

УДК 687.016

UDC 687.016

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ
ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ
С МЕТАБОЛИЧЕСКИМ СИНДРОМОМ**

**TO THE STUDY OF THERMOREGULATION
MECHANISMS OF CHILDREN WITH
METABOLIC SYNDROME**

Иващенко Ирина Николаевна
к.т.н., доцент

Ivashchenko Irina Nikolaevna
Cand.Tech.Sci., associate professor

*Кубанский государственный университет,
Краснодар, Россия ivachenkoirin@mail.ru*

Kuban State University, Krasnodar, Russia

Исследованы особенности гомеостаза системы терморегуляции детей и подростков с метаболическим синдромом, установлены параметры снижения теплоизоляции теплозащитной одежды

The article shows the peculiarities of the homeostasis of the system of thermoregulation of children and adolescents with metabolic syndrome; it also sets the parameters reducing heat insulation of warm-keeping clothes

Ключевые слова: ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОДЕЖДЫ, ОЖИРЕНИЕ, МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ СИНДРОМ, ТЕПЛООБМЕН, ГОМЕОСТАЗ, ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ

Keywords: DESIGNING CLOTHING, OBESITY, METABOLIC SYNDROME, HEAT EXCHANGE, HOMEOSTASIS, INSULATION

Ожирение с давних времен сопутствует жизни человека, об этом свидетельствуют и археологические раскопки, и работы знаменитых врачей древности: Гиппократ, Авиценны, Галена, Цельса [2, 3, 4]. Постепенно, по мере развития культуры и цивилизации, ожирение из эстетической и морально-этической проблемы становится серьезной клинической проблемой [5, 6, 7].

В настоящее время ожирение относится к числу самых распространенных заболеваний в мире, и по мере увеличения частоты его встречаемости множатся и усугубляются связанные с ним тяжелые соматические патологии: сахарный диабет 2 типа, артериальная гипертензия (АГ), ишемическая болезнь сердца (ИБС) и другие, приводящие к ухудшению качества жизни, ранней потере трудоспособности и к преждевременной смерти [9, 10, 11]. Ученые и клиницисты рассматривают различные метаболические нарушения и заболевания, ассоциированные с ожирением, в комплексе, который получил название «метаболический синдром» (МС) [8, 9, 10].

Во всех странах отмечается прогрессирующее увеличение численности больных ожирением, как среди взрослого, так и среди

детского населения. Каждый четвертый житель нашей планеты имеет избыточную массу тела. Всемирная организация здравоохранения признала это заболевание «эпидемией XXI века» [9, 8, 10, 11]. Ранее считалось, что МС встречается только у людей среднего и пожилого возраста. Однако проведенные под эгидой Американской Ассоциации диабетологов исследования свидетельствуют о том, что это заболевание все чаще формируется в детском и подростковом возрасте [18].

Жировая ткань в норме выполняет важные функции в жизнедеятельности организма детей и подростков. Ее основные функциональные задачи:

- поддержание равновесного теплового состояния организма;
- стабилизация положения внутренних органов, сосудов и нервных стволов;
- является энергетическим депо организма (при голодании количество жира в клетках уменьшается, при усиленном питании – увеличивается)
- строительный материал для построения клеток, миелиновых оболочек нервных волокон, биоактивных веществ и гормонов [14].

Избыток жировой ткани у детей приводит к нарушению этих жизненно важных функций организма, в том числе и теплообмена. Известно, что с нарушением теплообмена связаны характерные для МС изменения кожного покрова: появление стрий, поперечно расположенных на поверхности плеч, бедер, молочных желез, поясницы, живота, ягодиц, возникновение юношеских угрей (акне), фолликулеза [9, 15, 16].

Терморегуляторные реакции организма детей: потоотделение, интенсивность кровообращения, мышечная дрожь – устанавливаются по мере развития вегетативной нервной системы [13]. В возрасте до шести лет организм детей испытывает дефицит тепла из-за несоответствия массы тела относительно большой поверхности кожи.

Расстройство вегетативного обеспечения деятельности (недостаточное или избыточное) нарушает поведение человека и

обуславливает недостаточно оптимальную адаптацию [17]. Вегетативной нервной системе принадлежит важная решающая роль в жизнедеятельности организма: обеспечивается деятельность гомеостаза параметрического (поддержание постоянства параметров внутренней среды) и структурно-функционального (поддержание постоянства функционирования жизнедеятельности организма при изменении условий окружающей среды).

Таким образом, гомеостаз в современном понимании – это не только поддержание постоянства параметров, но и выполнение системных функций организма, обеспечивающих постоянство внутренней среды при изменении внешней окружающей среды.

Особенностью теплообмена при ожирении и МС является склонность к гипертермическим состояниям, за счет снижения эффективности теплоотдачи. Организм детей более устойчив к охлаждению и чаще склонен к перегреву [18, 19]. Возрастает необходимость в облегченной одежде свободного покроя с учетом особенностей теплообмена и достоверных размерных признаков, с адаптационными конструктивными элементами, способными обеспечить ее естественную вентиляцию и своевременный вывод продуктов метаболизма из пододежного пространства.

Расчет теплофизических параметров при проектировании одежды для детей и подростков с МС обеспечивает ее рациональность, комфортность в соответствии с условиями эксплуатации, длительное сохранение универсальных свойств.

У детей и подростков с метаболическим синдромом энерготраты значительно снижены и соответствуют параметрам в диапазоне 60-88 Вт/м², что соответствует движениям сидя (за компьютером), стоя или связанные с ходьбой. Теплоизоляционная способность одежды зависит от средневзвешенной температуры кожи, физической активности, теплоощущений, индекса массы тела, площади поверхности тела и

климатических условий. Следовательно, проектируемая для таких детей и подростков одежда будет иметь сниженные параметры теплоизоляции.

Теплоизоляция представляет собой отношение разности средневзвешенной температуры кожи и температуры окружающей среды к средневзвешенной величине плотности «сухого» теплового потока с поверхности тела. «Сухой» тепловой поток – это тепловой поток, состоящий из одного или более компонентов: кондуктивного, конвективного, радиационного [1, 19]. Теплоизоляция комплекта одежды рассчитана [1] по формуле:

$$I_K = (T_K - T_B) / q_{п}, \quad (1)$$

где – T_K – средневзвешенная температура кожи, °С;

Средневзвешенная температура кожи зависит от уровня энерготрат человека и его теплоощущений.

T_B – температура воздуха окружающей среды, °С;

$q_{п}$ – средневзвешенная величина плотности «сухого» теплового потока поверхности тела, Вт/м².

В соответствии с приведенной формулой теплоизоляции (1, 19) можно определить средневзвешенную температуру кожи T_K для подростков с метаболическим синдромом и коэффициент комфортности с учетом теплоощущений и энерготрат.

Таблица 1 – Коэффициент комфортности одежды для детей с МС

Теплоощущения	Энерготраты, Вт/м ²					Коэффициент комфортности
	60	70	77	80	88	
«комфорт»	0,339	0,336	0,333	0,332	0,329	0,33
«прохладно»	0,312	0,308	0,306	0,305	0,302	0,31
«холодно»	0,282	0,279	0,276	0,276	0,273	0,28

Из определения теплоизоляции комплекта одежды следует, что она представляет собой полное сопротивление переносу тепла от поверхности тела человека во внешнюю среду, включая материалы одежды, воздушные

прослойки между ними и пограничный слой воздуха, прилегающий к наружной поверхности одежды. [1]. Значит, существует взаимосвязь площади поверхности тела с индексом массы тела (ИМТ), средневзвешенной температурой кожи с температурой окружающей среды. Понятие индекса массы тела (синоним-индекс Кетле) широко используется в научной литературе и клинической практике и представляет собой отношение массы тела (кг) к квадрату роста человека (m^2). По классификации Международной группы по ожирению ИМТ (kg/m^2) составит: 18,5 – недостаток массы тела;

- 18,5 – 24,9 – нормальная масса тела;
- 25,0 – 29,9 – избыток массы тела (1 ст);
- 30,0 – 34,9 – ожирение (IIa ст);
- 35,0 – 39,9 – резко выраженное ожирение (IIb ст);
- 40,0 и более – очень резко выраженное ожирение (III ст).

Исследования показали, что каждому индексу массы тела соответствует определенная площадь поверхности тела в зависимости от роста и веса человека (таблица 2). Для условий параметрического синтеза использованы показатели ИМТ, представляющие существенное отклонения от нормальной массы тела. Расчет начат с параметров роста 120 см, что соответствует детскому возрасту шести лет.

Для обеспечения бесперебойной работы вегетативной нервной системы, сохранения здоровья детей и подростков с МС произведен расчет теплоизоляции одежды, установлены уровни ее снижения, определена согласованность площади поверхности тела и индекса массы тела.

Параметры снижения теплоизоляции теплозащитной одежды для детей и подростков с МС установлены по формуле:

$$C = K \cdot \text{ИМТ} \cdot S_{\text{пов.т.}}, \quad (2)$$

где C – снижение теплоизоляции, %;

K – коэффициент комфортности;

ИМТ – индекс массы тела, kg/m^2 ;

$S_{\text{пов.т.}}$ – площадь поверхности тела, m^2 .

Таблица 2 – Площадь поверхности тела (m^2) и индекс массы тела (kg/m^2) в зависимости от роста и веса человека

Рост, $\frac{см}{p^2}$	Вес (кг)/ ИМТ (kg/m^2)													
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105
120 1,44	1,10 27,77	1,16 31,25	1,22 34,72	1,27 38,19										
125 1,56	1,14 25,64	1,20 28,34	1,26 32,05	1,31 35,26	1,36 38,4									
130 1,69		1,23 26,63	1,29 29,59	1,35 32,54	1,40 35,5									
135 1,82		1,26 24,73	1,32 27,47	1,38 30,22	1,43 32,97	1,48 35,71	1,53 38,46							
140 1,96			1,36 25,51	1,42 26,06	1,47 30,61	1,52 33,16	1,57 35,71	1,62 38,21						
145 2,10				1,45 26,19	1,51 28,57	1,56 30,95	1,61 33,33	1,66 35,71	1,7 38,09					
150 2,25					1,54 26,67	1,60 28,89	1,65 31,11	1,7 33,33	1,75 35,55	1,80 37,77	1,85 40,0			
155 2,40					1,58 25,0	1,64 27,08	1,69 29,17	1,74 31,25	1,79 33,33	1,84 35,42	1,89 37,5			
160 2,56						1,68 25,39	1,73 27,34	1,78 29,29	1,83 31,25	1,88 33,20	1,93 35,16	1,98 37,10		
165 2,72							1,78 25,74	1,83 27,57	1,88 29,41	1,93 31,25	1,98 33,09	2,03 34,93	2,07 36,76	
170 2,89							1,81 25,95	1,86 27,68	1,91 29,41	1,96 31,14	2,01 32,87	2,08 34,60	2,11 36,33	
175 3,06									1,96 26,42	2,01 27,77	2,06 29,41	2,11 31,04	2,16 32,68	2,21 34,31

↵

Таблица 3 – Снижение теплоизоляции одежды человека с МС в зависимости от площади поверхности тела и индекса массы тела

ИМТ от 25,0 до 29,9 кг/м ² Избыток массы тела			ИМТ от 30,0 до 34,9 кг/м ² Ожирение			ИМТ от 35,0 до 39,9 кг/м ² Резко выраженное ожирение		
S _{пов.тела} ,(м ²)	ИМТ	С, %	S _{пов.тела} ,(м ²)	ИМТ	С, %	S _{пов.тела} ,(м ²)	ИМТ	С, %
1,10	27,47	9,97	1,16	31,25	11,96	1,27	38,19	16,0
1,14	25,64	9,65	1,22	34,72	13,98	1,31	35,26	15,24
1,20	238,84	11,42	1,26	32,05	13,33	1,36	38,4	17,23
1,23	26,63	10,81	1,35	32,54	11,50	1,40	35,5	16,40
1,26	24,73	10,28	1,38	30,22	13,76	1,48	35,71	17,44
1,29	29,59	12,60	1,43	32,93	15,54	1,57	35,71	18,5
1,32	27,47	11,97	1,47	30,61	14,85	1,66	35,71	19,56
1,36	25,51	11,45	1,52	33,16	16,63	1,7	38,09	21,37
1,42	28,06	13,15	1,56	30,95	15,93	1,75	35,55	20,53
1,45	26,19	12,53	1,61	33,33	17,71	1,8	37,47	22,26
1,51	28,57	14,24	1,65	31,11	16,94	1,84	35,42	21,51
1,54	26,67	13,55	1,7	33,33	18,70	1,88	35,20	21,84
1,58	25,0	13,03	1,74	31,25	17,94	1,89	37,5	23,39
1,60	28,89	15,25	1,79	33,33	19,69	1,93	35,16	22,39
1,64	27,08	14,65	1,83	31,25	18,87	1,98	37,10	24,24
1,68	25,39	14,08	1,93	31,25	19,90	2,07	36,76	25,11
1,69	29,17	16,27	1,96	31,145	20,14	2,11	36,33	25,30
1,73	27,34	15,61	1,98	33,09	21,62			
1,78	29,29	17,20	2,01	32,01	21,23			
1,78	25,74	15,12	2,03	34,93	23,40			
1,81	25,95	15,50	2,06	34,60	23,52			
1,83	27,57	16,65	2,11	31,04	21,61			
1,86	27,68	16,99	2,16	32,68	23,29			
1,88	29,41	18,25	2,21	34,31	25,02			
1,91	29,41	18,54						
1,96	26,42	17,09						
2,01	27,77	18,42						
2,06	29,41	19,99						

Снижение теплоизоляционной способности одежды детей и подростков с метаболическим синдромом и ожирением представлено согласованностью показателей индекса массы тела, площади поверхности тела и средневзвешенной температурой кожи (таблица 3) со следующими уровнями: Уровни снижения теплоизоляции одежды в таблице 4.

Таблица 4 – Уровни снижения теплоизоляции одежды, %

Индекс массы тела (ИМТ), кг/м ²	Снижение теплоизоляции (С), %
25 ÷ 29	10 ÷ 20
30 ÷ 34,9	12 ÷ 25,0
35 ÷ 39,9	16 ÷ 25,3
40 и более	25,5 и более

У взрослых с избыточной массой тела можно также определить соответствие ИМТ и площади поверхности тела (таблица 2). В соответствии с выполняемыми производственными движениями у них выше энерготраты. С учетом энерготрат и теплоощущений можно рассчитать средневзвешенную температуру кожи. Тогда для снижения теплоизоляционной способности одежды будет справедлива формула:

$$C = S_{\text{пов.т}} \cdot \text{ИМТ} \cdot T_{\text{К}} / 100 \quad (3)$$

где С – снижение теплоизоляции, %;

$T_{\text{К}}$ – средневзвешенная температура кожи, °С;

$S_{\text{пов.т}}$ – площадь поверхности тела, м².

ИМТ – индекс массы тела, кг/м²

В ходе параметрического и структурно-функционального синтеза гомеостаза организма определены особенности теплообмена детей и подростков с ожирением и МС, роль вегетативной нервной деятельности, установлены параметры снижения теплоизоляции для проектирования одежды детей и подростков с ожирением и метаболическим синдромом.

Все перечисленное свидетельствует о том, что проектирование одежды для детей, подростков с МС является актуальной проблемой.

Проектирование рациональной теплозащитной одежды способствует восстановлению механизмов различных видов адаптации подростков в окружающей среде и социальных условиях, в кругу сверстников и взрослых.

Проектирование одежды согласованной с особенностями теплообмена и условиями окружающей среды способствует активной сбалансированной жизнедеятельности в системе «подросток – одежда – окружающая среда». Адаптационно-сбалансированная одежда ведет к улучшению качества жизни во всех ее проявлениях, сохранению здоровья подрастающего поколения.

Литература

1. МР№11-0/279-09 Методические рекомендации по расчету теплоизоляции комплекта индивидуальных средств защиты работающих от охлаждения и времени допустимого пребывания на холоде. – М.: Минздрав России, 2001.
2. Мычка В.Б., Чазова И.Е. Метаболический синдром // Системные гипертензии. 2009. № 1. С. 50–53.
3. Абу Али ибн Сина. Канон врачебной науки. Ташкент: Фан, 1985. 792 с.
4. Гиппократ. Этика и общая медицина. М.: Мир книги, 2007. 229 с.
5. Козлова Л.В., Бекезин В.В., Козлов С.Б. и др. Метаболический синдром у детей и подростков с ожирением: диагностика, критерии рабочей классификации, особенности лечения // Педиатрия. 2009. Т. 88, № 6. С. 142–150.
6. Сорвачева Т.Н., Петеркова В.А., Тирова Л.Н., Пырьева Е.А., Витебская А.В. Ожирение у подростков. //Лечащий врач. 2006; №4: 50 – 54.
7. Щербаков М.Ю., Сеницин П.А. Современные взгляды на диагностику, классификацию, формирование группы риска и подходы к лечению детей с метаболическим синдромом // Педиатрия. 2010. Т. 89, № 3. С. 123–127.
8. Болотова Н.В., Лазебникова С.В., Аверьянов А.П. Особенности формирования метаболического синдрома у детей и подростков. //Педиатрия. 2007; Том 86, № 3: 35 – 39.
9. Дедов И.И., Мельниченко Г.А. Ожирение: этиология, патогенез, клинические аспекты. М.: Медицинское информационное агентство. 2004.
10. Ройтберг Г.Е. Метаболический синдром. М.: МЕДпресс-информ, 2007. 224 с.
11. Zimmet P., Alberti G., Kaufman F. et al. The metabolic syndrome in children and adolescents. *Diabetes Voice*. December 2007; Vol. 52, No.4: 29-32.
12. Балыкова Л.А., Солдатов О.М., Самошкина Е.С. и др. Метаболический синдром у детей и подростков // Педиатрия. 2010. Т. 89, № 3. С. 127–134.
13. Делль Р.А., Афанасьева Р.Ф. Гигиена одежды. Учебное пособие, М.: Легпромбытиздат., 1991
14. Воронцов И.М., Мазурин А.В. Пропедевтика детских болезней. СПб.: Фолиант, 2009. 1008 с.
15. Лисс В.Л., Шабалов Н.П. Ожирение. Диагностика и лечение эндокринных заболеваний у детей и подростков. М.: МЕДпресс-информ, 2009. 528 с.

16. . Ожирение у подростков. Ю.И. Строев, Л.П. Чурилов, Л.А. Чернова и др СПб.: ООО «ЭЛБИ–СПб», 2003. 216 с.
17. Вейн А.М. Вегетативные расстройства. М.: Медицинское информационное агенство. 2003. 749 с.
18. Махрова И.А. Наследственная предрасположенность к метаболическому синдрому у детей: Автореф. дис. ...к-та мед. наук. Санкт-Петербург, 2011. 23 с.
19. Иващенко И.Н. Разработка специальной одежды для защиты работников нефтедобывающей отрасли южного региона России от пониженных температур дис. ...к-та техн.наук. Москва., 2008

References

1. MR№11-0/279-09 Metodicheskie rekomendacii po raschetu teploizoljicii kompleksa individual'nyh sredstv zashhity rabotajushhih ot ohlazhdenija i vremeni dopustimogo prebyvanija na holode. – М.: Minzdrav Rossii, 2001.
2. Mychka V.B., Chazova I.E. Metabolicheskij sindrom // Sistemnye gipertenzii. 2009. № 1. S. 50–53.
3. Abu Ali ibn Sina. Kanon vrachebnoj nauki. Tashkent: Fan, 1985. 792 с.
4. Gippokrat. Jetika i obshhaja medicina. М.: Mir knigi, 2007. 229 с.
5. Kozlova L.V., Bekezin V.V., Kozlov S.B. i dr. Metabolicheskij sindrom u detej i podrostkov s ozhireniem: diagnostika, kriterii rabochej klassifikacii, osobennosti lechenija // Pediatrija. 2009. T. 88, № 6. S. 142–150.
6. Sorvacheva T.N., Peterkova V.A., Tirova L.N., Pyr'eva E.A., Vitebskaja A.V. Ozhirenie u podrostkov. //Lechashhij vrach. 2006; №4: 50 – 54.
7. Shherbakov M.Ju., Sinicin P.A. Sovremennye vzgljady na diagnostiku, klassifikaciju, formirovanie grupy riska i podhody k lecheniju detej s metabolicheskim sindromom // Pediatrija. 2010. T. 89, № 3. S. 123–127.
8. Bolotova N.V., Lazebnikova S.V., Aver'janov A.P. Osobennosti formirovanija metabolicheskogo sindroma u detej i podrostkov. //Pediatrija. 2007; Tom 86, № 3: 35 – 39.
9. Dedov I.I., Mel'nichenko G.A. Ozhirenie: jetiologija, patogenez, klinicheskie aspekty. М.: Medicinskoe informacionnoe agentstvo. 2004.
10. Rojtberg G.E. Metabolicheskij sindrom. М.: MEDpress-inform, 2007. 224 с.
11. Zimmet P., Alberti G., Kaufman F. et al. The metabolic syndrome in children and adolescents. Diabetes Voice. December 2007; Vol. 52, No.4: 29-32.
12. Balykova L.A., Soldatov O.M., Samoshkina E.S. i dr. Metabolicheskij sindrom u detej i podrostkov // Pediatrija. 2010. T. 89, № 3. S. 127–134.
13. Dell' R.A., Afanas'eva R.F. Gigiena odezhdy. Uchebnoe posobie, М.: Legprombytizdat., 1991
14. Voroncov I.M., Mazurin A.V. Propedevtika detskih boleznej. SPb.: Foliant, 2009. 1008 с.
15. Liss V.L., Shabalov N.P. Ozhirenie. Diagnostika i lechenie jendokrinnyh zabolevanij u detej i podrostkov. М.: MEDpress-inform, 2009. 528 с.
16. . Ozhirenie u podrostkov. Ju.I. Stroeв, L.P. Churilov, L.A. Chernova i dr SPb.: ООО «JeLBI–SPb», 2003. 216 с.
17. Vejn A.M. Vegetativnye rasstrojstva. М.: Medicinskoe informacionnoe agenstvo. 2003. 749 с.
18. Mahrova I.A. Nasledstvennaja predraspolozhennost' k metabolicheskomu sindromu u detej: Avtoreф. dis. ...k-та med. наук. Sankt-Peterburg, 2011. 23 с.

19. Ivashhenko I.N. Razrabotka special'noj odezhdy dlja zashhity rabotnikov neftedobывajushhej otrasli juzhnogo regiona Rossii ot ponizhennyh temperatur dis. ...k-ta tehn.nauk. Moskva., 2008