

О МЕХАНИЗМАХ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ АДАПТАЦИИ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ У ПОДРОСТКОВ ПРИ СКОЛИОТИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ

Еналдиева Р.В., Автандилов А.Г.

Российская медицинская академия последипломого образования, Москва

Резюме

Для изучения механизмов долговременной адаптации у подростков при сколиотической болезни обследованы 112 больных с различной степенью грудного сколиоза. Проводились исследования функции внешнего дыхания, оценка толерантности к физической нагрузке и уровня физической работоспособности с применением велоэргометрической пробы. Показано, что у пациентов с начальными изменениями позвоночного столба компенсаторно происходило увеличение МОД за счет увеличения глубины дыхания, что для организма энергетически более выгодно. При IV степени сколиоза изменения функции внешнего дыхания носили наиболее выраженный характер, компенсаторные изменения ФВД происходили, в основном, за счет учащения дыхания без адекватного усиления вентиляции легких. Толерантность к физической нагрузке, физическая работоспособность были достоверно ниже при тяжелых степенях сколиоза. Механизмы компенсации артериальной гипоксемии обеспечивались не за счет увеличения силы сердечных сокращений, а за счет увеличения частоты последних, что энергетически не очень выгодно для организма.

Ключевые слова: сколиоз, функция внешнего дыхания, толерантность к физической нагрузке, физическая работоспособность.

Под сколиотической болезнью ряд специалистов понимают заболевание, характеризующееся определенным симптомокомплексом, в котором сколиоз является главным, но не единственным проявлением болезни. При сколиотической болезни выявлены сопутствующая патология органов дыхания, сердечно-сосудистой системы, почек, печени, ЛОР-органов и т.д. у 26,3% больных [3]. Гемодинамика малого круга кровообращения и функциональное состояние правого желудочка характеризуются вполне определенными изменениями [4, 8, 16]. По данным литературы, у больных с тяжелой степенью сколиотической болезни развивается недостаточность функции внешнего дыхания (ФВД) по рестриктивному типу вследствие деформации грудной клетки и уменьшения объемов грудной полости, ограничения подвижности ребер и диафрагмы, ослабления межреберных мышц, а также повышения внутригрудного давления [5, 7, 8, 12, 14]. По некоторым данным, наблюдаются и умеренные изменения по обструктивному типу [15].

Частота сколиоза имеет тенденцию к увеличению; кроме того, растет смертность среди пациентов с нелеченным идиопатическим сколиозом вследствие кардиопульмональной недостаточности [16, 18]. Для больных сколиозом характерны повышенная общая заболеваемость, а также снижение трудовой активности вплоть до инвалидизации [16]. Актуальность проблемы сколиоза обусловлена развитием данной патологии преимущественно среди детей и подростков, тенденцией к неуклонному прогрессированию тяжелой дисфункции ряда органов и систем, особенно дыхательной и сердечно-сосудистой системы. В этой связи представляет определенный интерес изу-

чение механизмов адаптации кардиореспираторной системы при сколиотической болезни, обеспечивающей энергетические потребности растущего организма.

Материал и методы

Обследованы 112 пациентов в возрасте 13-19 лет с различной степенью грудного сколиоза, из которых с I и II степенью было 30 обследуемых лиц, с III степенью – 25 больных и с IV степенью – 28. Больные ранее не подвергались хирургической коррекции сколиоза. Длительность заболевания, в среднем, составила 8, 3 лет. Контрольную группу составили 29 практически здоровых лиц, сопоставимых по возрасту и полу, у которых при обследовании были исключены сколиотическая болезнь и заболевания легких и сердца.

Проводилось исследование ФВД, исследование толерантности к физической нагрузке и уровня физической работоспособности с применением велоэргометрической пробы (ВЭМП). Для спирографического исследования использовался аппарат «Этон 01-22» (Россия), запись спирограммы осуществляли по стандартной методике.

Измеряли и сопоставляли с должными значениями следующие показатели ФВД: жизненную емкость легких на вдохе (ЖЕЛвд, % от должной величины) и на выдохе (ЖЕЛвыд, % от должной величины), частоту дыхания (ЧД, в минуту), дыхательный объем (ДО, л), резервный объем вдоха (РОВд, л) и выдоха (РОВыд, л), форсированную жизненную емкость легких (ФЖЕЛ, % от должной величины), объем форсированного выдоха за первую секунду (ОФВ1, л). Рас-

Таблица

Показатели функции внешнего дыхания у подростков с различной степенью грудного сколиоза (М ± m)

Показатели	Контроль, (n=29)	I степень, (n=30)	II степень, (n=30)	III степень, (n=25)	IV степень, (n=28)
ЖЕЛ, %	83,8±16,2	84,1±17,4	86,3±18,2	62,7±15,1*	51,1±15,4
ЧД (в минуту)	17,2±2,7	18,1±2,4	17,2±2,8	20,7±2,7*	26,5±2,3**
ДО, л	0,82±0,07	0,85±0,09	0,94±0,09*	0,45±0,09*	0,34±0,08**
МОД, л	12,5±1,3	13,4±1,2	15,9±1,8*	11,5±1,8	8,9±1,4*
Ровд, л	2,0±0,13	2,2±0,13	1,7±0,15	0,98±0,18*	0,80±0,16*
Ровыд, л	1,8±0,16	1,7±0,13	1,64±0,17	0,90±0,15*	0,46±0,18**
ФЖЕЛ, %	91,4±21	92,1±22	90,6±22	73,1±16,0*	48,8±19,0**
ОФВ1/ЖЕЛ, %	105±19	101±21	107,3±22	102,6±12,1	91,1±21,0
МВЛ, л	71,3±15	68,4±13	71,7±15	42,9±12,4*	31,3±9,0**

Примечание: * – p<0,05; ** – p<0,01 по сравнению с показателями контрольной группы.

считывали величину минутного объема дыхания (МОД, л) и соотношение ОФВ1/ ЖЕЛ (% от должной величины).

Приведение полученных легочных объемов к условиям ВTPS, расчет индивидуальных величин, сопоставление фактических величин с должными производили по специальной программе на аппарате «Этон», где использованы индивидуальные должные величины, разработанные во Всесоюзном НИИ пульмонологии МЗ РФ и НИИ педиатрии РАМН [6, 10].

Велоэргометрическая проба проводилась по стандартной методике на велоэргометре “Medicor” (Венгрия). В процессе исследования использовался непрерывный ступенчатый вид нагрузки. Начальная степень нагрузки составляла 25 Вт с последующим ее увеличением на 25 Вт каждые 3 мин при частоте педалирования 60–70 об/мин. Пробу прекращали при достижении субмаксимальной частоты сердечных сокращений, развитии физического утомления, чрезмерной одышки, головокружения или предобморочного состояния, головной боли, появлении боли или дискомфорта в грудной клетке, артериальной гипо- или гипертензии, частой, политопной или ранней экстрасистолии, а также при отказе пациента от продолжения исследования [10].

При проведении пробы с физической нагрузкой определяли следующие параметры:

- 1) толерантность к физической нагрузке, которую оценивали как низкую при выполнении обследуемым I–II ступеней протокола, как среднюю – при выполнении III – IV и как высокую – V ступени протокола;
- 2) величину физической работоспособности, рассчитывали по формуле:

$$PWC_{170} = N_1 + (N_2 - N_1) \times \frac{170 - f_1}{f_2 - f_1},$$

где PWC₁₇₀ – физическая работоспособность при частоте сердечных сокращений 170 в минуту; N₁ и N₂, соответственно, – мощность первой и второй нагрузки; f₁ и f₂ – частота сердечных сокращений в конце первой и второй нагрузки [9];

- 3) показатели гемодинамики: частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд./мин); артериальное давление (АД, мм рт.ст.); время восстановления ЧСС и АД.

Статистическую обработку материала проводили с помощью программы Exel для Microsoft Office на компьютере IBM Pentium II-333. Достоверность различий оценивали с использованием критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждение

Результаты исследования ФВД у больных представлены в таблице.

Динамика изменений исследуемых показателей свидетельствует о развитии у пациентов значительных нарушений ФВД по рестриктивному типу, выразившихся в снижении ЖЕЛ и составляющих ее объемов, уменьшении ФЖЕЛ, снижении способности к максимальному увеличению вентиляции при форсированном дыхании. Выявленные нарушения неуклонно прогрессировали с увеличением тяжести сколиотической деформации.

Более подробный анализ показал, что при начальных степенях грудного сколиоза, особенно при II степени, у обследованных лиц развивалась гипервентиляция компенсаторного характера – нарастание МОД проходило за счет увеличения глубины дыхания, что энергетически более экономично и оправдано для организма. При тяжелых же степенях сколиотической деформации для обеспечения энергетических потребностей растущего организма происходило компенсаторное значительное увеличение частоты дыхания, однако МОД прогрессивно снижался, так как у этих пациентов резко уменьшался дыхательный объем. Это свидетельствовало об истощении у них резервных возможностей организма и срыве механизмов долговременной адаптации.

В условиях патологии физическая работоспособность ограничена вследствие нарушения резервных возможностей организма. При прочих равных условиях у лиц с более высоким уровнем общей физической работоспособности и более высокой производи-

тельностью кардиореспираторной системы утомление наступает позже, чем у лиц с низкой работоспособностью, недостаточными функциональными возможностями тех систем организма, которые обеспечивают транспорт кислорода из окружающей среды к работающим мышцам. Проведение пробы с физической нагрузкой представляет один из способов точного выявления функциональных резервов сердечно-сосудистой, дыхательной и мышечной систем.

При проведении ВЭМП высокий уровень толерантности к физической нагрузке имели 82,5% подростков контрольной группы; при I и II степенях сколиоза — 89,1% и 72,6% пациентов, соответственно. При III и IV степенях сколиоза только 16,5% и 6,6% пациентов, соответственно, показали высокий уровень физической работоспособности. Средняя толерантность к физической нагрузке у пациентов с IV степенью сколиоза выявлена лишь у 16,5%, а при III степени — у 39,6% пациентов. Низкую толерантность к физической нагрузке показали 76,9% больных с IV степенью грудного сколиоза.

Показатель физической работоспособности PWC170 при III степени составил $453,7 \pm 65,3$ кгм/мин ($p < 0,01$), а при IV степени — $387,2 \pm 41,2$ кгм/мин ($p < 0,01$), по сравнению с группой контроля, где величина физической работоспособности составила $1004,8 \pm 72,3$ кгм/мин. При I и II степенях сколиоза получены следующие данные физической работоспособности — $1099,0 \pm 67,1$ кгм/мин и $956,3 \pm 62,4$ кгм/мин, соответственно, которые достоверно не отличались от контрольных значений.

У подростков со сколиотической болезнью были проанализированы показатели гемодинамического обеспечения физической нагрузки — ЧСС, систолическое, диастолическое и среднее АД (САД, ДАД, Ср.АД). Так, перед физической нагрузкой при III и IV степени сколиоза получены достоверно большие значения ЧСС_{исх} по сравнению с группой контроля — $87,5 \pm 3,3$ уд/мин и $92,5 \pm 4,1$ уд/мин ($p < 0,01$), соответственно (в контроле — $72,8 \pm 2,1$ уд/мин). При оценке прироста ЧСС на пороговую нагрузку отмечен достоверно меньший ее прирост у обследованных лиц с тяжелыми степенями сколиотической деформации, что обусловлено включением этого важного механизма адаптации к физическим нагрузкам уже в условиях покоя для обеспечения организма кислородом и компенсации гипоксемии вследствие нарушения ФВД. Таким образом, были получены следующие данные %

прироста ЧСС: в контроле — $115,6 \pm 8,9\%$; при I и II степенях сколиоза — $112,3 \pm 7,1\%$ и $114,7 \pm 8,2\%$, соответственно, а при III и IV степенях сколиоза — только $91,3 \pm 6,7\%$ и $80,6 \pm 6,1\%$, соответственно ($p < 0,01$). Анализ изменений САД, ДАД и Ср.АД не выявил достоверных различий с группой контроля. Таким образом, гемодинамические изменения при физической нагрузке у подростков с тяжелой степенью сколиоза обеспечиваются преобладанием частоты над силой сердечных сокращений.

Полученные данные о нарушениях вентиляционной способности легких, наряду с глубокими нарушениями гемодинамики и сердечной деятельности, могут быть проявлением скрытых нарушений долговременной адаптации у детей со сколиотической болезнью, что, в конечном итоге, приводит к формированию “кифосколиотического сердца”, не способного удовлетворить высокие энергетические потребности растущего организма. Таким образом, необходим тщательный мониторинг ФВД и состояния сердечно-сосудистой системы с целью своевременного выявления нарушений компенсаторных механизмов организма и их коррекции.

Выводы

1. У подростков при I и II степени сколиоза включаются механизмы компенсации начальных изменений ФВД для обеспечения потребностей растущего организма в кислороде за счет увеличения глубины дыхания и МОД; при III и IV степенях сколиоза происходит срыв адаптационных механизмов и нарастание ЧДД, уменьшение глубины дыхания и МОД.

2. При тяжелых формах сколиотической болезни выявлены выраженные функциональные нарушения кардиореспираторной системы в виде снижения толерантности к физической нагрузке и физической работоспособности, так как нарушаются компенсаторные механизмы гемодинамического обеспечения физической работоспособности в виде значительного увеличения ЧСС уже в покое без соответствующего увеличения силы сердечных сокращений.

3. Все подростки со сколиотической болезнью, особенно с тяжелыми формами грудного сколиоза, подлежат обязательному обследованию, включающему спирографию и ВЭМП, которые с высокой степенью точности позволяют судить о скрытых нарушениях адаптационных механизмов в ответ на выраженную анатомическую деформацию грудной клетки.

Литература

1. Гаврилов В.В., Ткаченко А.П., Матюшин А.Ф. и др. О роли предоперационной подготовки в комплексном хирургическом лечении кифосколиотических деформаций позвоночника у детей и подростков /Патология позвоночника: Сб. науч. тр. — Л., 1990. — С. 84-93.
2. Дворецкий Д.П., Ткаченко Б.И. Гемодинамика в легких. — М., 1987.
3. Капустина Г.М. Внешнее дыхание и некоторые показатели гемодинамики у больных сколиозом /Автореф. дис. ... канд. мед. наук. — М., 1969.
4. Клиническая интерпретация данных исследования функции внешнего дыхания: Метод. рекомендации /Под ред. А.Г.Чучалина. — М., 1990.
5. Мовшович И.А. Сколиоз. — М., 1964.
6. Неманова Д.И., Автандилов А.Г., Ветрилэ С.Т. Особенности гемодинамики и диастолической функции правых отделов сердца у подростков с различной степенью сколиоза //Кардиология. — 2003. — № 9. — С. 64-66.
7. Определение показателей функционального состояния легочно-сердечной системы у больных туберкулезом легких: Метод. рекомендации /Под ред. В.Б. Нефедова. — М., 1988.
8. Преварский Б.П., Буткевич Г.А. Клиническая велоэргометрия. — Киев, 1985.
9. Чаклин В.Д., Абальмасова Е.А. Сколиозы и кифозы. — М., 1972.
10. Черноусова Л.Н., Ганюшкина С.М. О легочных объемах у подростков со сколиозом //Ортопед. и травматол. — 1970. — № 8. — С. 65-70.
11. Чоговадзе А.В., Шкляренко А.П., Аганянц Е.К., Коваленко Т.Г. Функциональная коррекция сколиотической болезни и ее последствий у девочек 8-16 лет с использованием средств лечебной физической культуры //ЛФК и массаж. — 2002.— №1. — С. 36-40.
12. Шумская Т.Н. Влияние сколиотической деформации и ее лечения на функциональное состояние дыхательной системы: Дис. ... канд. мед. наук. — Л., 1981.
13. Bjure J. Why is the fourth decade dangerous for non-treated patients with scoliosis //J. Bone St Surg. — 1974. — Vol. 56A, N 2. — P. 443.
14. Boffa P., Staviv P., Shneerson J. Lung developmental abnormalities in severe scoliosis //Thorax. — 1984. — Vol. 39, N 9. — P. 681-682.
15. Day G. A. Pulmonary functions in congenital scoliosis //Spine. — 1994. — Vol. 19, N 9. — P. 1027-1031.
16. Fegenbaum H. Echocardiography. — 4th ed. / Philadelphia, 1986.

Abstract

To study long-term adaptation in adolescents with scoliotic disease, 112 patients with various severity of thoracic scoliosis were examined. Lung function tests, physical stress tolerance, physical working capacity were assessed; veloergometry was performed. Patients with mild vertebral abnormalities demonstrated compensatory increase of minute respiratory volume, that was more effective for energy metabolism. In stage IV scoliosis, lung tests were abnormal, compensatory reactions of lung function were manifested primarily in increased breath rate, without adequate pulmonary ventilation increase. Physical stress tolerance and physical working capacity were significantly declined in more severe forms of scoliosis. Arterial hypoxemia compensation was associated not with increased heart contractility, but with accelerated heart rate, that was unfavorable for energy metabolism.

Keywords: Scoliosis, lung function tests, physical stress tolerance, physical working capacity.

Поступила 15/03-2004