

Изменение показателей биомеханики дыхания и компьютерной томографии высокого разрешения при хронической обструктивной болезни легких

Эккардт Э.В., Бодрова Т.Н., Тетенев Ф.Ф., Родионова О.В., Иванова Н.Г.

The variation of respiration biomechanics and high resolution computed tomography indices when analyzing chronic obstructive lung disease

Ekkardt E.V., Bodrova T.N., Tetenev F.F., Rodionova O.V., Ivanova N.G.

Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск

© Эккардт Э.В., Бодрова Т.Н., Тетенев Ф.Ф. и др.

В ходе исследования устанавливали соответствие клинических проявлений хронической обструктивной болезни легких при различных степенях нарушения вентиляционной функции легких показателям биомеханики дыхания и компьютерной томографии высокого разрешения. Выявлено, что показатели биомеханики дыхания изменяются на ранних стадиях формирования хронической обструктивной болезни легких.

Ключевые слова: хроническая обструктивная болезнь легких, диагностика, биомеханика дыхания, компьютерная томография легких.

The aim of the research was to determine how chronic obstructive lung disease clinical signs with lung ventilation function disturbance to various degrees correspond to respiration biomechanics and high resolution computed tomography indices. It was revealed that respiration biomechanics indices are changed at the early stages of chronic obstructive lung disease formation.

Key words: chronic obstructive lung disease, diagnostics, respiration biomechanics, computed lung tomography.

УДК 616.23/24-002.2-073.756.8:612.21.08

Введение

Хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) относится к числу наиболее распространенных заболеваний человека и входит в число лидирующих нозологий по числу дней нетрудоспособности, как причина инвалидности и занимает 4-е место в структуре смертности в США [5]. В России не менее 11 млн больных ХОБЛ. Однако по официальной медицинской статистике их число составляет около 1 млн. Это происходит главным образом потому, что диагноз у большинства страдающих ХОБЛ устанавливается лишь на поздних стадиях заболевания. Продолжительность жизни пациентов с ХОБЛ в России ниже на 10—15 лет по сравнению с пациентами — жителями стран Западной Европы [11]. К этому следует добавить, что прогнозы специалистов в отношении данной патологии остаются неблагоприятными: ожидается, что к 2020 г. ХОБЛ займет 3-е

место среди причин смерти во всем мире. Установлено, что распространенность ХОБЛ в мире среди мужчин и женщин во всех возрастных группах составляет соответственно 9,3 и 7,3 на 1 тыс. населения [1].

Современный уровень медицины требует от практического врача знаний об основных этапах формирования болезни и способах ее своевременной диагностики. Поэтому в настоящее время усилия исследователей направлены на поиск методов диагностики, позволяющих распознать заболевание в период ранних его проявлений [3]. Обструкция бронхов при ХОБЛ считается основным синдромом. Ее наличие и степень определяют по величине объема форсированного выдоха за первую секунду (ОФВ₁). Для определения ОФВ₁ не требуется сложной аппаратуры, вместе с тем исследование неинвазивное и необременительное для больного. Таким образом, определение ОФВ₁ является золотым стан-

дартом в определении состояния функции аппарата внешнего дыхания [4, 7].

При этом, однако, не учитывается, что на величину названного показателя влияют внутрилегочные и внелегочные причины. Одной из важнейших задач функциональных исследований выступает диагностика начальных стадий ХОБЛ с целью раннего назначения лечения и для предотвращения тяжелых последствий прогрессирования заболевания. Для диагностики бронхообструкции имеет значение исследование биомеханики дыхания. Интерес к ее изучению и практическому использованию вызван и тем, что показатели биомеханики дыхания являются объективными в определении функциональных нарушений аппарата внешнего дыхания, так как отражают величину внутрилегочного сопротивления и не зависят от внелегочных факторов. Вместе с тем они не зависят и от субъективного компонента (сотрудничество и взаимопонимание исследуемого и исследователя, понимание и желание выполнить определенный дыхательный маневр), которые могут изменить величину изучаемых показателей методом спирографии [9, 10].

Лучевые методы исследования также имеют важное значение для диагностики ХОБЛ. Широко используемая классическая рентгенография органов грудной клетки не позволяет выявить патологические изменения в легких при ХОБЛ на ранних этапах заболевания. Рентгенологические признаки выступают в таких случаях свидетелями уже развернутой картины ХОБЛ, когда имеются разной степени выраженности нарушения функции системы дыхания [2, 13, 14]. Среди современных методов лучевой диагностики ХОБЛ особое место приобрела компьютерная томография (КТ), чувствительность которой в выявлении структурных изменений легких достигает 90—92%. Наиболее полную картину изменений макроструктуры легочной паренхимы, бронхов и особенно их терминальных отделов дает методика компьютерной томографии высокого разрешения (КТВР).

Дополнительную информацию о структурных и функциональных нарушениях позволяет получить инспираторно-экспираторная ее модификация и определение симптома «воздушных ловушек» в фазу максимального выдоха [8, 12]. «Воздушной ловушкой» называется задержка накопленного газа в любой части легких в фазу выдоха. На компьютерных томограммах высокого разрешения регионы «воздушных ловушек»

выглядят как участки меньшей плотности по сравнению с нормальной паренхимой и обычно локализованы в пределах вторичной дольки, сегмента, доли или всего легкого. «Воздушные ловушки» служат характерным признаком обструкции бронхов.

Цель исследования — установить соответствие клинических проявлений ХОБЛ при различных степенях нарушения вентиляционной функции легких показателям биомеханики дыхания и компьютерной томографии высокого разрешения.

Материал и методы

Для решения поставленной цели было исследовано 10 здоровых лиц и 48 больных в возрасте от 20 до 60 лет. У 10 из них имелись клинические признаки бронхита, но $ОФВ_1$ был в норме (0 группа). У остальных 38 больных была ХОБЛ, они составили три группы согласно критериям GOLD 2007: I группа (9 человек) — $ОФВ_1 \geq 80\%$ от должного; II группа (11 человек) — $50\% \leq ОФВ_1 < 80\%$ от должных значений; III группа (18 человек) — $30\% \leq ОФВ_1 < 50\%$ от должных значений. Все значения $ОФВ_1$ I—III групп относятся к постбронходилатационным. Изучена клиническая картина заболевания, определены показатели вентиляции легких, биомеханики дыхания, проведена инспираторно-экспираторная КТВР. На участие в исследовании у всех лиц получено информированное согласие.

Критерии включения в исследование: клинические проявления бронхиальной обструкции — кашель, выделение мокроты, не связанные с проявлением заболеваний других органов и систем; возраст от 20 до 60 лет; наличие необратимой бронхиальной обструкции (прирост $ОФВ_1$ после приема бронхолитика менее 15%); прогрессирующее нарушение легочной вентиляции.

Критерии исключения: клинические проявления бронхиальной обструкции, связанные с заболеваниями других органов и систем; аллергический характер изменений; возраст старше 60 и младше 20 лет; наличие обратимой бронхиальной обструкции (прирост $ОФВ_1$ после приема бронхолитика более 15%); отсутствие информированного согласия.

Клиническую картину заболевания изучали путем тщательного сбора жалоб, анамнеза, объективного исследования во время госпитализации пациентов в клинику пропедевтики внутренних болезней Сибирского государственного медицинского университета

(СибГМУ) (г. Томск). Степень одышки оценивали по шкале Medical Research Council Dyspnea Scale (MRC): 0-я степень (одышка не беспокоит, за исключением очень интенсивной нагрузки); 1-я степень (одышка при быстрой ходьбе или подъеме на небольшое возвышение); 2-я степень (одышка приводит к более медленной ходьбе по сравнению с другими людьми того же возраста или заставляет делать остановки при ходьбе в своем темпе по ровной поверхности); 3-я степень (одышка заставляет делать остановки при ходьбе на расстояние до 100 м или через несколько минут по ровной поверхности); 4-я степень (одышка делает невозможным выходить за пределы дома, возникает при одевании и раздевании).

Показатели вентиляции получали с помощью прибора Masterlab Pro Erich Jager (Германия). Рассчитывали ОФВ₁, остаточный объем легких (ООЛ), общую емкость легких (ОЕЛ), отношение ООЛ к ОЕЛ и выражали в процентах к должным величинам. Показатели биомеханики дыхания записывали путем одновременной регистрации спирограммы и транспульмонального давления (ТПД) по методике зондирования пищевода на пневмотахографе («Медфизприбор», г. Казань). Общее неэластическое сопротивление на вдохе (ОНС_{вд}) и выдохе (ОНС_{выд}) составляло отношение наибольшего значения неэластического компонента ТПД к средней скорости воздушного потока на вдохе и выдохе соответственно. Для оценки эластических свойств легких определяли динамическую растяжимость (С_{дин}) — отношение дыхательного объема к градиенту ТПД в моменты смены дыхательных фаз (л · кПа⁻¹). Величина ТПД на высоте резервного вдоха в статических условиях равнялась эластической тяге легких (ЭТЛ) (кПа).

Аэродинамическое сопротивление (АС) измеряли отношением альвеолярного давления к скорости воздушного потока (кПа · л⁻¹ · с). Тканевое трение (ТТ) составляло разницу ОНС и АС (кПа · л⁻¹ · с). Плотность легочной ткани рассчитывали во время проведения функциональной КТВР на спиральном односрезовом компьютерном томографе Toshiba Xpress GX (Япония) в положении больного лежа на спине. Использовалась пошаговая программа КТВР с толщиной среза 1,0 мм. Эффективная эквивалентная доза (ЭЭД) составляла 0,09 мЗв. Проведение обычной инспираторной методики — сканирование в фазе максимального задержанного вдоха — сочеталось с выполнением

сканирования в фазе максимального задержанного выдоха. Сканированию и выполнению функциональных экспираторных проб предшествовал инструктаж и тренинг пациентов по правильному выполнению дыхательных движений.

Так как компьютерные томограммы в режиме высокого разрешения являются продуктом электронной обработки и искусственное повышение пространственного разрешения приводит к искажению плотностных показателей, использование определенного абсолютного показателя плотности легочной ткани в расчетах являлось некорректным. Исходя из этого, на кафедре лучевой диагностики и лучевой терапии СибГМУ было предложено рассчитывать разницу между определенными показателями плотностей «вдох — выдох» как градиент плотности (ГП). Исследование проводилось на трех легочных уровнях — на 2 см выше уровня дуги аорты, на уровне бифуркации трахеи, на 2 см выше уровня куполов диафрагмы для оценки состояния разных отделов легких. Величина поля изображения охватывала оба легочных поля и составляла 25—35 см. Изучение сканов проводилось в условиях легочного электронного окна, уровень — 750...—850, ширина 900/1500 ед. Хаунсфилда Ну.

Также изучалась морфологическая картина в легких — наличие симптома «воздушных ловушек» — неравномерность вздутия легочной ткани на выдохе (рис. 1). Этот симптом расценивался как признак бронхообструктивного синдрома. Оценка макроструктуры легочной ткани проводилась визуально как на инспираторных, так и на экспираторных сканах, выполненных по программе КТВР.

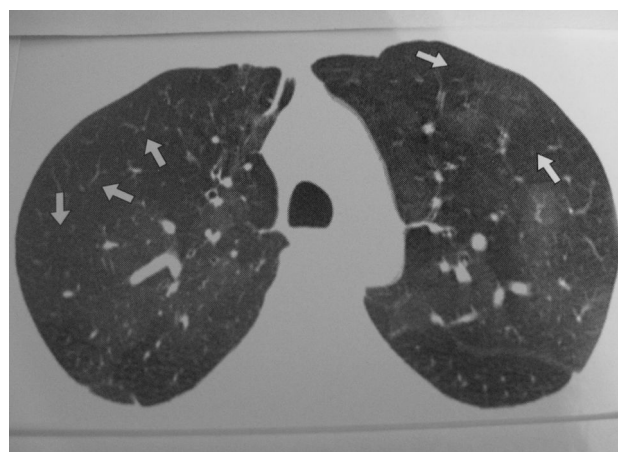


Рис. 1. Компьютерная томограмма высокого разрешения на выдохе: регионы «воздушных ловушек» (обозначены стрелками)

Для составления электронной базы данных использовали программу Microsoft Excel 2002. Статистические расчеты выполняли при помощи стандартных алгоритмов биометрии [6]. Проверку на нормальность распределения признака проводили с помощью *W*-теста Шапиро—Уилки. Применялся описательный и сравнительный анализ. Описательный анализ включал определение параметров среднего арифметического выборочной совокупности *M*, ошибку среднего арифметического *m*. Сравнительный анализ основывался на определении достоверности разницы показателей по *t*-критерию Стьюдента для параметрических и по *Z*-критерию для непараметрических показателей. Различия средних величин считали статистически значимыми при $p < 0,05$. Расчеты выполняли при помощи программы Statistica 6.0 for Windows (StatSoft Ins., США).

Результаты и обсуждение

При анализе клинической картины заболевания выявлено наличие симптомов бронхита у всех исследованных пациентов основной группы, в том числе жалобы на кашель, отделение мокроты, одышку. Объективное обследование показало, что при перкуссии у части пациентов определялся над легкими легочный звук с коробочным оттенком, при аускультации — удлинение фазы выдоха в дыхательном цикле или ослабленное

везикулярное дыхание, рассеянные сухие низкие и высокие хрипы. Согласно данным, представленным в табл. 1, установлено, что ОФВ₁ в 0 группе был ниже, чем у здоровых лиц ($p < 0,001$), но у всех пациентов — не ниже 85% от должного и по классификации вентиляционных нарушений находился в пределах допустимой степени снижения. ООЛ в 0 и I группах не отличался от нормы; во II, III группах был в среднем одинаков, но выше, чем у здоровых лиц. ОЕЛ в III группе была выше, чем у здоровых ($p < 0,001$). Процентное соотношение ООЛ/ОЕЛ в I—III группах было выше, чем у здоровых лиц. Показатели биомеханики дыхания, характеризующие общее неэластическое сопротивление легких (ОНС, АС), как на вдохе, так и на выдохе во всех группах статистически значимо различались с показателями контрольной группы ($p < 0,001$). ТТ отличалось от группы контроля только на выдохе (табл. 2). ЭТЛ и *S*_{дин} — показатели, характеризующие эластическое напряжение легких, во всех группах были в среднем ниже, чем у здоровых людей ($p < 0,001$).

В группах больных со II и III степенью бронхообструкции средний ГП по обоим легким был статистически значимо ниже в сравнении с пациентами, у которых obstructивных нарушений при спирографии не определялось ($p < 0,001$) (рис. 2). В 0 и I группах различий по ГП не установлено. Симптом «воздушных ловушек» не выявлялся у здоровых лиц и у части больных.

Таблица 1

Показатели вентиляционной функции легких у больных ХОБЛ (*M* ± *m*), %

Группа	ОФВ ₁	ООЛ	ОЕЛ	ООЛ/ОЕЛ
Здоровые	102,60 ± 1,33	105,90 ± 1,34	104,10 ± 1,82	23,11 ± 0,53
0	86,97 ± 2,14*	111,31 ± 8,45	118,24 ± 10,31	28,22 ± 8,93
I	75,36 ± 2,16*	117,14 ± 12,71	121,30 ± 15,13	41,60 ± 7,69*
II	58,17 ± 4,21*	203,17 ± 20,00*	101,03 ± 5,94	50,51 ± 3,81*
III	37,32 ± 3,93*	241,02 ± 30,16*	129,13 ± 11,08*	70,42 ± 11,92*

* Статистически значимые различия с показателями у здоровых лиц $p < 0,001$.

Таблица 2

Показатели биомеханики дыхания у больных ХОБЛ (*M* ± *m*)

Показатель	Здоровые	0 группа	I группа	II группа	III группа
ОНС _{вд} , кПа · л ⁻¹ · с	0,142 ± 0,005	0,343 ± 0,019**	0,413 ± 0,038**	0,584 ± 0,190**	0,712 ± 0,124**
ОНС _{вд} , кПа · л ⁻¹ · с	0,209 ± 0,004	0,725 ± 0,072**	0,989 ± 0,216**	1,391 ± 0,207**	1,491 ± 0,270**
АС _{вд} , кПа · л ⁻¹ · с	0,194 ± 0,003	0,448 ± 0,034**	0,560 ± 0,061**	0,845 ± 0,167**	0,671 ± 0,067**
АС _{вд} , кПа · л ⁻¹ · с	0,234 ± 0,004	0,395 ± 0,048**	0,603 ± 0,087**	0,923 ± 0,145**	1,101 ± 0,111**
ТТ _{вд} , кПа · л ⁻¹ · с	0,016 ± 0,002	0,028 ± 0,011	0,014 ± 0,001	0,128 ± 0,093**	0,226 ± 0,104**
ТТ _{вд} , кПа · л ⁻¹ · с	0,018 ± 0,002	0,357 ± 0,055**	0,404 ± 0,142**	0,556 ± 0,156**	0,526 ± 0,183**
<i>S</i> _{дин} , л · кПа ⁻¹	0,023 ± 0,001	0,018 ± 0,001*	0,017 ± 0,001**	0,019 ± 0,001*	0,017 ± 0,002**
ЭТЛ, кПа	2,156 ± 0,940	1,422 ± 0,108*	1,438 ± 0,103*	1,176 ± 0,064**	1,165 ± 0,124**

Примечание. Статистически значимые различия с показателями у здоровых лиц: * — $p < 0,01$; ** — $p < 0,001$.

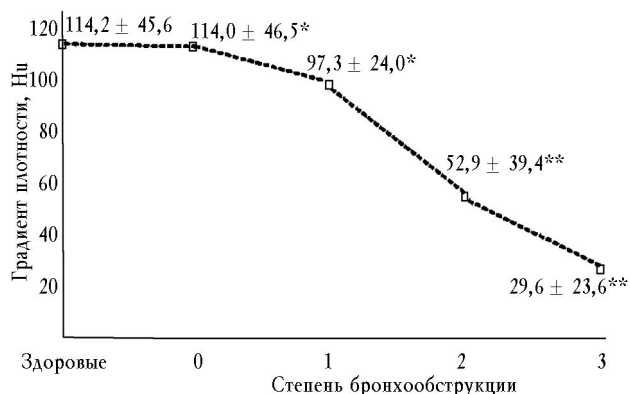


Рис. 2. Значения среднего ГП ($M \pm m$) в зависимости от степени обструктивных нарушений: * — $p > 0,05$ по сравнению со здоровыми; ** — $p < 0,001$ по сравнению со здоровыми

В 0 группе больных без спирографических признаков обструктивных нарушений «воздушные ловушки» встречались у 5 пациентов из 10. В I группе у пациентов с обструктивными нарушениями 1-й степени они имели место у 5 человек из 9. Во II группе больных с обструктивными нарушениями 2-й степени «воздушные ловушки» определялись у 6 пациентов из 11. В III группе у лиц с обструктивными нарушениями 3-й степени данный симптом был выявлен у 3 пациентов из 18.

Заключение

Исследования показали, что аэродинамическое сопротивление на выдохе было повышенным у всех больных с нормальными показателями ОФВ₁ и степень его повышения в среднем соответствовала нарастанию тяжести ХОБЛ, что позволяет его считать ранним признаком нарушения бронхиальной проходимости.

Эластическая тяга легких и растяжимость легких снижались у больных ХОБЛ при всех стадиях развития заболевания в среднем одинаково. На начальных стадиях развития ХОБЛ изменения эластической тяги и растяжимости легких являлись, по-видимому, функциональными. Средний градиент плотности легочной ткани достоверно снижался только у больных II и III групп. Это не позволяет его считать показателем ранних признаков обструкции бронхов. Наличие симптома «воздушных ловушек» по данным КТВР определялось не у всех больных ХОБЛ и по мере нарастания

тяжести заболевания частота их выявления снижалась. Поэтому представление о «воздушных ловушках» как признаке нарушения бронхиальной проходимости, в частности клапанной обструкции мелких бронхов, не нашло подтверждения. Механизм их образования требует дополнительного изучения.

Исходя из полученных данных можно заключить, что в случае, когда врач при аускультации обнаруживает симптомы генерализованной обструкции и при этом результаты спирографии не выявляют отклонений от нормы, целесообразно провести исследование показателей биомеханики дыхания, которое, безусловно, подтвердит нарушение функции аппарата внешнего дыхания. Повышение АС укажет на бронхообструкцию, снижение ЭГЛ — на эмфизему легких, снижение растяжимости легких — на пневмофиброз. Для уточнения состояния легочной паренхимы у больных ХОБЛ необходимо назначать исследование функциональной КТВР.

Литература

1. Авдеев С.Н. Легочная гиперинфляция у больных ХОБЛ // Атмосфера. Пульмонология и аллергология. 2006. № 2. С. 11—16.
2. Аверьянов А.В., Поливанов Г.Э. Роль компьютерной томографии в количественной оценке эмфиземы легких у больных ХОБЛ // Пульмонология. 2006. № 5. С. 97—101.
3. Айсанов З.Р. Исследование респираторной функции при ХОБЛ // Рос. ринология. 2004. № 1. С. 77.
4. Воробьева З.В. Функция внешнего дыхания при хронической обструктивной болезни легких в стадии 0 (ноль) // Функц. диагностика. 2005. № 2. С. 29—32.
5. Глобальная стратегия диагностики, лечения и профилактики хронической обструктивной болезни легких: пересмотр 2003 года: пер. с англ. / ВОЗ (Женева), Национальный институт сердца, легких и крови. М.: Атмосфера, 2003. 96 с.
6. Зайцев В.М., Лифляндский В.Г., Маринкин В.И. Прикладная медицинская статистика: учебное пособие. 2-е изд. СПб.: Фолиант, 2006. 432 с.
7. Исследование функции аппарата внешнего дыхания. Основы клинической физиологии дыхания: учебное пособие. 2-е изд., доп. и испр. / Ф.Ф. Тетенов, Т.Н. Бодрова, К.Ф. Тетенов и др. Томск: Изд-во «Печатная мануфактура», 2008. 164 с.
8. Родионова О.В. Возможности инспираторно-экспираторной компьютерной томографии высокого разрешения в диагностике хронической обструктивной болезни легких // Мед. визуализация. 2007. № 4. С. 74—81.
9. Тетенов Ф.Ф. Биомеханика дыхания. Томск, 1981. 143 с.
10. Тетенов Ф.Ф. Преодоление методологических проблем в

- учении о биомеханике дыхания // Бюл. сиб. медицины. 2010. Т. 9, № 3. С. 15—26.
11. *Хроническая обструктивная болезнь легких: клинические рекомендации* / под ред. А.Г. Чучалина. М.: Атмосфера, 2003. 168 с.
12. *Paciocco G., Uslenghi E., Bianchi A. et al.* Diffuse cystic lung diseases: correlation between radiologic and functional status // *Chest*. 2004. № 125. P. 135—142.
13. *Vehmas T., Kivisaari L., Huuskonen M.S., Jaakkola M.S.* Scoring CT/HRCT findings among asbestos-exposed workers: effects of patient's age, body mass index and common laboratory test result // *Eur. Radiol.* 2005. № 2. P. 213—219.
14. *Verschakelen J.A.* Spiral CT and HRCT in airway diseases: Small airways // *Eur. Radiol.* 2002. № 12. P. 35.

Поступила в редакцию 20.12.2010 г.

Утверждена к печати 14.01.2011 г.

Сведения об авторах

Э.В. Эккардт — врач-терапевт консультативного и лечебно-диагностического центра СибГМУ (г. Томск).

Т.Н. Бодрова — д-р мед. наук, профессор кафедры пропедевтики внутренних болезней СибГМУ (г. Томск).

Ф.Ф. Тетнев — д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой пропедевтики внутренних болезней СибГМУ (г. Томск).

О.В. Родионова — канд. мед. наук, врач-рентгенолог лечебно-диагностического центра (г. Томск).

Н.Г. Иванова — врач-терапевт клиники пропедевтики внутренних болезней СибГМУ (г. Томск).

Для корреспонденции

Эккардт Эльвира Виллиевна, тел. 8-903-915-55-09.

Порядок рецензирования статей в журнале «Бюллетень сибирской медицины»

Все поступающие в редакцию рукописи после регистрации проходят этап обязательного двойного конфиденциального рецензирования членами редакционного совета либо внешними рецензентами. Рецензенты не имеют права копировать статью и обсуждать ее с другими лицами (без разрешения главного редактора).

При получении положительных рецензий работа считается принятой к рассмотрению редакционной коллегией журнала, которая окончательно решает вопрос о публикации материала в «Бюллетене сибирской медицины».

Редакция журнала извещает основного автора о результатах прохождения рецензирования и сроках публикации.

Редакция не принимает рукописи научно-практического характера, опубликованные ранее в других изданиях.

Все полученные редакцией журнала «Бюллетень сибирской медицины» рукописи будут рассмотрены без задержек и при получении положительных рецензий и решения редакционной коллегии опубликованы в течение одного года.

С правилами оформления работ можно ознакомиться в Интернете на сайте СибГМУ: <http://ssmu.tomsk.ru>.

Статьи и информация для журнала принимаются в редакционно-издательском отделе СибГМУ.