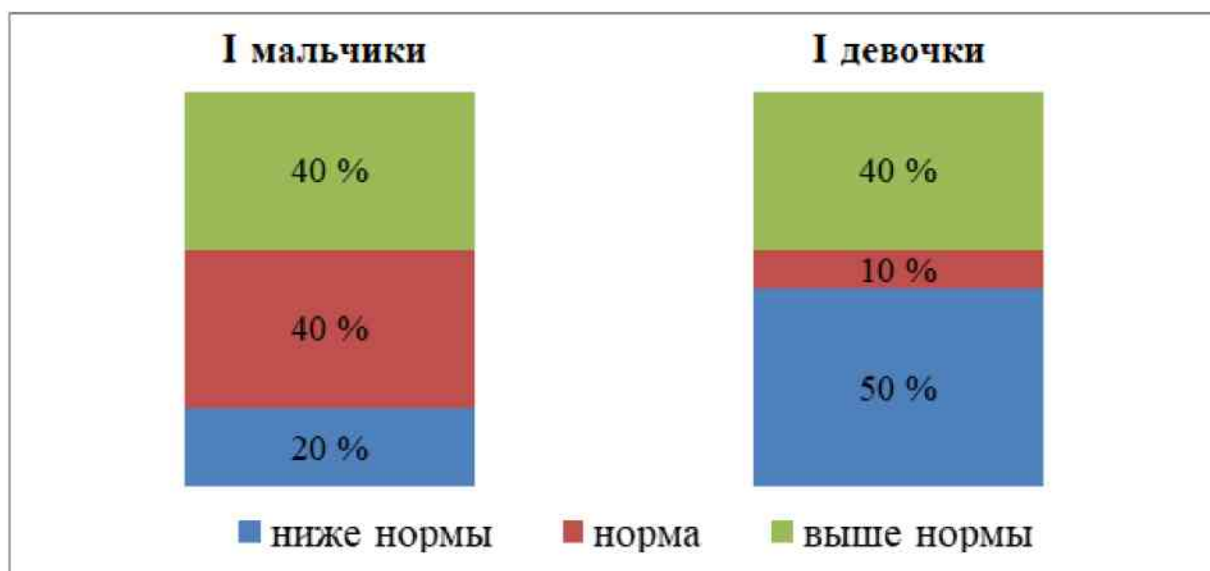


Рисунок 3. Распределение обучающихся I возрастной группы по уровням ДОО (%)

По средним значениям ОБО мальчики также значительно отличаются в сторону преобладания, по сравнению с девочками ($p=0.041$). Показатели общего обмена в I возрастной группе распределились по уровням следующим образом: нормальный уровень ОБО имели 20 % мальчиков и 30 % девочек, высокий уровень у обоих полов составил по 30 %, а вот низкий уровень был у 50 % мальчиков и 40 % девочек, (рис.4).

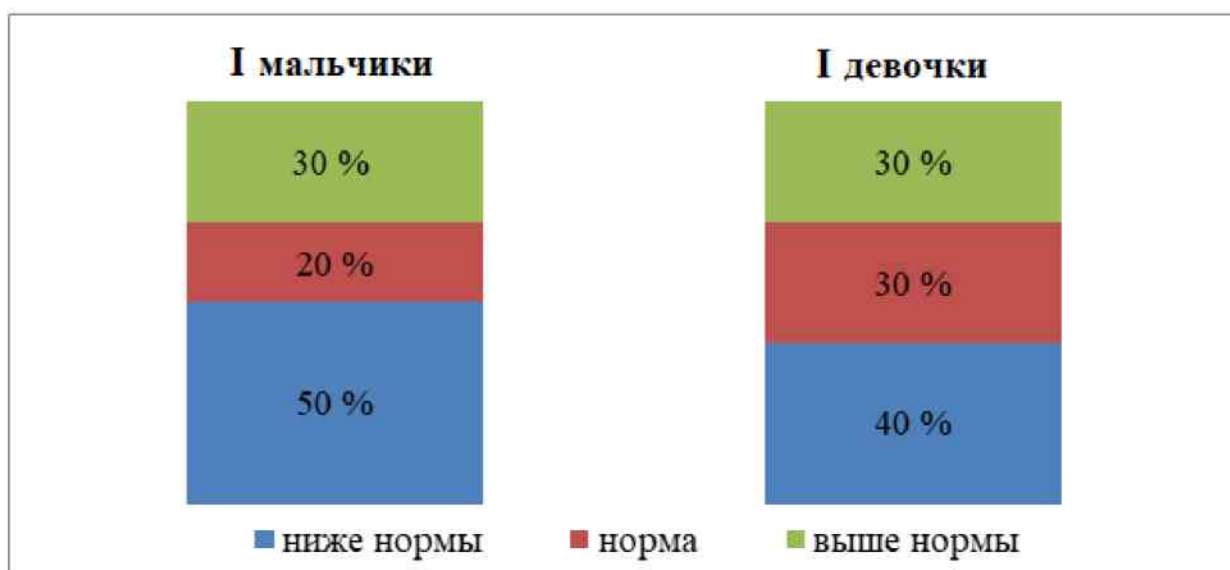


Рисунок 4. Распределение обучающихся I возрастной группы по уровням Обо (%)

Анализ показателей рабочей прибавки I возрастной группы показал, что в пределах нормы РП была у 20 % мальчиков и у 50 % девочек (рис.5). У мальчиков наблюдается перераспределение в группе в сторону преобладания более высоких значений РП: у 40 % мальчиков и лишь у 20 % девочек.

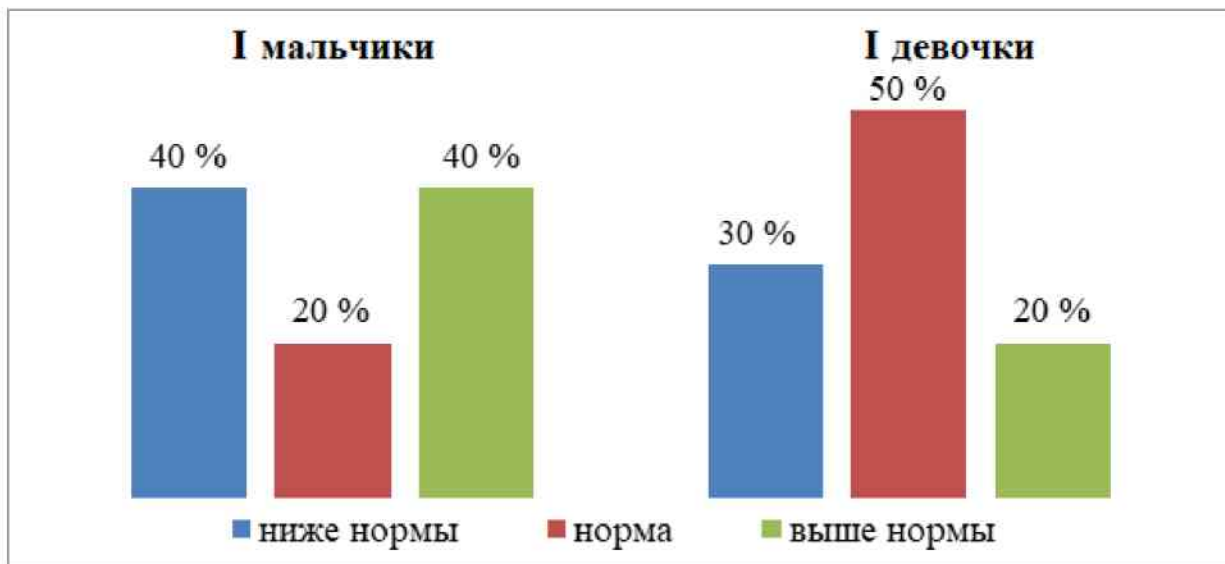


Рисунок 5. Распределение обучающихся I возрастной группы по уровням

РП (%)

Низкий уровень энергозатрат на внешнюю работу имели 40 % мальчиков и 30 % девочек.

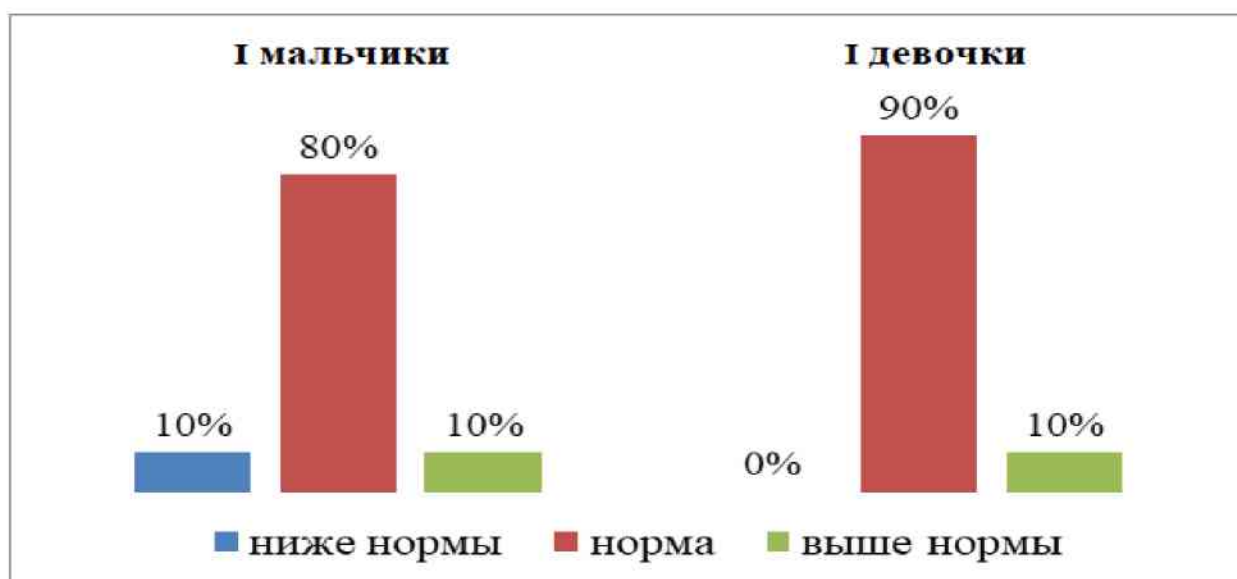


Рисунок 6. Распределение обучающихся I возрастной группы по уровням КФА (%)

Анализ КФА в I возрастной группе не выявил девочек с низким уровнем физической активности. Оценка КФА свидетельствует о преобладании в группе независимо от пола подростков с нормальной подвижностью: 80 % мальчиков и 90 % девочек ($p=0.000$). У 10 % мальчиков и девочек имеются показатели высокого уровня КФА.

3.3 Результаты исследования уровня обмена веществ и энергообмена II возрастной группы

По результатам, полученным в ходе исследования выделенных показателей, был проведён такой же анализ и во II возрастной группе.

Таблица 13– Распределение обучающихся II возрастной группы по уровням исследуемых показателей (%)

Возраст. группа	Пол	Уровни	Показатели				
			Уровень ИК	Уровень ДОО	Уровень ОБО	Уровень РП	Уровень КФА
II	♂	1	0	52,6	21,1	31,6	10,5
		2	57,9	10,5	42,1	31,6	68,4
		3	26,3	36,8	36,8	36,8	21,1
		4	15,8	-	-	-	-
	♀	1	5,9	17,6	47,1	52,9	11,8
		2	58,8	47,1	23,5	17,6	70,6
		3	17,6	35,3	29,4	29,4	17,6
		4	17,6	-	-	-	-

Анализ показателей ИК II возрастной группы показал, что нормальную массу тела имеют более половины мальчиков и девочек. Дефицит массы тела наблюдался лишь у 5,9 % девочек. Показатель избыточной массы тела был у 26,3 % мальчиков и у 17,6 % девочек (рис.7).



Рисунок 7. Распределение обучающихся II возрастной группы по ИМТ (%)

В ходе анализа ДОО во II возрастной группе оказалось, что среди мальчиков преобладают те, у кого значения основного обмена ниже нормы – 52,6 %, в то время, как среди девочек таких лишь 17,6 % ($p=0.004$) (рис.8).

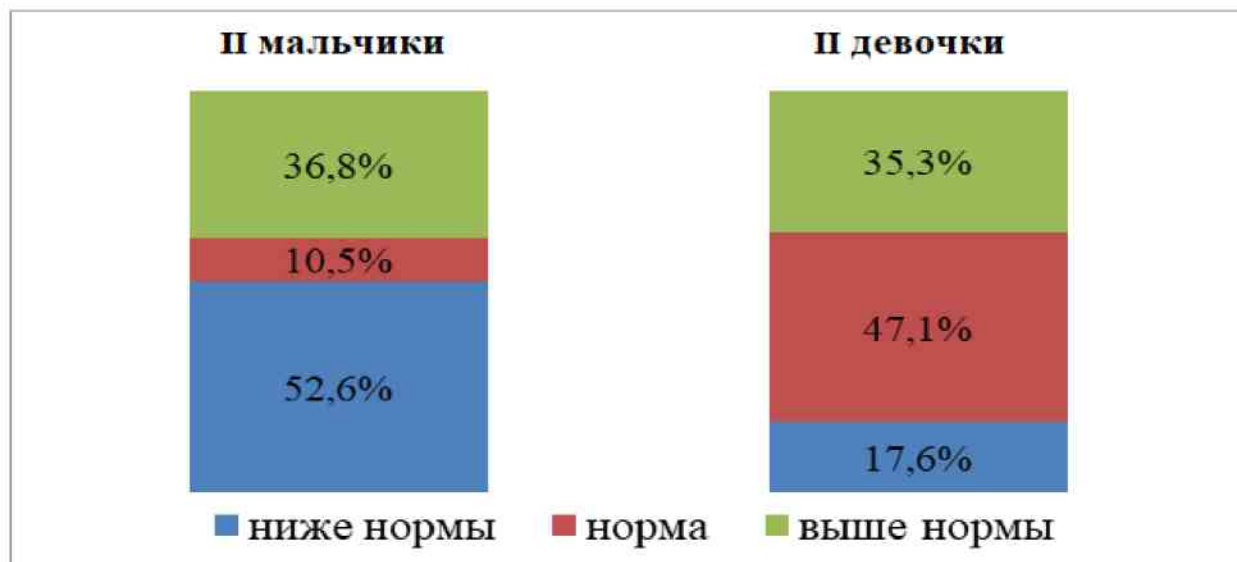


Рисунок 8. Распределение обучающихся II возрастной группы по уровням ДОО (%)

Перераспределение произошло в сторону большего числа девочек с ДОО в пределах нормы (соответственно 10,5 % мальчиков и 47,1 % девочек). Высокий уровень ДОО был у 36,8 % мальчиков и у 35,3 % девочек.

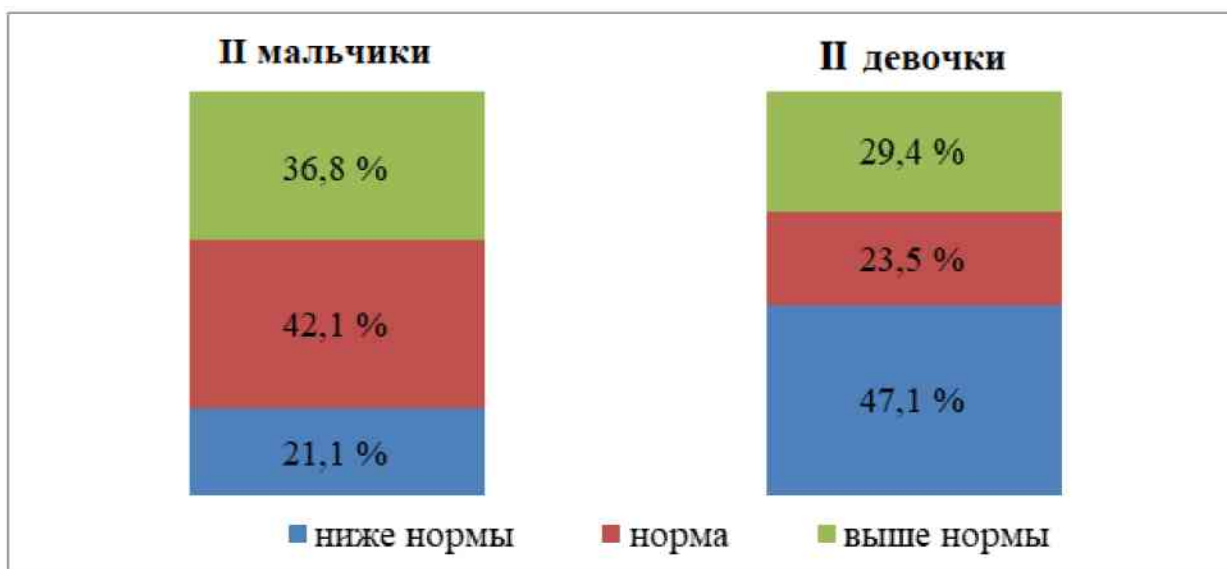


Рисунок 9. Распределение обучающихся II возрастной группы по уровням ОБО (%)

По общим энерготратам мальчики значительно отличаются от девочек в сторону преобладания у них низких значений ОБО ($p=0.002$). Показатели общего обмена во II возрастной группе распределились по уровням следующим образом: нормальный уровень ОБО имели 42,1 % мальчиков и 23,5 % девочек, низкий уровень был у 21,1 % мальчиков и 47,1 % девочек, высокий уровень ОБО составил у 36,8 % мальчиков и у 29,4 % девочек.

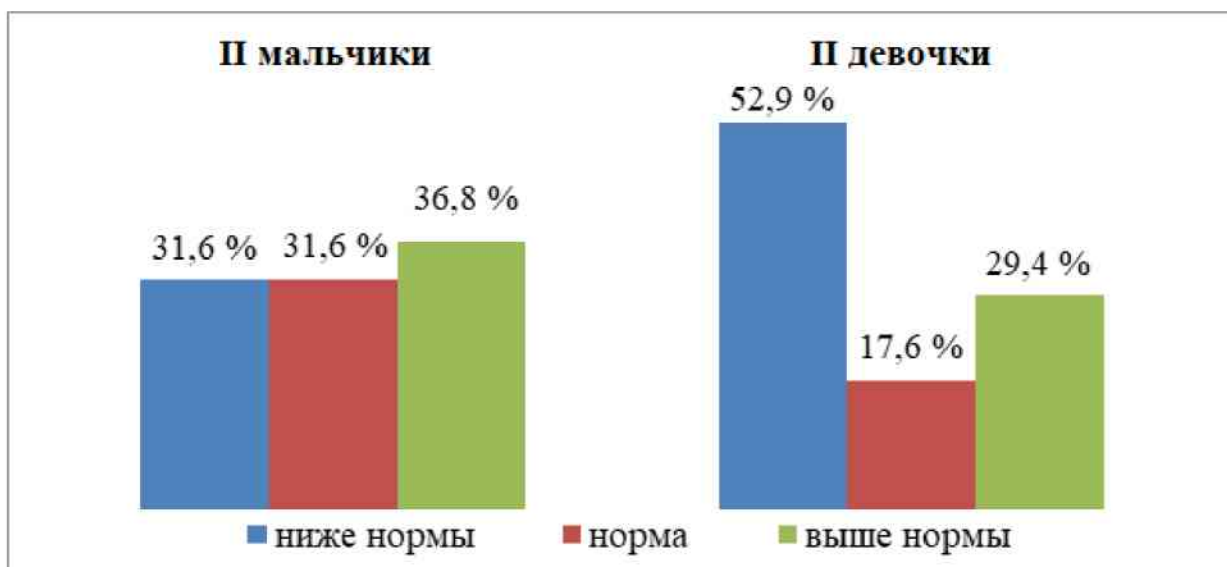


Рисунок 10. Распределение обучающихся II возрастной группы по уровням РП (%)

Анализ показателей рабочей прибавки среди обучающихся II возрастной группы показал, что в пределах нормы РП была у 31,6 % мальчиков и у 17,6 % девочек (рис.10).

Стоит отметить, что среди подростков преобладают девочки с низким уровнем энергозатрат на внешнюю деятельность – их оказалось 52,9 %. Мальчики на уровне тенденции отличаются от девочек в сторону преобладания более высоких уровней РП ($p=0.059$).

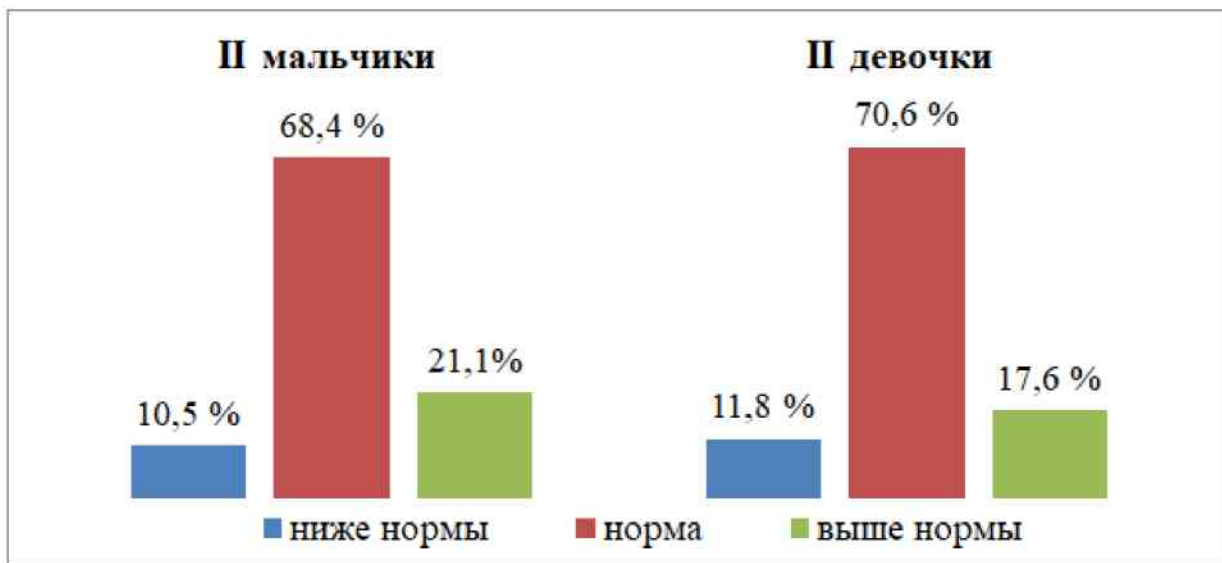


Рисунок 11. Распределение обучающихся II возрастной группы по уровням КФА (%)

Анализ КФА во II возрастной группе не выявил половых различий в распределении значений КФА по уровням. Среди подростков 13-14 лет преобладают девочки и мальчики с нормальным уровнем подвижности. Высокие показатели уровня КФА отмечены у 21,1 % мальчиков и у 17,6 % девочек.

3.4 Результаты исследования уровня обмена веществ и энергообмена III возрастной группы

Результаты, полученные в ходе исследования среди обучающихся III возрастной группы, были также подвергнуты статистической обработке и анализу.

Таблица 14–Распределение обучающихся III возрастной группы по уровням исследуемых показателей (%)

Возраст. группа	Пол	Уровни	Показатели				
			Уровень ИК	Уровень ДОО	Уровень ОБО	Уровень РП	Уровень КФА
III	♂	1	6,7	40	33,3	26,7	46,7
		2	60	26,7	26,7	46,7	53,3
		3	20	33,3	40	26,7	0
		4	13,3	-	-	-	-
	♀	1	6,7	40	20	46,7	33,3
		2	80	13,3	33,3	13,3	66,7
		3	0	46,7	46,7	40	0
		4	13,3	-	-	-	-

Проведённый анализ исследуемых показателей обменных процессов в III возрастной группе показал значимые половые различия по весу тела ($64,7 \pm 2,23$ и $58,36 \pm 1,51$) и индексу массы тела (ИК) в сторону преобладания среди мальчиков случаев избыточной массы тела (соответственно 20 % и 0 %) ($p=0.000$).

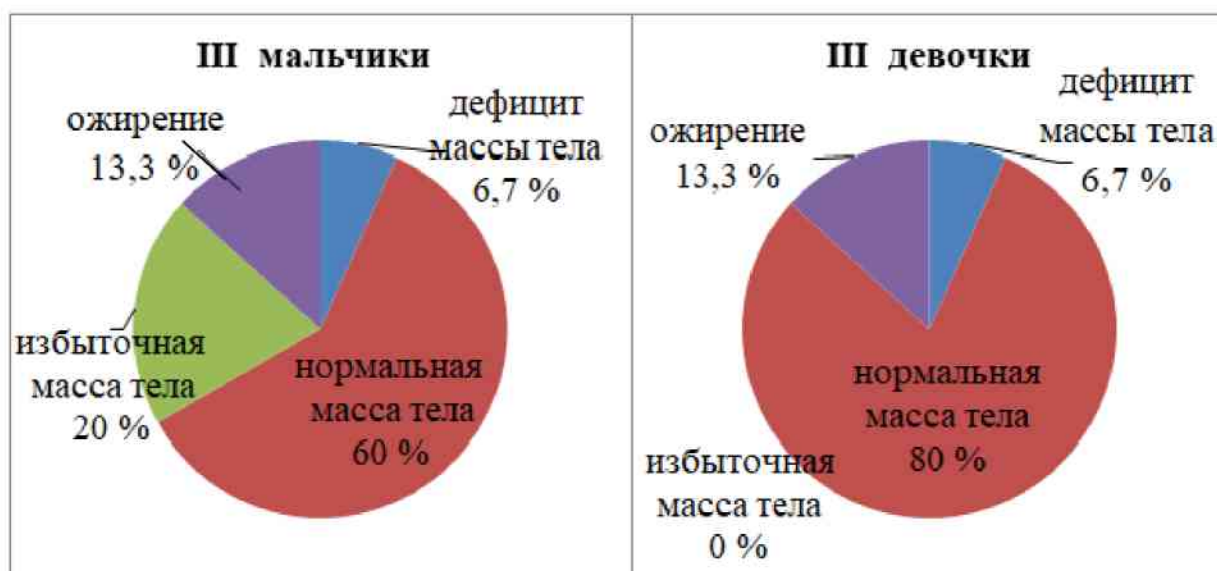


Рисунок 12. Распределение обучающихся III возрастной группы по уровням ИМТ(%)

Анализ показателей ИК III возрастной группы показал, что нормальную массу тела имеют 60 % мальчиков и 80 % девочек. Особого внимания заслуживает дефицит массы тела, выявленный у 6,7 % мальчиков и девочек.

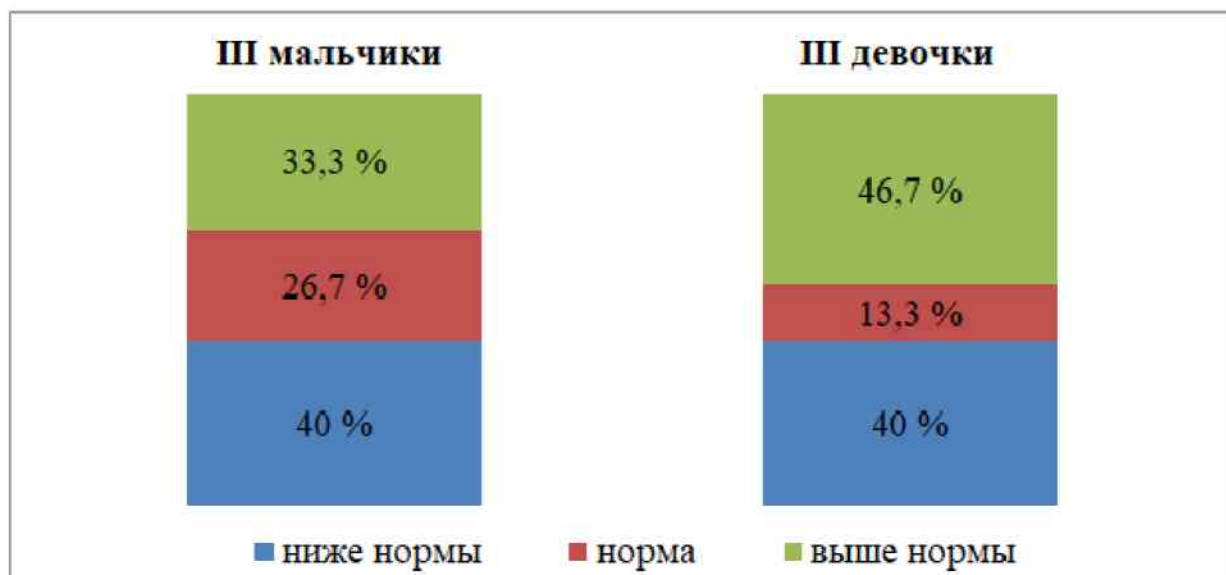


Рисунок 13. Распределение обучающихся III возрастной группы по уровням ДОО (%)

Возраст 15-17 лет приходится на окончание периода полового созревания, а как известно, девочки опережают мальчиков в среднем на 1 год. Возможно в связи с этим среди подростков значительно преобладают, как и во II возрастной группе, девочки с высоким уровнем ДОО ($p=0.004$). Мальчики значимо отличаются от девочек преобладанием нормальных значений показателя ДОО.

Анализ ДОО III возрастной группы показал, что низкий уровень внутренних обменных процессов наблюдается у 40 % мальчиков и девочек.

Мальчики значимо отличаются от девочек в сторону преобладания у них средних значений ОБО ($p=0.004$).

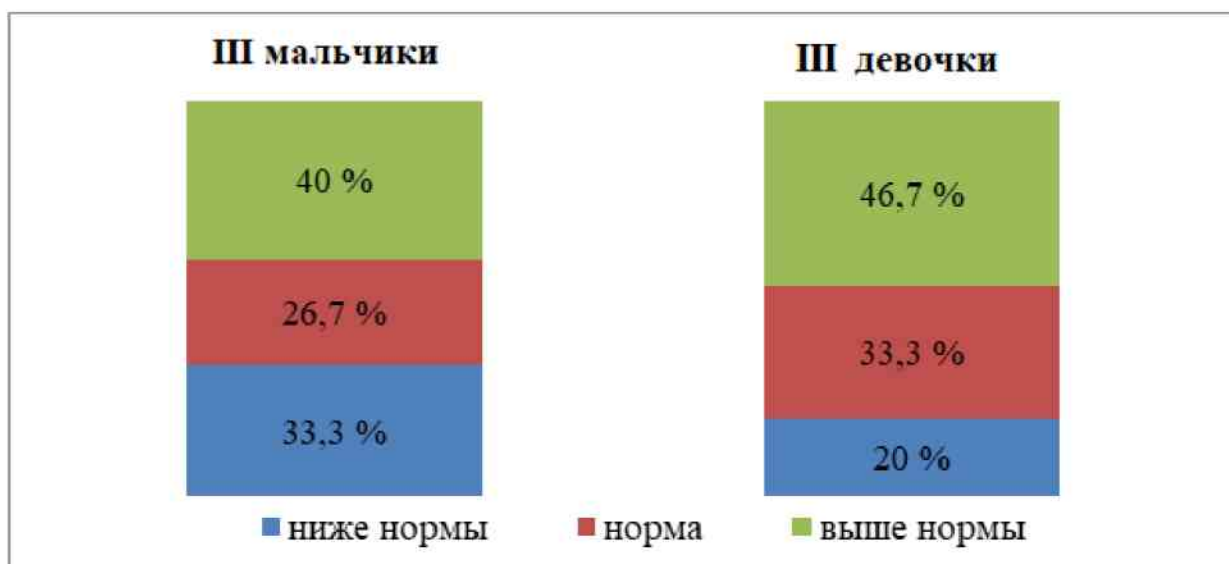


Рисунок 14. Распределение обучающихся III возрастной группы по уровням ОБО (%)

Показатели общего обмена III возрастной группы распределились по уровням следующим образом: нормальный уровень ОБО имели 26,7 % мальчиков и 33,3 % девочек, низкий уровень был у 33,3 % мальчиков и 20 % девочек, высокий уровень ОБО составил у 40 % мальчиков и у 46,7 % девочек.

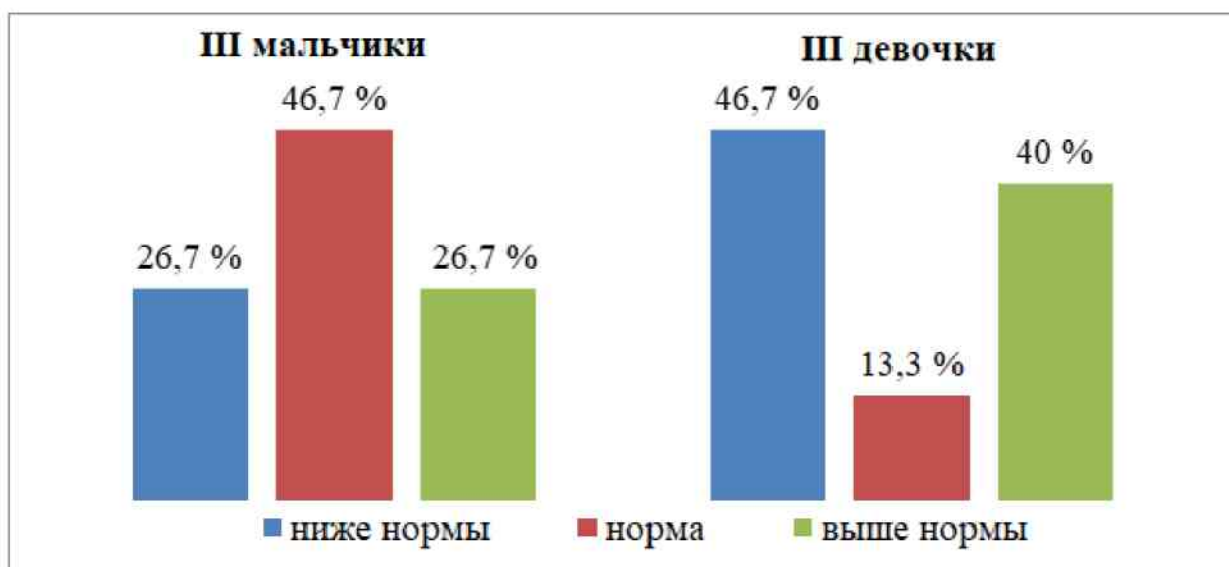


Рисунок 15. Распределение обучающихся III возрастной группы по уровням РП (%)

Анализ показателей рабочей прибавки в III возрастной группе показал, что среди мальчиков значимо больше с нормативными значениями, по

сравнению с девочками. Так в пределах нормы РП была у 46,7 % мальчиков и у 13,3 % девочек ($p=0.034$). Соответственно почти половина девочек имела низкий уровень энергозатрат на внешнюю работу.

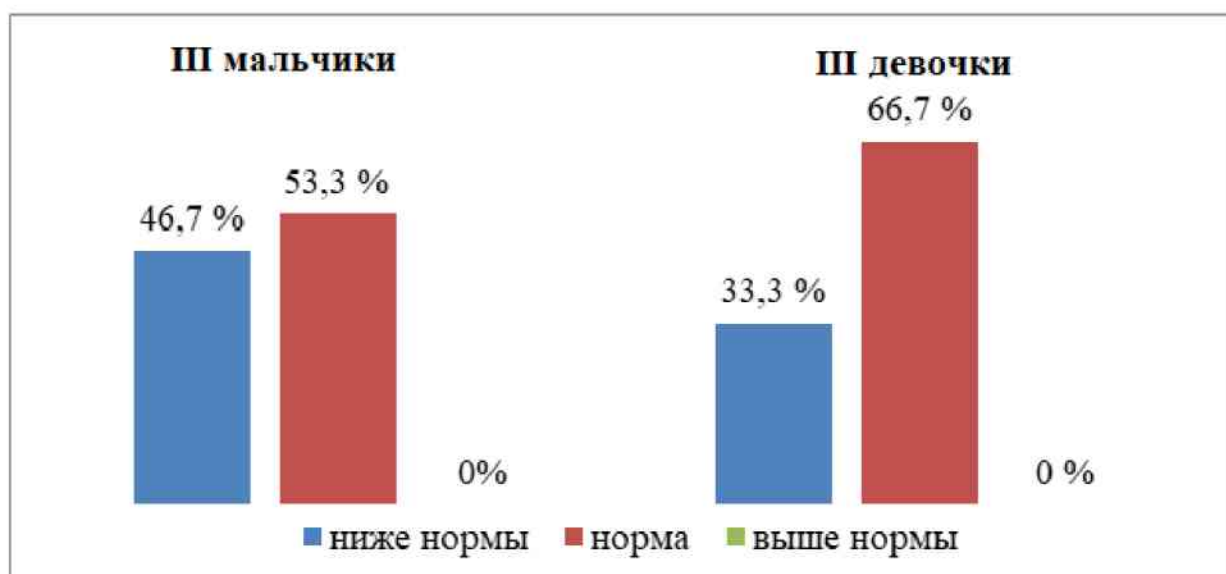


Рисунок 16. Распределение обучающихся III возрастной группы по уровням КФА (%)

Результаты анализа уровня подвижности заставляют задуматься о том, что, несмотря на введение 3 урока физкультуры в расписание школьников, КФА значительно снижается с возрастом. Так в III возрастной группе имеются показатели низкого уровня КФА у 46,7 % мальчиков и у 33,3 % девочек. Нормальный уровень КФА имеют 53,5 % мальчиков и 66,7 % девочек. При этом высокого уровня КФА ни у мальчиков, ни у девочек нет.

3.5 Анализ суточных энергетических затрат подростков

Во всех возрастных группах по показателю общего суточного энергетического обмена были выделены подростки со значениями нормы ОБО, а также ниже и выше нормы. Было интересно узнать, на какой вид деятельности современные подростки тратят больше времени и энергии. Для этого, данные самоотчета обучающихся были проанализированы, и сопоставлены в процентном соотношении по виду деятельности (таблица 15).

Таблица 15 –Соотношение видов деятельности обучающихся в минутах, %, минутах, ккал

Вид деятельности											
Физическая активность						Умственная работа				Отдых	
утренняя зарядка, личная гигиена, хозяйственно-бытовая работа, самообслуживание		ходьба, прогулка, езда в транспорте		занятия физической культурой, спортом		школьные занятия		подготовка д/з, работа за компьютером, занятия с репетитором		отдых сидя, прием пищи, сон	
100 мин	7%	120 мин	8,3 %	50 мин	3,6 %	270 мин	18,7 %	215 мин	14,9 %	685 мин	47,5 %
328,23 ккал		406,16 ккал		226,22 ккал		421,98 ккал		315,5 ккал		584,66 ккал	
270 мин (18,9 %) 960,6 ккал						485 мин (33,6 %) 737,4 ккал				685 мин (47,5 %) 584,66 ккал	

Умственная работа от общего суточного энергетического обмена у подростков составляет 34 % (485 минут) и приблизительно на нее учащиеся тратят 737,4 ккал в сутки (рис.17).

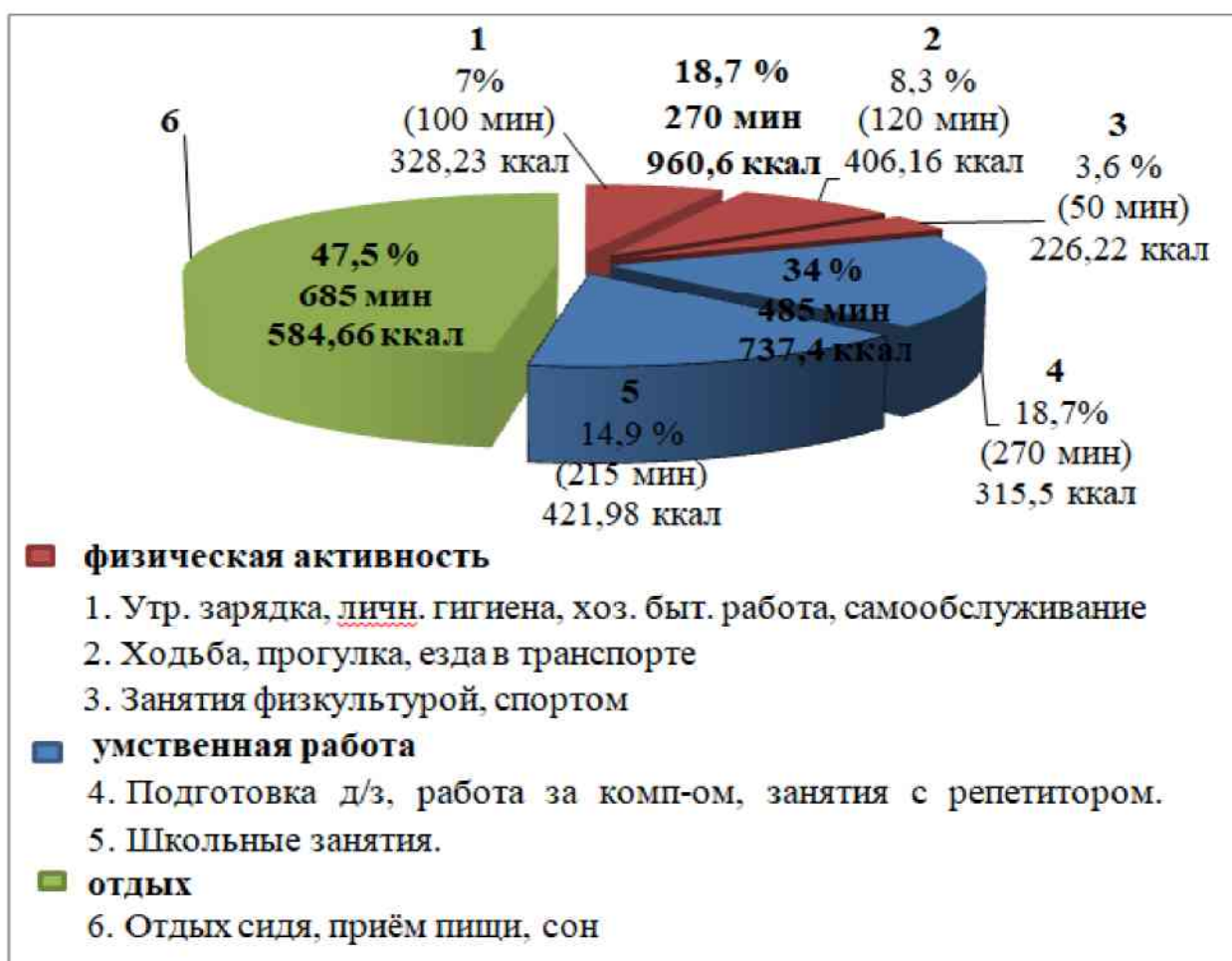


Рисунок 17. Распределение видов деятельности обучающихся (% , мин, ккал)

Умственная работа по времени преобладает над физической активностью. Физическая активность подростков была рассмотрена по трем уровням. В первый уровень были объединены утренняя зарядка, личная гигиена, хозяйственно-бытовая работа, самообслуживание 7 % (100 минут), во второй – ходьба, прогулка, езда в автобусе 8,3 % (120 минут), в третий – занятия физической культурой, спортом 3,6 % (50 минут). Итого физическая активность составила 18,7 % (270 минут) в сутки; $\approx 960,6$ ккал в сутки.

Анализ общего энергетического обмена современных подростков, показал, что малое количество времени отводится занятиям физической культуре и спорту, что может негативно сказываться на состоянии их здоровья в условиях длительной умственной работы. Для сохранения баланса обменных процессов обучающихся были разработаны рекомендации (приложение 3).

Рекомендации по сохранению баланса обменных процессов у подростков

У здорового человека существует баланс между приходом и расходом энергии. Наш организм постоянно расходует энергию на осуществление сложных биохимических процессов, таких, как питание, умственная и физическая работа, занятия спортом, творчеством и др. Для осуществления и сохранения оптимального баланса между приходом и расходом энергии в организме необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

1. Правила соблюдения режима питания и их значения.

– Есть нужно в одни и те же часы. Желудочный сок начинает выделяться до еды, уже во время приема пищи она начинает сразу же перевариваться. Если не придерживаться этого правила, то желудочный сок начинает выделяться только во время еды, пища переваривается дольше – это может привести к заболеваниям желудка.

– Не переедать. При сбалансированном питании поступление питательных веществ в организм приблизительно равно их расходу. При переедании возникает положительный энергетический баланс, т.е. в организм поступает больше питательных веществ, чем положено. При этом если наблюдается и сохраняется длительное время низкая физическая активность, то это, в результате, может привести к избыточному весу и ожирению.

– Не увлекаться диетами для похудения. Если в организм поступает меньше питательных веществ, чем положено, то возникает, отрицательный энергетический баланс. Когда энергетическая ценность принимаемой еды недостаточна в течение долгого времени, это может привести к нарушениям роста и общего развития, потере веса, дистрофии и слабоумию.

– Употреблять в пищу овощи, фрукты, зелень. В организм должны поступать достаточное количество витаминов и минеральных веществ. При употреблении большого количества сладкого организм получает избыток углеводов, который преобразуется в жир. А также возникает опасность кариеса зубов.

- Есть четыре раза в день. Завтрак должен содержать 25% дневной нормы, обед – 40%, полдник – 15%, ужин – 20%. При данном режиме соблюдается оптимальное (нормальное) снабжение организма питательными веществами.

- Ужинать за два часа до сна. Если пища успевает перевариться до сна, то это обеспечивает хороший сон. Если плотно поесть на ночь, то пища будет перевариваться во время сна и сон будет плохим.

2. Правила соблюдения режима труда и отдыха.

- Ложиться и вставать всегда в одно и то же время. Нарушение биоритмов ведет к нарушению обменных процессов в организме. Наиболее благоприятное время отхода ко сну – с 21 до 22 часов.

- Для сохранения высокой работоспособности на уроках, при выполнении домашних заданий необходимо каждые 40-45 минут работы делать десятиминутные перерывы, во время которых выполнить несколько физических упражнений для мышц спины, конечностей.

- Не следует «залеживаться» учащимся второй смены. При позднем подъеме теряется время наиболее высокой работоспособности, можно не успеть подготовить домашнее задание, погулять перед занятиями в школе, выполнить поручения по дому, так как вечером, после второй смены, особенно в зимой, времени на прогулку может не оказаться.

- Сидеть перед телевизором или компьютером не чаще 4-5 раз в неделю (время непрерывного нахождения у экрана - не более 30-60 минут).

3. Рекомендации по физической активности.

- Уровень общей двигательной активности детей в возрасте 11-14 лет должен составлять ежедневно 4-5 часов, а в возрасте 15-17 лет – 3-4 часа для мальчиков и 3-4,5 часов для девочек.

- Рекомендовано посещать спортивные секции. Выбрать секции можно по уровню физической подготовки и (или), по индивидуальным

предпочтениям. Физическая активность продолжительностью более 60 минут в день принесет дополнительную пользу для здоровья.

- Если не посещаете спортивную секцию, то можно самостоятельно выполнять физические упражнения дома, на прогулке предпочтение отдавать ходьбе, езде на велосипеде.

4. Сохранение положительного эмоционального состояния.

- Избежание умственных перегрузок. Умственные перегрузки могут стать причиной неконтролируемого расхода энергии.

- Эмоциональный контроль. Неконтролируемые эмоции (гнев, страх, тоска, беспокойство), пустая болтовня, привычные отрицательные состояния (привычка быть всегда недовольным, властным, «крутым»), так же приводят к неконтролируемому расходу энергии. После таких состояний, вы можете почувствовать «упадок сил».

- Контроль над чрезмерной активностью. Излишняя активность (суетливость) рассеивает энергию и сама является признаком низкого уровня энергии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как и ожидалось, по всем антропометрическим показателям старшие подростки отличались более высокими результатами по сравнению с младшими [2]. Среди мальчиков подобная тенденция наблюдается по показателям массы тела ($p < 0.05$), роста ($p < 0.05$), ИК ($p < 0.05$). У девочек к 13-14 годам наблюдается ростовой скачок, благодаря которому они значительно отличаются от 11-летних по росту и массе ($p < 0.05$). Такая тенденция характерна и для старших девочек-подростков [1]. Анализ параметров физического развития по ИК выявил преобладание у подростков нормальной массы тела в каждой возрастной группе. В то же время следует обратить внимание на наличие среди подростков большого числа мальчиков и девочек, как с дефицитом веса, так и с избыточной массой тела (кроме I группы) и с ожирением.

При анализе ДОО оказалось, что среди мальчиков с возрастом наблюдается тенденция к снижению внутреннего метаболизма. Стоит отметить, что среди мальчиков II и III возрастных групп значительно преобладают подростки с низким основным обменом ($p < 0.05$). Можно предположить, что это связано с особенностями весоростовых отношений, так как известно, что именно у людей с низкими и нормальными значениями массы тела отмечается высокий основной обмен.

Девочки всех возрастных групп в основном имели достаточно высокие значения ДОО (40 %, 35,3 % и 46,7 % соответственно). Стоит отметить, что девочки 15-17 лет по средним значениям ДОО значительно отличались более интенсивными обменными процессами ($p < 0.05$).

Анализ возрастной динамики общего обмена показал, что и у мальчиков, и у девочек от I ко II возрастной группе происходит усиление энергозатрат на внешнюю работу ($p < 0.05$). В процессе взросления происходит уменьшение активного компонента в жизни подростка. В связи с

этим в III возрастной группе наблюдается более низкое среднее значение ОБО ($p < 0.05$).

По средним значениям рабочей прибавки среди подростков, независимо от пола, наблюдается положительная возрастная динамика от 11-12 до 13-14 лет ($p < 0.05$), к тому же увеличивается число подростков со значениями нормы по энергозатратам на физическую и умственную деятельность. В более старшей группе происходит снижение этого показателя, также, независимо от пола. Следует отметить увеличение с возрастом доли мальчиков, с нормальными значениями РП. Мы предполагаем, что у старших подростков среди режимных моментов начинает преобладать не физическая нагрузка, а интеллектуальный труд, связанный с подготовкой к ОГЭ и ЕГЭ, а как известно, умственная деятельность требует низких энергетических ресурсов.

На это указывает и изменения КФА с возрастом: так и у девочек, и у мальчиков к III возрастной группе отмечается уменьшение случаев высокого уровня подвижности ($p < 0.05$), и средние значения данного показателя также снижаются к 15-17 годам. Корреляционный анализ подтвердил зависимость уровня РП от КФА ($p < 0.05$).

Разработанные и предложенные подросткам рекомендации по сохранению энергетического баланса могут способствовать не только сохранению внутренних ресурсов, но и поддерживать высокий уровень потенциала личностного развития

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аникина Т.А., Зефирова Т.Л. Возрастная анатомия, физиология и гигиена: учебное пособие. Казань, КФУ, 2013. 166 с.
2. Антонова О.А. Возрастная анатомия и физиология: учебник Москва: Высш. образование, 2006. 192с.
3. Ахметжанова Г.В. Применение методов математической статистики в психолого-педагогических исследованиях: электронное учебное пособие. Тольятти: ТГУ, 2016. 147 с.
4. Баранов А.А., Кучма В.Р., Скоблина Н.А. Физическое развитие детей и подростков на рубеже тысячелетий. Москва: Научный центр здоровья детей РАМН, 2008. 216 с.
5. Баранов А.А. Физическое развитие детей и подростков Российской Федерации. Москва: Издательство «ПедиатрЪ», 2013. 192 с.
6. Богомолова Е.С. Оценка физического развития детей и подростков. Нижний Новгород: НГМА, 2006. 260 с.
7. Власов В.Н. Биохимия человека: сборник учебно-методических материалов. Тольятти: ТГУ, 201. 135 с.
8. Дедов И.И. Рекомендации по диагностике, лечению и профилактике ожирения у детей и подростков. Москва: Практика, 2015. 136 с.
9. Кучма В.Р. Гигиена детей и подростков. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2020. 523с.
10. Лебедев В. Г. Физиология питания: учебное пособие. Ярославль: ЯрГУ, 2009. 112 с.
11. Любимова, З.В. Возрастная анатомия и физиология. Учебник высш. образования. Люберцы: Юрайт, 2016. 447 с.
12. Мануева Р. С. Физическое развитие детей и подростков. Показатели. Методы оценки: учебное пособие. Иркутск: ИГМУ, 2018. 52 с.
13. Молчанов, С. В. Психология подросткового и юношеского возраста: учебник для академического бакалавриата. Москва: Юрайт, 2016. 351 с.

14. Новицкий В.В. Патолофизиология: учебник для высш. образования. Москва: ГЭОСТАР-Медиа, 2020. 107 с.
15. Нормальная физиология: курс лекций. Витебск: ВГМУ, 2017. 611 с.
16. Ньюсхолм Э. Регуляция метаболизма. Москва: Мир, 2003. 327с.
17. Перьева Е.А. Комплексная оценка фактического питания и пищевого статуса детей и подростков: учебное пособие. Москва: ГБОУ ДПО РМАПО, 2014. 73 с.
18. Прищепа И.М. Возрастная анатомия и физиология: учебное пособие. Минск: Новое знание, 2006. 416 с.
19. Псеунок А.А. Основы анатомии и физиологии детей и подростков: учебник для высш. образования. Майкоп: АГУ, 2006. 180 с.
20. Покровский В.М. Физиология человека. Москва: Высшее образование, 2009. 214 с.
21. Райс Ф., Долджин К. Психология подросткового и юношеского возраста. Санкт-Петербург: Питер, 2010. 816 с.
22. Сапин М. Р. Анатомия и физиология детей и подростков: учеб.пособие для студ. пед. вузов. Москва: Академия, 2007. 432 с.
23. Сапин М.Р. Анатомия и физиология человека (с возрастными особенностями детского организма): учебник для высш.образования. Москва: Academia, 2018. 704 с
24. Сапин М.Р. Анатомия человека (с элементами физиологии). Москва: Медицина, 2008. 624 с.
25. Сай Ю.В. Анатомия и физиология человека. Словарь терминов и понятий: учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2019. 116 с.
26. Сологуб Е.Б. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная. Москва: Олимпия Пресс, 2005. 528 с.
27. Судаков К.В. Нормальная физиология: учебник для высш.образования. Москва: ООО «Медицинское информационное агентство», 2006. 920 с.
28. Судаков К. В. Физиология человека: Атлас динамических схем: учебное пособие. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2015. 416 с.

29. Сушко Г.Г. Возрастная физиология и школьная гигиена: учебник для высш. образования. Витебск : УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2003. 98 с.
30. Царькова С.А. Основы здоровья детей и подростков. Основы питания детей раннего и старшего возраста. Екатеринбург: УГМУ, 2018. 137 с.
31. Цыган В.Н. Патофизиология обмена веществ: учебное пособие. Санкт-Петербург: СпецЛит, 2013. 335 с.
32. Черныш. П. П. Изменения энергетического обмена у здоровых лиц при психоэмоциональном стрессе: научная статья // Молодой ученый. 2015. № 4 (84). С. 114-117. URL: <https://moluch.ru/archive/84/15620/> (дата обращения: 21.02.2022).
33. Юрканис Л. Причины, лечение и симптомы нарушения обмена веществ. Медицинский портал. URL: [www.dr20.ru / health / narushenie - obmena - veshestv /](http://www.dr20.ru/health/narushenie-obmena-veshestv/) (дата обращения: 15.02.2022).
34. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации МР: методические рекомендации [Электронный ресурс]. 2.3.1.2432-08. Введ. с 18.12.2008. Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 36 с. URL: <https://www.rosпотребнадзор.ru/documents/details> (дата обращения: 26.01.2022).
35. Эндокринные болезни, расстройства питания, нарушения обмена веществ и иммунитета, в любом возрасте, на 100000 населения [Электронный ресурс] ВОЗ. URL: <https://gateway.euro.who.int/ru/indicators/hfa> (дата обращения: 27.01.2022).
36. Процент молодых людей в возрасте 11, 13 или 15 лет, страдающих избыточным весом или ожирением в соответствии с нормами роста детей, разработанными ВОЗ, с разбивкой по полу URL: https://gateway.euro.who.int/ru/indicators/cah_22-overweight-and-obese-11-13-15-years/ (дата обращения: 28.01.2022).

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение 1

Таблица 1 Регистрация данных обучающихся и результаты расчетов

№ п/п	Пол ♂/♀	Возраст (лет)	Вес (кг)	Рост (см)	Индекс Кетле	Уровень ИК	Должный основной обмен (ккал в сутки)	Уровень ДОО	Общий обмен	Уровень общего обмена	Рабочая прибавка	Уровень рабочей прибавки	КФА	Уров. КФА
1	1	11	39,1	153	16	1	1294,86	1	2496,13	1	1201,27	2	1,9	2
2	1	11	42,2	150	19	2	1322,49	2	2555,93	2	1233,44	2	1,9	2
3	1	11	38,6	148	18	2	1262,98	1	2518,13	2	1255,15	3	1,9	2
4	1	11	49,1	152	21	4	1427,37	3	2386,83	1	959,46	1	1,6	1
5	1	11	44,2	155	18	2	1375	3	2651,96	3	1276,96	3	1,9	2
6	2	11	36,3	143	18	2	1215,24	1	2385,06	2	1169,82	2	1,9	2
7	2	11	39,4	145	19	2	1248,58	1	2250	1	1001,42	1	1,8	2
8	2	11	34,7	140	18	2	1194,39	1	2310,22	1	1115,83	2	1,9	2
9	2	11	37,5	142	19	2	1224,86	1	2532,13	3	1307,27	3	2,0	3
10	2	11	42,4	141	21	4	1269,87	2	2392,16	2	1122,29	2	1,8	2

11	1	12	43,6	152	19	2	1344,98	2	2397,33	1	1052,35	1	1,7	2
12	1	12	46,2	154	19	2	1390,74	3	2778,55	3	1387,81	3	1,9	2
13	1	12	41,5	158	17	1	1346,1	2	2498,57	1	1152,47	1	1,8	2
14	1	12	44,7	150	20	2	1350,11	2	2807,13	3	1457,02	3	2,0	3
15	1	12	48,6	149	22	4	1398,74	3	2451,51	1	1052,77	1	1,7	2
16	2	12	36,8	143	18	2	1215,34	1	2320,2	1	1104,86	1	1,9	2
17	2	12	45,3	152	20	2	1313,28	3	2454,62	2	1141,34	2	1,8	2
18	2	12	42,4	148	19	2	1278,15	3	2372,84	1	1094,69	1	1,8	2
19	2	12	54,1	150	24	4	1393,74	3	2656,85	3	1263,11	3	1,9	2
20	2	12	49,3	151	22	4	1349,68	3	2508,39	3	1158,71	2	1,8	2
21	1	13	48,4	158	19	2	1434,2	1	2363,35	1	929,15	1	1,6	1
22	1	13	57,2	158	23	4	1555,2	2	3189,27	3	1634,07	3	2,0	3
23	1	13	51,6	152	22	3	1448,2	1	2650,17	1	1201,97	1	1,8	2
24	1	13	50,8	164	19	2	1497,2	1	2809,55	2	1312,35	2	1,8	2
25	1	13	59,4	163	22	3	1610,5	3	3347,11	3	1736,61	3	2,0	3
26	1	13	51,4	158	21	2	1475,49	1	2845,17	2	1369,68	2	1,9	2
27	1	13	50,6	155	21	2	1449,49	1	2793,1	1	1343,61	2	1,9	2

28	1	13	54,4	160	21	2	1526,75	1	2889,65	2	1362,9	2	1,8	2
29	1	13	59,7	164	22	3	1619,63	3	2919,99	2	1300,36	1	1,8	2
30	1	13	53,2	161	21	2	1515,24	1	3142	3	1626,76	3	2,0	3
31	2	13	42,4	153	18	1	1282,72	1	2478,42	1	1195,7	1	1,9	2
32	2	13	52,1	156	21	2	1381,03	2	3116,19	3	1735,16	3	2,2	3
33	2	13	56,6	155	24	4	1422,22	3	2569,13	1	1146,91	1	1,8	2
34	2	13	49,7	152	22	3	1350,68	2	2253,2	1	902,52	1	1,6	1
35	2	13	51,5	151	23	4	1366,05	2	2547,11	1	1181,06	1	1,8	2
36	2	13	52,1	156	21	2	1381,03	2	2678,42	2	1297,39	2	1,9	2
37	2	13	48,9	162	19	2	1361,53	2	2916,19	3	1554,66	3	2,1	3
38	2	13	58,4	163	22	3	1454,23	3	2869,13	3	1414,9	3	1,9	2
39	2	13	50,3	158	20	2	1367,52	2	2800,55	3	1433,03	3	2,0	2
40	1	14	50,8	165	19	2	1495,48	1	2978,46	2	1482,98	3	1,9	2
41	1	14	70,1	170	24	4	1785,89	3	3134,58	3	1348,69	2	1,7	2
42	1	14	52,4	168	19	2	1532,49	1	2979,09	2	1446,6	2	1,9	2
43	1	14	50,9	160	20	2	1471,86	1	3007,45	3	1535,59	3	2,0	3
44	1	14	57,6	167	21	2	1599	3	2881,57	2	1282,57	1	1,8	2

45	1	14	56,8	159	22	3	1548,0	2	2509,03	1	961,03	1	1,6	1
46	1	14	61,1	157	25	4	1597,1	3	3142,76	3	1545,66	3	1,9	2
47	1	14	62,2	170	22	3	1677,3	3	2889,7	2	1212,4	1	1,7	2
48	1	14	63,1	173	21	2	1704,6	3	3350,17	3	1645,57	3	1,9	2
49	2	14	48,7	155	20	2	1341,99	1	2647,05	2	1305,06	2	1,9	2
50	2	14	52,3	159	21	2	1383,82	2	2932,85	3	1549,03	3	2,1	3
51	2	14	55,4	161	21	2	1417,17	3	2634,21	2	1217,04	1	1,8	2
52	2	14	49,8	154	21	2	1350,66	1	2363,35	1	1012,69	1	1,7	2
53	2	14	52,1	157	21	2	1378,21	2	2509,03	1	1130,82	1	1,8	2
54	2	14	59,8	155	25	4	1448,15	3	2603,39	1	1155,24	1	1,7	2
55	2	14	61,2	166	22	3	1481,88	3	2753,27	2	1271,39	2	1,8	2
56	2	14	58,3	165	21	2	1452,30	3	2408,76	1	956,46	1	1,6	1
57	1	15	48,9	162	19	1	1447,6	1	2609,76	1	1162,16	2	1,8	2
58	1	15	59,4	163	22	2	1597	1	3189,7	3	1592,7	3	1,9	2
59	1	15	58,3	165	21	2	1591,87	1	3152,17	3	1560,3	3	1,9	2
60	1	15	62,2	170	22	2	1670,5	2	2897,55	2	1227,05	2	1,7	2
61	1	15	63,1	173	21	2	1697,87	2	2703,39	1	1005,52	1	1,5	1

62	2	15	50,3	158	20	2	1358,17	1	2277,34	1	919,17	1	1,6	1
63	2	15	56,5	162	22	2	1424,86	2	2603,25	3	1178,39	3	1,8	2
64	2	15	61,2	166	22	2	1477,21	3	2505,92	1	1028,71	1	1,6	1
65	2	15	59,4	167	21	2	1461,84	3	2695,17	3	1233,33	3	1,8	2
66	2	15	60,1	169	21	2	1472,24	3	2519,23	2	1046,99	1	1,7	2
67	1	16	64,3	166	23	4	1672,62	2	3022,14	3	1349,52	3	1,8	2
68	1	16	62,4	170	21	2	1666,49	1	2886,43	2	1219,94	2	1,7	2
69	1	16	65,1	172	22	3	1713,62	2	2451,28	1	737,66	1	1,4	1
70	1	16	69,6	177	22	3	1800,5	3	3014,22	3	1213,72	2	1,6	1
71	1	16	66,8	174	21	2	1747	3	2942,23	2	1195,23	2	1,6	1
72	2	16	51,7	158	21	2	1366,88	1	2615,26	3	1248,38	3	1,9	2
73	2	16	54,3	160	21	2	1395,45	1	2515,5	2	1120,05	2	1,8	2
74	2	16	58,1	166	21	2	1442,89	2	2795,14	3	1352,25	3	1,9	2
75	2	16	55,3	167	19	1	1417,96	1	2405,53	1	987,57	1	1,6	1
76	2	16	69,2	168	25	4	1552,74	3	2625	3	1072,26	1	1,6	1
77	1	17	58,2	168	21	2	1591,98	1	2711,51	1	1119,53	2	1,7	2
78	1	17	60,5	172	20	2	1643,61	1	2698,64	1	1055,03	1	1,6	1

79	1	17	70,2	177	22	2	1802	3	3240,28	3	1438,28	3	1,7	2
80	1	17	74,6	182	23	3	1887,51	3	2931,35	2	1043,84	1	1,5	1
81	1	17	87,1	188	25	4	2089,4	3	3356,37	3	1266,97	2	1,6	1
82	2	17	52,9	158	21	2	1373,68	1	2657,01	3	1283,33	3	1,9	2
83	2	17	59,8	169	21	2	1460,02	3	2658,24	3	1198,22	3	1,8	2
84	2	17	52,7	164	20	2	1382,87	1	2526,36	2	1143,49	2	1,8	2
85	2	17	65,9	172	22	2	1523,90	3	2597,86	2	1073,96	1	1,7	2
86	2	17	68,1	167	24	4	1535,699	3	2538,82	2	1003,121	1	1,6	1

*пол ♂-1, ♀-2

ИК:

1-дефицит массы тела;

2-нормальная масса тела;

3-избыточная масса тела;

4-ожирение.

ДОО, ОО, РП, КФА:

1-меньше нормы;

2-норма;

3-больше нормы.

Анкета для сбора данных

Пол _____

Возраст _____

Вес _____

Рост _____

Суточный расход энергии (1440 минут)

Вид деятельности	Продолжи- тельность в минутах	Расход энергии на 1 кг за 1 минуту	Энергорасход за время деятельности
Утренняя зарядка		0,0648	
Личная гигиена		0,03229	
Прием пищи		0,0236	
Ходьба		0,0714	
Бег		0,1780	
Езда в автобусе		0,0267	
Хозяйственно-бытовая работа		0,0573	
Умственный труд		0,0243	
Школьные занятия		0,0264	
Работа за компьютером		0,0241	
Занятия физической культурой, спортом		0,0845	
Отдых сидя		0,0229	
Прогулка		0,0690	
Самообслуживание		0,0326	
Сон		0,0155	
Итого:	1440		

Пример

Вид деятельности	Продолжи- тельность в минутах	Расход энергии на 1 кг за 1 минуту	Энергорасход за время деятельности
Утренняя зарядка	15	0,0648	$0,0648 \times 15 = 0,972$
Личная гигиена	20	0,03229	$0,03229 \times 20 = 0,6458$
Итого:	1440	—	Складываем все значения, которые получились

