

Динамика концентрации инсулина и глюкозы крови после стандартной пероральной углеводной нагрузки у подростков с нормальной, недостаточной и избыточной массой тела

Т.В.Чайченко, Е.С.Рыбка, Н.Р.Бужинская, Н.В.Шульга*, Т.В.Лутай*

Харьковский национальный медицинский университет, кафедра педиатрии № 1
и неонатологии,

*Харьковская областная детская клиническая больница

Актуальность.

По данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) 68% причин глобальной смертности приходится на неинфекционные заболевания, которые в основной своей массе являются управляемыми, а значит, преждевременными. [1]. В этой связи мероприятия, направленные на раннее выявление предикторов наиболее значимых неинфекционных заболеваний, являются приоритетными в контексте политики Здоровье-2020 [2].

В мае 2014 года Генеральный директор ВОЗ в ходе работы Генеральной Ассамблеи ВОЗ объявил о том, что «ожирение у детей должно быть признано urgentной проблемой для глобального здравоохранения всех стран, требующей скоординированных действий со стороны правительств, в связи с чем была создана комиссия наивысшего уровня по прекращению детского ожирения [3]. При этом интолерантность к углеводам ассоциируется не только с развитием сахарного диабета, ожирения, но и с недостаточностью питания [4], а также кардиоваскулярными заболеваниями [5]. В то же время, отмечается, что именно трофологический статус в сочетании с инсулинорезистентностью является связующим звеном между наименованными патологическими состояниями и формированием дисгликемии и других нарушений здоровья. [6].

Рекомендованным методом выявления дисгликемии является проведение стандартного перорального глюкозотолерантного теста [7]. Очевидно, что характер гликемической кривой изменяется при нарушении чувствительности к инсулину еще до того, как признаки дисгликемии становятся диагностически значимыми. Данный факт подтверждается исследованиями относительно детального изучения функции β -клеток [8].

Соответственно, понимание динамики концентрации глюкозы и инсулина в ходе стандартного нагрузочного теста у пациентов с различным индексом массы тела, может оказаться полезным в плане определения тенденций формирования интолерантности к углеводам в каждой из групп. Следует отметить, что исследования, касающиеся изучения динамики углеводных показателей при различных степенях интолерантности к углеводам, немногочисленны [9], а у детей с различной массой тела вообще единичны [10] и нуждаются в дополнении.

Таким образом, **целью** настоящего исследования явилось изучение динамики концентрации инсулина и глюкозы крови после стандартной пероральной углеводной нагрузки у подростков с нормальной, недостаточной и избыточной массой тела.

Объект и методы исследования.

Обследовано 64 подростка (средний возраст $13,56 \pm 2,47$ лет) с нормальной, избыточной и недостаточной массой тела. Распределение на группы проводилось согласно значения Z-Score для индекса массы тела (ИМТ): группа S (с дефицитом массы тела при ИМТ менее $-1,0$ SD, $n=6$), группа 0 (с нормальной массой тела при ИМТ $\pm 1,0$ SD, $n=12$), группа 1 (с избыточной массой тела при ИМТ $+1,1-2,0$ SD, $n=14$), группа 2 (с ожирением при ИМТ $+2,1-3,0$ SD, $n=18$), группа 3 (с ожирением при ИМТ более $3,0$ SD, $n=14$).

Статистически значимых различий в возрасте, гендерном представительстве и росте между группами не было ($p > 0,05$ для всех групп и

параметров), что позволяет нивелировать воздействие данных факторов на результаты исследования.

Всем детям проводилось антропометрическое обследование с измерением роста (в метрах), массы тела (в кг), определение окружности талии (в метрах), суммарной кожной складки (в мм) с последующим расчетом индекса массы тела (ИМТ в $\text{кг}/\text{м}^2$), отношения окружности талии к росту (ОТ/рост в у.е.) [11], процента содержания жира в организме [12]. ИМТ и рост представлены в виде Z-отклонений согласно рекомендаций ВОЗ. Абдоминальный тип жировоголожения диагностировали при значении показателя окружности талии к росту более 0,5.

Лабораторное обследование подразумевало определение концентрации глюкозы (Гл.0 в ммоль/л) и инсулина натощак (Инс.0 в мкМЕ/мл), в ходе проведения теста толерантности к глюкозе с измерением этих параметров на 15, 30, 60, 90 120 минутах теста. Количество глюкозы рассчитывалось исходя из стандартных рекомендаций ВОЗ [7].

По результатам теста определяли средние концентрации инсулина (Инс. ср.) и глюкозы (Гл.ср.), а также проводили расчет площадей под гликемической (AUC gl.) и инсулиновой кривыми (AUC ins.) методом трапеций [13] как в целом в ходе теста, так и в отдельные временные промежутки (0-15 мин, 15-30 мин, 0-30 мин, 30-60 мин., 60-120 мин). Вариабельность инсулинемии оценивалась как процентное отношение пика концентрации инсулина к исходному (тощаковому) уровню.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью стандартных методов. Результаты представлены в виде среднего значения (Mean) \pm 1 стандартное отклонение (SD). Непараметрические методы использовались для сравнения результатов (Mann-Whitney, Kruskal-Wallis). Достоверными считали различия с $p < 0,05$ (двухсторонние).

Результаты и обсуждение:

Обследованные подростки относились к одной гендерной и возрастной категории, не имели значимых различий в росте, но отличались по показателю ИМТ, который достоверно нарастал от группы к группе (табл. 1). Причем увеличение массы тела происходило за счет увеличения процентного содержания жира в организме при его абдоминальном отложении, выраженность которого также прогрессивно нарастала по данным показателя ОТ/рост.

Сахарный диабет по критериям ВОЗ не был диагностирован ни у одного из обследованных, нарушенная гликемия натощак выявлялась у 15 пациентов с ИМТ выше +1 SD, нарушенная толерантность к глюкозе - у 4, сочетание нарушенной гликемии натощак и нарушенной толерантности к глюкозе – у 4 пациентов. Таким образом, всего зарегистрировано 23 случая дисгликемии у обследованных подростков, что составляет 51,11 % всей группы избыточной массы тела.

Концентрация глюкозы натощак не различалась в группах детей со сниженной и нормальной массой тела ($p=0,14$), однако достоверно увеличивалась у детей с избыточной массой в сравнении с упомянутыми группами (табл. 1).

Концентрация глюкозы на 30-120 минутах теста в среднем не отличалась в группах. При этом средняя концентрация глюкозы в ходе теста также не выявила достоверных отличий в группах, за исключением тенденции к нарастанию показателя у детей из группы $+ \geq 3$ SD по ИМТ.

Анализ площади под гликемической кривой, являющийся более валидным параметром оценки нагрузки глюкозой, выявил практически двукратное увеличение у пациентов с недостатком массы по сравнению с нормальной массой тела ($379,49 \pm 158,02$ против $167,57 \pm 100,39$ у.ед., $p < 0,01$). В то же время, данный параметр увеличивался у пациентов с избыточной массой

тела в сравнении с нормальной, достигая достоверной разницы между группой с наибольшим ИМТ против групп +2-3SD ($p<0,01$), +1-2 SD ($p=0,02$), $\pm 1SD$ ($p<0,01$). При этом значение показателя у пациентов с недостаточной и наибольшей массой тела достоверно не отличалось ($p=0,81$).

Проведенный анализ площади под гликемической кривой в различные временные промежутки также выявляет определенные особенности в группах. Так, у пациентов с недостаточной массой тела и ИМТ $+ \geq 3 SD$ имеет место аналогичный профиль кривой, а именно регистрируется достоверное увеличение площади на 0-30, 30-60, 60-120 минутах ($p<0,01$). При этом достоверной разницы между группами в указанных временных интервалах не отмечается ($p<0,05$). У детей же с нормальной массой тела отмечается равномерное распределение площади во все постнагрузочные промежутки ($p<0,05$), равно как у детей с избыточной массой тела и ИМТ +2-3 SD.

Таким образом, несмотря на отсутствие достоверных различий по показателю среднего уровня глюкозы в группах, имеет место различный профиль гликемической кривой у пациентов с различным ИМТ. Так, значимые колебания гликемии регистрируются как при недостаточной, так и избыточной массе тела преимущественно за счет второй фазы теста (с 60 по 120 минуту).

Анализ динамики концентрации инсулина и площади под инсулиновой кривой в ходе стандартного теста толерантности к глюкозе также показывает зависимость от индекса массы тела у подростков (табл.2).

Так, концентрация инсулина натощак не имеет достоверных различий у подростков с недостаточной и нормальной массой тела ($p>0,05$) и линейно нарастает по мере увеличения ИМТ ($8,91 \pm 5,43$; $10,17 \pm 5,23$; $25,84 \pm 13,16$; $30,71 \pm 14,87$; $42,23 \pm 12,90$, соответственно).

Значение показателя на 15 минуте теста достоверно наименьшее при недостатке массы ($37,38 \pm 23,29$ мкМЕ/мл) и наиболее высокое при максимальной массе тела ($82,53 \pm 30,00$ мкМЕ/мл). Достоверной же разницы в

концентрации инсулина при нормальной, избыточной массе тела и ожирении с ИМТ +1-2 SD не выявлено. На 30-й минуте теста соотношение показателей аналогичное.

На 60-й минуте после нагрузки глюкозой соотношения несколько изменяются. Уровень инсулина сохраняется более высоким при нормальной, нежели при недостаточной массе тела ($p=0,02$). Однако при нормальной и недостаточной массе тела концентрация инсулина начинает снижаться, тогда как при избыточной массе тела и ожирении продолжает нарастать.

На 120-й минуте теста во всех группах зарегистрировано снижение концентрации инсулина с минимальным значением при нормальной массе тела ($32,75 \pm 8,99$ мкМЕ/мл). При недостаточной массе показатель незначительно, но достоверно выше ($43,7 \pm 11,72$ мкМЕ/мл, $p=0,044$), а при избыточной массе тела и ожирении +1-2 СО вдвое превышает значение при нормальной и недостаточной массе тела, но сохраняется достоверно ниже, нежели в группе с максимальной массой ($p < 0,05$ для всех). В целом, к 120 минуте теста во всех группах инсулин оставался выше в сравнении с исходным уровнем ($p < 0,01$ для всех). При этом при нормальной массе тела имело место превышение на 67 %, при избыточной массе на 156 %, при ожирении в обеих группах – порядка 100 %, а при недостатке массы на 387 %. Наибольшие колебания концентрации инсулина - в первые 30 минут теста. Обращает на себя внимание, что при нормальной и избыточной массе тела выброс инсулина происходит в первые 15 минут после нагрузки, а при недостатке массы тела - с 15 по 30 минуту. С 30 по 60 минуту теста достоверное нарастание отмечается лишь при нормальной и избыточной массе тела, но в течение второго часа (с 60 по 120 минуту) колебания показателя весьма незначительны. Площадь же под инсулиновой кривой в первые 30 минут теста достоверно не отличается в группах и повышается по мере продолжительности теста. При этом площадь на втором часу теста (60-120 мин) является наименьшей при нормальной массе, достоверно выше при недостаточной и избыточной массе.

Общая динамика колебаний инсулина показывает, что наибольшая вариабельность показателя наблюдается у детей с дефицитом массы тела. При избыточной массе тела размах колебаний более выраженный, нежели при нормальной массе тела. Причем с нарастанием массы тела, динамика показателя инсулина снижается (рис. 1).

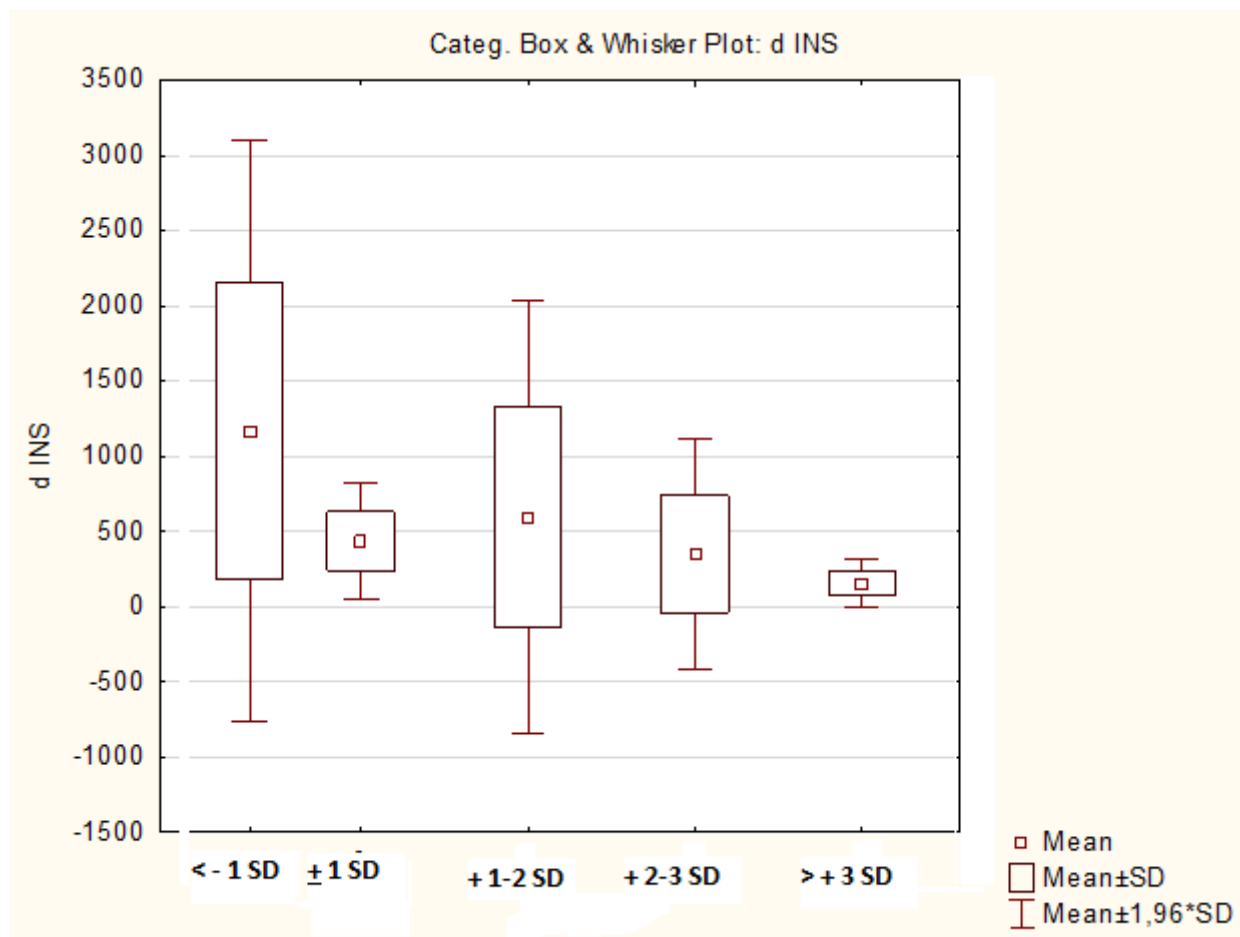


Рис.1. Вариабельность концентрации инсулина в ходе стандартного теста толерантности к глюкозе у пациентов с различным индексом массы тела (в %)

Закключение:

Таким образом, при стандартном подходе к оценке результатов теста толерантности к глюкозе с использованием критериев ВОЗ, гликемический статус при нормальной и недостаточной массе тела выглядит благополучным, а у половины пациентов с избытком массы регистрируются предиабетические дисгликемии. Средние показатели глюкозы и инсулина в группах являются

малоинформативными в связи с высокой вариабельностью в течение различных фаз теста. При недостаточной массе тела и ожирении $+>3SD$ регистрируется сходный профиль гликемической кривой.

При нормальной и избыточной массе тела выброс инсулина происходит в первые 15 минут после нагрузки, а при недостатке массы тела - с 15 по 30 минуту. С 60-й минуты при нормальной и недостаточной массе тела концентрация инсулина начинает снижаться, тогда как при избыточной массе тела и ожирении сохраняется плато, что приводит к наибольшей площади гликемической кривой именно на втором часу теста. К 120-й минуте теста во всех группах концентрации инсулина снижаются, достигая минимального значения при нормальной массе тела. В первую фазу инсулинового ответа более высокие концентрации инсулина регистрируются у подростков с недостаточной и избыточной массой тела. Однако на выходе из теста максимальные значения выявляются у пациентов с наиболее высокой массой тела. При этом площадь под инсулиновой кривой достоверно не отличается в группах, а вариабельность концентрации инсулина имеет обратную зависимость с ИМТ подростка

В связи с тем, что именно гиперинсулинизм является основным признаком инсулинорезистентности вне зависимости от фазы инсулинового ответа [14], можно предположить, что детальный анализ гликемической и инсулиновой кривых при стандартной нагрузке глюкозой раскрывает этапы формирования инсулинорезистентности, которые отличаются при различном трофологическом статусе.

Несмотря на то, что классическим методом изучения инсулинорезистентности является техника кламп-тестирования [15], авторы данного метода подтвердили, повторяемость результатов изучения чувствительности к инсулину с помощью более простого стандартного метода – перорального теста толерантности к глюкозе [16]. Таким образом, имеются основания думать о валидности результатов нашего собственного исследования

и предполагать, что выброс инсулина при недостаточной и избыточной массе носит адаптационный характер, а при ожирении снижается способность бета-клеток вырабатывать инсулин в ответ на нагрузку глюкозой, что может свидетельствовать об истощении инсулярного аппарата даже в отсутствии диагностически значимых дисгликемий. Данный факт требует особого внимания к пациентам с ожирением, имеющим показатели глюкозы в пределах референтных значений.

Выводы:

1. При оценке гликемического статуса необходимо проведение стандартного теста толерантности к глюкозе с оценкой не только уровня глюкозы, но и инсулина крови.
2. Динамика концентрации инсулина различается у подростков с различным индексом массы тела: у подростков с нормальной, избыточной массой тела и ожирением выброс инсулина происходит в первые 15 минут после нагрузки, а при недостатке массы тела - с 15 по 30 минуту.
3. Низкая вариабельность концентрации инсулина у подростков с ожирением при ИМТ $+>3SD$ может рассматриваться как предиктор формирования сахарного диабета 2 типа по причине истощения функциональной активности бета-клеток, а следовательно, компенсаторного резерва в условиях инсулинорезистентности.

Список литературы:

1. World Health Organization. Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases 2013-2020. 2013. www.who.int/nmh/events/ncd_action_plan/en.
2. WHO European Ministerial Conference on Nutrition and Noncommunicable Diseases in the Context of Health 2020 4–5 July 2013, Vienna, Austria
3. Interim report of the Commission on Ending Childhood Obesity. World Health Organization 2015. Available from URL: <http://www.who.int/end-childhood-obesity/commission-ending-childhood-obesity-interim-report.pdf?ua=1>

4. Rodríguez-Cruz, M., Sanchez, R., Escobar, R. E., Cruz-Guzmán, O. del R., López-Alarcón, M., Bernabe García, M., ... Velázquez Wong, A. C. (2015). Evidence of Insulin Resistance and Other Metabolic Alterations in Boys with Duchenne or Becker Muscular Dystrophy. *International Journal of Endocrinology*, 2015, 867273. <http://doi.org/10.1155/2015/867273>
5. Litwin SE. Childhood Obesity and Adulthood Cardiovascular Disease: Quantifying the Lifetime Cumulative Burden of Cardiovascular Risk Factors. *Journal of the American College of Cardiology (JACC)*. 2014;64(15):1588-90
6. Adiposity in childhood predicts obesity and insulin resistance in young adulthood / J. Steinberger, A. Moran, C.P. Hong [et.al] // *J. Pediatr.* – 2001. – Vol. 138. – P. 469– 473.
7. Expert Committee on the Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. Report of the expert committee on the diagnosis and classification of diabetes mellitus // *Diabetes Care*. – 2003. – Vol. 26 (suppl 1). – P. S5– S20.
8. E.Cersosimo, C. Solis-Herrera, M.E. Trautmann, J.Malloy, C.L. Triplitt. Assessment of Pancreatic β -Cell Function: Review of Methods and Clinical Applications // *Current Diabetes Reviews*, 2014, 10, 2-42
9. Plasma insulin, C-peptide, and proinsulin concentrations in obese and nonobese individuals with varying degrees of glucose tolerance / Reaven G. M [et al.] // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* - 1993. – Vol. 76. – P. 44–48
10. A Körner, K Scheuermann, M Neef, E Sergeyev, M Vogel, J Kratzsch, W Kiess Pediatric reference values for insulin from oGTT and prevalence of hyperinsulinemia in obese children. *Diabetologie und Stoffwechsel* 2014; 9 - P227. DOI: 10.1055/s-0034-1375084
11. Barclay L. Waist-to-height ratio may predict cardiometabolic risk in normal-weight children CME/ L.Barclay, D.Lie. - *BMC Pediatr.* – 2010. – Vol. 10. –P. 73.
12. Луфт В.М. Трофологический статус: критерии оценки и диагностики нарушений питания / В.М. Луфт, А.В. Луфт - СПб., 2010. – 74 С.

- 13.Seltzer S. Insulin secretion in response to glycemic stimulus / S. Seltzer, W. Allen, A. Herron. // J. Clin. Invest. – 1967. – Vol. 40. – P. 323–335
- 14.Wilcox G. Insulin and insulin resistance. Clin Biochem Rev . 2005;26:19-39.
- 15.DeFronzo RA, Tobin JD, Andres R. Glucose clamp technique: a method for quantifying insulin secretion and resistance. Am J Physiol 1979;237:E214-E223.
- 16.Matsuda M, DeFronzo RA. Insulin sensitivity indices obtained from oral glucose tolerance testing: comparison with the euglycemic insulin clamp. Diabetes Care 1999;22:1462-1470.Vol.68, September-October 2011

Резюме

Динамика концентрации инсулина и глюкозы крови после стандартной пероральной углеводной нагрузки у подростков с нормальной, недостаточной и избыточной массой тела.

Т.В.Чайченко, Е.С.Рыбка, Н.Р.Бужинская, Н.В.Шульга, Т.В.Лутай

Харьковский национальный медицинский университет, кафедра педиатрии № 1 и неонатологии, *Харьковская областная детская клиническая больница

Глобальной причиной смертности населения Земли являются неинфекционные заболевания, большинство из которых связано с трофологическим статусом и ассоциируется с инсулинорезистентностью. С целью выяснения особенностей инсулинового ответа на стандартную нагрузку глюкозой проведено обследование 64 подростков (средний возраст $13,56 \pm 2,47$ лет) с нормальной, избыточной и недостаточной массой тела с определением концентрации глюкозы, инсулина и расчетом соответствующих площадей под кривыми их концентрации в ходе теста.

Установлено, что средняя концентрация глюкозы в ходе теста и в отдельных точках достоверно не отличается в группах, тогда как средняя концентрация инсулина нарастает по мере увеличения ИМТ. У подростков с дефицитом и максимальным избытком массы имеет место схожий профиль гликемической кривой – с достоверным ступенчатым увеличением площади под кривой в изучаемые временные промежутки с достоверным увеличением общей площади. У детей же с нормальной, избыточной массой тела и ожирением $+2-3$ SD отмечается равномерное распределение площади во все постронагрузочные промежутки. При нормальной и избыточной массе тела выброс инсулина происходит в первые 15 минут после нагрузки, а при недостатке массы тела - с 15 по 30 минуту. С 60-й минуты при нормальной и недостаточной массе тела концентрация инсулина начинает снижаться, тогда как при избыточной массе тела и ожирении продолжает нарастать или сохраняется плато. К 120-й минуте теста во всех группах концентрации инсулина снижаются, достигая минимального значения при нормальной массе тела. Вариабельность концентрации инсулина имеет обратную зависимость с ИМТ подростка.

Таким образом, инсулиновый ответ отличается у подростков с различной массой тела, причем при максимальной массе имеет место не только высокая концентрация инсулина, но и низкая вариабельность параметра в ходе теста, что можно рассматривать в качестве маркера истощения функциональной активности бета-клеток в условиях инсулинорезистентности.

Ключевые слова: инсулинорезистентность, глюкозотолерантный тест, ожирение, индекс массы тела

Резюме

Динаміка концентрації інсуліну і глюкози крові після стандартної пероральної вуглеводного навантаження у підлітків з нормальною, недостатньою і надлишковою масою тіла.

Т.В.Чайченко, О.С.Рибка, Н.Р.Бужинская, Н.В.Шульга*, Т.В.Лутай*

Харківський національний медичний університет, кафедра педіатрії № 1 та неонатології, * Харківська обласна дитяча клінічна лікарня

У зв'язку з тим, що глобальною причиною смертності населення Землі є неінфекційні захворювання, більшість з яких пов'язана з трофологічним статусом і асоціюється з інсулінорезистентністю, з'ясування особливостей інсулінової відповіді на стандартне навантаження вуглеводами у підлітків є досить актуальним. Проведено обстеження 64 підлітків (середній вік $13,56 \pm 2,47$ років) з нормальною, надмірною і недостатньою масою тіла з визначенням концентрації глюкози, інсуліну та розрахунком відповідних площ під кривими їх концентрації протягом теста.

Встановлено, що динаміка концентрації глюкози та інсуліну різниться у підлітків з різним індексом маси тіла. Середня концентрація глюкози протягом тесту і в окремих точках достовірно не відрізняється в групах, тоді як середня концентрація інсуліну зростає мірою збільшення ІМТ.

У підлітків з дефіцитом і максимальним надлишком маси має місце схожий профіль глікемічний кривої - з достовірним ступінчастим збільшенням площі під кривою в досліджувані часові проміжки з вірогідним збільшенням загальної площі. У дітей же з нормальною, надмірною масою тіла і ожирінням з ІМТ + 2-3 SD відзначається рівномірний розподіл площі в усі постнавантажувальні проміжки. При нормальній і надлишковій масі тіла викид інсуліну відбувається в перші 15 хвилин після навантаження, а при дефіциті маси тіла - з 15 по 30 хвилину. З 60-ї хвилини при нормальній і недостатній масі тіла концентрація інсуліну починає знижуватися, тоді як при надмірній масі тіла та ожирінні продовжує зростати або зберігається плато. До 120-ої хвилини тесту в усіх групах концентрації інсуліну знижуються, досягаючи мінімального значення при нормальній масі тіла. Варіабельність концентрації інсуліну має зворотню залежність з ІМТ підлітка, що може носити адаптивний характер.

Ключові слова: інсулінорезистентність, глюкозотолерантний тест, підлітки, індекс маси тіла

Summary

The dynamics of blood glucose and insulin concentration after the standard oral glucose load in overweight, underweight and normal weight adolescents

T.V.Chaychenko, O.S.Rybka, N.R.Buginska, N.V.Shulga*, T.V. Lutay*

Kharkiv National Medical University, Department of Pediatrics 1 and Neonatology,

*Kharkiv regional clinical children hospital

The main cause of world population's death is non-communicable diseases. Vast majority of them associated with nutritional status and relevant insulin resistance. That's why study of the insulin response to a standard glucose load in adolescents is very important. 64 overweight, underweight and normal weight children aged 13.56 ± 2.47 y.o. were examined with the determination of glucose and insulin concentrations during standard glucose load with calculating respective areas under the curves.

It was found that the dynamics of the concentration of glucose and insulin is dependent on body mass index. The average concentration of glucose after the load wasn't significantly different in the groups, while the average insulin concentration increases with increasing BMI. In contrast, underweight and obese ($+> 3SD$) adolescents have a similar shape of glycemic curve - with a significant stepwise increase of the AUC. The AUC distribution in normal weight, overweight and obese with BMI + 2-3 SD is without significant dynamic during the test.

The peak of insulin response in normal weight and overweight occurs in the first 15 minutes after the load, in underweight is delayed (from 15 to 30 min). Insulin concentration starts to decrease at 60 min in normal weight and underweight. Whereas overweight and obese continues to increase insulin level or preserved plateau. Insulin concentration decreases at 120 min. in all groups with a minimum in normal weight. The variability of insulin concentration in adolescents is inversely depended on BMI.

Key words: insulin resistance, glucose tolerance test, body mass index

Таблица 1

Базовые характеристики групп и динамика концентрации глюкозы после стандартной нагрузки глюкозой у подростков с различным индексом массы тела

| | Группа S, n=6 | | Группа 0, n=12 | | Группа 1, n=14 | | Группа 2, n = 18 | | Группа 3, n=14 | | Достоверность различий между группами, P < 0,05 |
|---------------------------------------|------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|--------|---------------------|--------|-------------------|--------|--|
| | Mean | SD | Mean | SD | Mean | SD | Mean | SD | Mean | SD | |
| Основные антропометрические параметры | | | | | | | | | | | |
| Возраст | 12,17 | 2,40 | 13,73 | 1,79 | 12,71 | 2,70 | 13,78 | 2,69 | 13,92 | 2,33 | |
| % жира | 19,64 | 4,25 | 27,04 | 5,80 | 37,97 | 4,49 | 41,75 | 2,89 | 43,93 | 2,41 | S0, 01, S1, 12, 02, S2, 23, 13, 03, S3 |
| ОТ/рост | 0,34 | 0,17 | 0,35 | 0,18 | 0,53 | 0,05 | 0,56 | 0,03 | 0,68 | 0,15 | 01, S1, 12, 02, S2, 23, 13, 03, S3 |
| Z-имт | -1,61 | 0,28 | -0,20 | 0,46 | 1,47 | 0,29 | 2,60 | 0,24 | 3,38 | 0,26 | S0, 01, S1, 12, 02, S2, 23, 13, 03, S3 |
| Z-рост | -0,78 | 1,22 | -0,29 | 1,19 | 0,95 | 2,00 | 0,64 | 0,91 | 0,54 | 0,93 | |
| Динамика глюкозы (ммоль/л) | | | | | | | | | | | |
| Гл 0 | 3,92 | 0,52 | 4,25 | 0,38 | 5,44 | 0,38 | 5,47 | 0,49 | 5,53 | 0,83 | 01, S1, 02, S2, 03, S3 |
| Гл 15 | 7,60 | 1,16 | 7,35 | 1,27 | 7,03 | 0,77 | 6,86 | 0,81 | 7,64 | 1,59 | |
| Гл 30 | 8,80 | 1,00 | 7,87 | 1,07 | 8,14 | 1,66 | 7,70 | 1,23 | 8,73 | 1,34 | 23 |
| Гл 60 | 7,92 | 1,27 | 6,58 | 1,25 | 7,81 | 1,43 | 6,52 | 1,83 | 7,80 | 1,44 | 23, 03, |
| Гл 90 | 5,68 | 1,42 | 5,73 | 0,92 | 5,39 | 1,79 | 5,84 | 1,95 | 6,52 | 2,14 | |
| Гл 120 | 6,17 | 0,85 | 5,41 | 0,68 | 5,94 | 0,82 | 5,98 | 1,80 | 6,28 | 1,62 | |
| Ср.глюкоза | 6,67 | 0,65 | 6,36 | 0,64 | 6,63 | 0,63 | 6,40 | 0,98 | 7,03 | 1,04 | |
| AUCgl 0-15 | 20,13 | 10,41 | 15,75 | 9,58 | 11,95 | 5,78 | 10,38 | 6,82 | 18,06 | 11,75 | S1, S2, 23 |
| AUC gl 15-30 | 49,25 | 15,08 | 35,45 | 15,51 | 32,25 | 16,05 | 27,08 | 13,91 | 44,31 | 20,61 | S1, S2, 23 |
| AUCgl 0-30 | 58,25 | 14,59 | 39,41 | 15,79 | 40,61 | 25,43 | 33,42 | 19,39 | 52,50 | 21,38 | S0, S2, 23 |
| AUCgl 30-60 | 103,25 | 18,58 | 59,45 | 34,23 | 76,29 | 43,84 | 49,08 | 38,05 | 91,04 | 40,93 | S0, S2, 23 |
| AUCgl 60-120 | 217,99 | 145,87 | 68,71 | 70,14 | 102,71 | 73,98 | 41,11 | 169,68 | 205,91 | 242,37 | S0, S1, S2, 23 |
| AUCgl | 379,49 | 158,02 | 167,57 | 100,39 | 219,61 | 129,92 | 123,61 | 191,10 | 349,45 | 170,34 | S0, S1, S2, 23 |

Таблица 2

Динамика концентрации глюкозы после стандартной нагрузки глюкозой у подростков с различным индексом массы тела

| Динамика инсулина (мкМЕ/мл) | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------------------------------------|
| Инс 0 | 8,91 | 5,43 | 10,17 | 5,23 | 25,84 | 13,16 | 30,71 | 14,87 | 42,23 | 12,90 | S0, 01, S1, 02, S2, 23, 13, 03, S3 |
| Инс 15 | 37,38 | 23,29 | 72,15 | 29,37 | 58,91 | 36,12 | 70,49 | 34,91 | 82,53 | 30,00 | S0, S2, S3 |
| Инс 30 | 60,78 | 29,32 | 84,48 | 46,76 | 75,49 | 40,30 | 81,31 | 40,79 | 94,14 | 30,56 | S3 |
| Инс 60 | 57,17 | 29,44 | 67,14 | 32,45 | 86,70 | 37,65 | 87,58 | 37,92 | 94,50 | 37,80 | S3 |
| Инс 120 | 43,70 | 11,72 | 32,75 | 8,99 | 64,50 | 21,77 | 62,27 | 33,44 | 85,67 | 23,63 | S0, 01, S1, 02, 23, 13, 03, S3 |
| Mean Ins | 41,59 | 17,13 | 54,97 | 20,12 | 62,29 | 18,89 | 66,47 | 26,26 | 79,61 | 21,82 | |
| AUCins 0-15 | 213,54 | 97,86 | 403,60 | 168,14 | 248,04 | 276,34 | 298,33 | 218,99 | 309,73 | 248,71 | S0 |
| AUC ins 15-30 | 602,59 | 352,30 | 899,70 | 450,54 | 620,37 | 484,36 | 677,80 | 408,15 | 706,49 | 408,03 | |
| AUCins 0-30 | 778,10 | 438,36 | 992,21 | 666,34 | 851,16 | 592,54 | 758,95 | 568,79 | 793,52 | 407,94 | |
| AUC ins 30-60 | 1501,95 | 770,77 | 1724,26 | 1031,88 | 1657,49 | 838,20 | 1611,98 | 980,52 | 1592,53 | 913,39 | |
| AUC ins 60-120 | 2491,40 | 406,57 | 1896,68 | 960,18 | 2985,32 | 1019,03 | 2652,83 | 887,31 | 2930,93 | 1082,34 | S0, 01, 12, 23 |
| AUCins | 4771,45 | 2431,47 | 4613,15 | 2535,60 | 5493,98 | 2897,34 | 5023,77 | 3071,86 | 5316,98 | 3161,31 | |