

ЗНАЧЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОГО ЛЕГОЧНОГО ИНДЕКСА В ОЦЕНКЕ ТЯЖЕСТИ ТЕЧЕНИЯ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОГО ПЕРИОДА ПРИ АОРТОКОРОНАРНОМ ШУНТИРОВАНИИ НА РАБОТАЮЩЕМ СЕРДЦЕ*

Е. В. Фот, Н. Н. Изотова, А. С. Юдина, А. А. Смёткин, В. В. Кузьков, М. Ю. Киров

THE VALUE OF INTEGRATED PULMONARY INDEX IN ASSESSMENT OF POSTOPERATIVE PERIOD AFTER OFF-PUMP CORONARY ARTERY BYPASS GRAFTING

E. V. Fot, N. N. Izotova, A. S. Judina, A. A. Smetkin, V. V. Kuzkov, M. Y. Kirov

Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск
ГБУЗ АО «Первая городская клиническая больница им. Е. Е. Волосевич», г. Архангельск

Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia
E. E. Volosevich First Municipal Clinical Hospital, Arkhangelsk, Russia

У 40 пациентов после аортокоронарного шунтирования (АКШ) на работающем сердце на фоне респираторной поддержки и после экстубации трахеи осуществляли мониторинг газового состава артериальной крови, SpO_2 , $EtCO_2$, частоты дыханий, частоты пульса и интегрированного легочного индекса (IPI, Capnostream™ 20p, Covidien).

Мониторинг показателей гемодинамики включал непрерывную регистрацию сердечного индекса (СИ) (esCCO, Nihon Kohden) и оценку фракции изгнания левого желудочка ($ФИ_{лж}$) до и после операции. Значение IPI, зарегистрированное на фоне респираторной поддержки в отделении реанимации, коррелировало с СИ ($p = 0,04$), а значение IPI < 8 через 2 ч после экстубации ассоциировалось с более низкой $ФИ_{лж}$ после операции ($p = 0,007$). Кроме того, значения IPI ≤ 9 через 6 ч после экстубации трахеи выступили как предиктор осложненного течения раннего послеоперационного периода (AUC = 0,7 $p = 0,04$).

Таким образом, показатель IPI отражает состояние гемодинамики и тяжесть течения послеоперационного периода при АКШ на работающем сердце.

Ключевые слова: послеоперационная дыхательная недостаточность, аортокоронарное шунтирование, мониторинг.

Forty patients after elective off-pump coronary artery bypass grafting (OPCAB) were enrolled into a prospective observational study and monitored using SpO_2 , $EtCO_2$, pulse rate and respiratory rate. In addition, the Integrated Pulmonary Index (IPI, Capnostream™ 20p, Covidien) was registered prior tracheal extubation and at 2, 6, 12, and 18 hrs after extubation.

The hemodynamics was monitored using continuous non-invasive cardiac index (esCCO, Nihon Kohden) and left ventricular ejection fraction (EF) before and after the intervention.

The value of IPI registered during the respiratory support correlated with cardiac index ($p = 0.04$). In the subgroup of the patients with IPI below 8 at 2 hrs after extubation, we found lower ejection fraction ($p = 0.007$). In addition, the IPI value ≤ 9 was a predictor of complicated early postoperative period (AUC = 0,7; $p = 0, 04$).

Thus, IPI reflects the hemodynamic status and the course of postoperative stay after OPCAB.

Key words: postoperative respiratory failure, coronary artery bypass grafting, monitoring.

Респираторные осложнения после кардиохирургических вмешательств встречаются с достаточно высокой частотой и влияют на длительность пребывания пациента в отделении реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) и стационаре,

а также на стоимость лечения [19, 23]. В связи с этим пациентам необходим комплексный мониторинг вентиляции и газообмена в периоперационном периоде. Современные требования к мониторингу включают точность, непрерывность, минимальную

* Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МД–4984.2015.7.

инвазивность, а также простоту интерпретации. Для оценки функции дыхания в ОРИТ применяют непрерывную пульсоксиметрию, капнографию, оценку частоты дыхательных движений и периодическое измерение газового состава артериальной крови [1]. Одним из наиболее часто используемых показателей является индекс PaO_2/FiO_2 [12, 18], который, однако, не способен в полной мере отражать различные варианты дыхательной недостаточности, не может измеряться непрерывно и требует инвазивного забора газов крови.

Большое значение, особенно при ограниченном количестве медперсонала, имеют индексы и шкалы раннего предупреждения (Early Warning Score) о критических инцидентах. По рекомендации Всемирной федерации обществ анестезиологов (WFSA), интегрированная комплексная оценка тяжести состояния и риска осложнений у пациента может существенно облегчить работу медсестры и врача ОРИТ [2, 9, 16]. Одним из примеров такого подхода является интегрированный легочный индекс (Integrated Pulmonary Index, IPI) – расчетный показатель, в режиме реального времени оценивающий четыре параметра: насыщение крови кислородом (SpO_2), частоту пульса (ЧСС), частоту дыхания (ЧД), а также концентрацию углекислого газа в конце выдоха ($EtCO_2$). Расчет индекса основан на принципе нечеткой логики (fuzzy logic) и представляет собой математическую модель, имитирующую мышление человека.

К настоящему времени выполнено лишь несколько исследований, оценивающих эффективность IPI в анестезиологической практике, в частности, для выявления эпизодов апноэ и гипоксии при проведении медикаментозной седации во время различных эндоскопических вмешательств [5, 11, 21]. В то же время целесообразность мониторинга этого интегрированного показателя в раннем послеоперационном периоде у пациентов кардиохирургического профиля не изучена.

Цель исследования: оценка диагностических возможностей мониторинга интегрированного легочного индекса у пациентов после планового аортокоронарного шунтирования (АКШ) на работающем сердце.

Материал и методы

В проспективное исследование включено 40 взрослых пациентов после АКШ на работающем сердце, госпитализированных в отделение кардиохирургической реанимации (КХР) ГБУЗ АО «Первая городская клиническая больница им. Е. Е. Волосевич» г. Архангельска. Исследование было одобрено этическим комитетом ГБОУ ВПО «Северный государственный медицинский университет».

Критериями включения в исследование являлись: возраст пациента старше 18 лет; наличие до-

бровольного информированного согласия, а также выполнение АКШ без искусственного кровообращения.

Критериями исключения из исследования служили: морбидное ожирение с индексом массы тела более 40 кг/м^2 ; наличие очагов легочной деструкции по данным рентгенологического исследования, а также постоянная форма фибрилляции предсердий или другая значимая аритмия.

Индукцию анестезии, согласно локальному протоколу, выполняли тиопенталом натрия в дозе 4 мг/кг и фентанилом в дозе $2,5\text{--}3,0 \text{ мкг/кг}$. Поддержание анестезии осуществляли севофлураном ($0,5\text{--}3,0 \text{ об. \%}$) и фентанилом в дозе $2\text{--}4 \text{ мкг} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ для обеспечения целевого значения BIS-мониторинга в пределах $40\text{--}60$.

Интраоперационную искусственную вентиляцию легких (ИВЛ) осуществляли в режиме вентиляции, контролируемой по давлению с дыхательным объемом 8 мл/кг предсказанной массы тела и положительным давлением в конце выдоха 5 см вод. ст. Фракцию вдыхаемого кислорода устанавливали на уровне 50% или более для достижения SpO_2 не менее 95% . ЧД составляла $10\text{--}18/\text{мин}$ для поддержания $EtCO_2$ на уровне $30\text{--}35 \text{ мм рт. ст.}$

При поступлении в ОРИТ из операционной для стабилизации показателей гемодинамики и газообмена, а также выполнения стартовых измерений всем пациентам проводили седацию пропофолом ($2\text{--}4 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$) под контролем BIS-мониторинга (целевое значение – 60). Послеоперационную респираторную поддержку осуществляли аппаратом Hamilton G-5 в стартовом режиме с параметрами интраоперационной ИВЛ.

После выполнения начальных измерений седацию прекращали, у всех пациентов реализовывался протокол ухода от респираторной поддержки с постепенным снижением давления поддержки и частоты обязательных вдохов, а также прохождением теста на спонтанное дыхание (SBT). После успешного прохождения 30-минутного SBT выполняли экстубацию трахеи. В постэкстубационном периоде все пациенты получали ингаляцию увлажненного кислорода через носовые катетеры, а также побудительную спирометрию.

В ходе исследования оценивали следующие показатели: параметры ИВЛ, газовый состав артериальной крови (ABL800Flex, Radiometer, Дания), SpO_2 , $EtCO_2$, ЧД, ЧСС и IPI (Capnostream 20p, Covidien). Расчет IPI основывается на том, что каждые 15 с выполняется трансформация SpO_2 , $EtCO_2$, ЧД и ЧСС в единое индексированное значение, варьирующее от 1 до 10 , при этом 10 соответствует нормальному состоянию, а 1 означает, что состояние больного требует немедленного вмешательства. При этом выделены подгруппы с оптимальным (IPI $9\text{--}10$) и субоптимальным (IPI ≤ 8) значениями IPI (табл. 1). Измерения после экстубации трахеи про-

водили при FiO_2 0,21 на фоне временного (в течение 5 мин) прекращения инсуффляции больному кислороду под контролем SpO_2 , избегая снижения этого показателя менее 88%. Осуществляли непрерывный мониторинг показателей гемодинамики, включая

под кривой и $p < 0,013$ – в случае внутрigrупповых сравнений.

Результаты и обсуждение

В исследование включено 30 мужчин и 10 женщин. Демографические параметры, а также исходные характеристики пациентов приведены в табл. 2.

IPi и прекращение респираторной поддержки. На момент поступления лишь в одном случае из сорока были отмечены сложности с регистрацией IPi, обусловленные снижением перфузии, препятствующей определению SpO_2 . Однако следует от-

Таблица 1

Детерминанты интегрированного легочного индекса и их клиническая интерпретация

| IPi | Интерпретация | Стратификация подгрупп |
|------|--|-------------------------|
| 9–10 | Норма | Оптимальное значение |
| 8 | Близко к нормальному диапазону | Субоптимальное значение |
| 7 | Необходимо повышенное внимание | |
| 5–6 | Требуется повышенное внимание. Может потребоваться вмешательство | |
| 3–4 | Требуется вмешательство | |
| 1–2 | Требуется немедленное вмешательство | |

ЭКГ-мониторинг, инвазивное измерение артериального давления, непрерывную регистрацию сердечного индекса (СИ) с использованием технологии, основанной на оценке времени транзита пульсовой волны (esCCO, Nihon Kohden, Япония). Все перечисленные параметры регистрировали на следующих этапах: при поступлении в ОРИТ на фоне седации пропофолом, после успешного прохождения теста на спонтанное дыхание, а далее через 2, 6, 12, 18 ч после экстубации трахеи.

Кроме того, регистрировали тяжесть предоперационного состояния пациентов, фракцию выброса левого желудочка до и через сутки после оперативного вмешательства – длительность послеоперационной ИВЛ, время пребывания в ОРИТ и стационаре, волемический баланс после операции и в 1-е сут пребывания в ОРИТ.

Статистический анализ. Для статистического анализа данных использовали критерии непараметрической статистики. Данные представлены в виде медианы (25-го – 75-го перцентилей). Для межгрупповых сравнений применяли U-критерий Манна – Уитни, для внутрigrупповых сравнений – критерий Уилкоксона с поправкой Бонферрони. Для оценки корреляционных отношений рассчитывали ρ Спирмена. Для сравнения номинальных переменных использовали критерий χ^2 . Для оценки прогностических возможностей IPi выполняли построение ROC-кривых и оценку площади под ними (AUC). Результаты считали статистически значимыми при $p < 0,05$ в случае межгрупповых сравнений, корреляционного анализа и оценки площади

Таблица 2

Исходные характеристики при поступлении в ОРИТ и показатели периоперационного периода

| Показатель | Значение |
|--|-------------------------------|
| Возраст, лет | 62 (55–70) ($n = 40$) |
| ИМТ, кг/м ² | 30 (27–31) ($n = 40$) |
| EuroSCORE, баллы | 1,15 (0,85–1,59) ($n = 40$) |
| Длительность операции | 210 (185–250) |
| Количество шунтов | 3 (2–4) ($n = 40$) |
| Интраоперационный гидробаланс, мл | 900 (563–1 238) ($n = 40$) |
| Исходные показатели при поступлении в КХР | |
| IPi | 9 (8–10) ($n = 39$) |
| PaO_2/FiO_2 , мм рт. ст. | 270 (193–332) ($n = 40$) |
| SpO_2 , % | 100 (98–100) ($n = 40$) |
| $EtCO_2$, мм рт. ст. | 30 (28–34) ($n = 40$) |
| ЧСС, уд./мин | 61 (54–75) ($n = 40$) |
| ЧД/мин | 15 (13–15) ($n = 40$) |
| $PaCO_2$, мм рт. ст. | 39 (36–41) ($n = 40$) |
| СИ, л · мин ⁻¹ · м ⁻² | 2,41 (2,04–2,76) ($n = 40$) |
| Длительность послеоперационной ИВЛ, мин | 193 (138–258) ($n = 40$) |
| Длительность пребывания в КХР, ч | 24 (24–66) ($n = 40$) |
| Осложнения в послеоперационном периоде ($n = 13$) | |
| Нарушения ритма сердца, постоянная инфузия амиодарона | 5 |
| Дыхательная недостаточность | 2 |
| Двусторонний гидроторакс | 2 |
| Значимая дренажная кровопотеря, потребность в гемотрансфузии | 1 |
| Хилоторакс | 1 |
| Сброс воздуха по дренажам в течение 24 ч | 1 |
| Энцефалопатия | 1 |

Примечание: данные представлены в виде медианы (25-го и 75-го перцентилей), при описании осложнений – в виде целых значений; ИМТ – индекс массы тела.

метить, что уже через 10 мин после стабилизации состояния пациентов IPI регистрировался в 100% случаев. При этом лишь у 5% пациентов сразу при поступлении в ОРИТ результаты IPI выходили за принятые пределы нормальных значений и имели значение этого показателя менее 7. Количество пациентов со значением индекса PaO_2/FiO_2 менее 300 мм рт. ст. составило 63%. Такие компоненты IPI, как ЧД, SpO_2 , $EtCO_2$, до восстановления спонтанной регуляции дыхания определялись преимущественно оператор-зависимыми настройками респиратора. Из всех компонентов IPI наиболее значимая корреляция с интегрированным легочным индексом на этом этапе получена у показателя $EtCO_2$ ($\rho = 0,6, p < 0,01$). Кроме того, значение IPI при поступлении в ОРИТ ассоциировалось с показателями СИ ($\rho = 0,4, p = 0,04$) и $ScvO_2$ ($\rho = 0,4, p = 0,02$). На наш взгляд, подобные результаты обусловлены присутствием $EtCO_2$ как компонента IPI. Наличие взаимосвязи между $EtCO_2$ и сердечным выбросом хорошо известно [13, 20]. В частности, A. S. Varaka et al. показали, что низкие значения $EtCO_2$ при отлучении пациента от искусственного кровообращения ассоциируются с низкими значениями сердечного выброса и $ScvO_2$, при этом $EtCO_2$ более 30 мм рт. ст. сопровождается нормальным значением сердечного выброса [4]. В данном исследовании снижение значения IPI, измеренного в ходе контролируемой ИВЛ на фоне адекватных показателей газообмена, предсказывало СИ менее $2,5 \text{ л} \cdot \text{мин}^{-1} \cdot \text{м}^2$ (AUC = 0,72, $p = 0,02$; пороговое значение IPI ≤ 8 , чувствительность 53%, специфичность 84%) (рис. 1). Тем не менее следует отметить, что $EtCO_2$, измеренный на этом же этапе, обладал такими же предиктивными возможностями в отношении СИ, что и сам IPI (AUC = 0,73, $p = 0,02$; пороговое значение $EtCO_2 \leq 30$ мм рт. ст., чувствительность 75%, специфичность 65%). Подобная взаимосвязь между сердечным выбросом и $EtCO_2$ была продемонстрирована и у пациентов других категорий, в частности у больных травматологического профиля, требующих экстренной интубации трахеи [10].

Динамика IPI после экстубации трахеи. В отличие от показателя PaO_2/FiO_2 , значение которого было достаточно стабильным как в ходе SBT, так и после экстубации трахеи, значение IPI после экстубации снижалось, достигая минимальных значений спустя 18 ч (рис. 2).

Следует отметить, что при регистрации низких значений IPI уже через 2 ч после экстубации подобная динамика этого индекса сохранялась и на протяжении всех 18 ч постэкстубационного периода. Более низкие значения IPI в постэкстубационном периоде наблюдали именно у пациентов с признаками гипоксии при поступлении в ОРИТ. Так, среди пациентов с PaO_2/FiO_2 менее 200 мм рт. ст. на фоне ИВЛ в условиях ОРИТ значения IPI

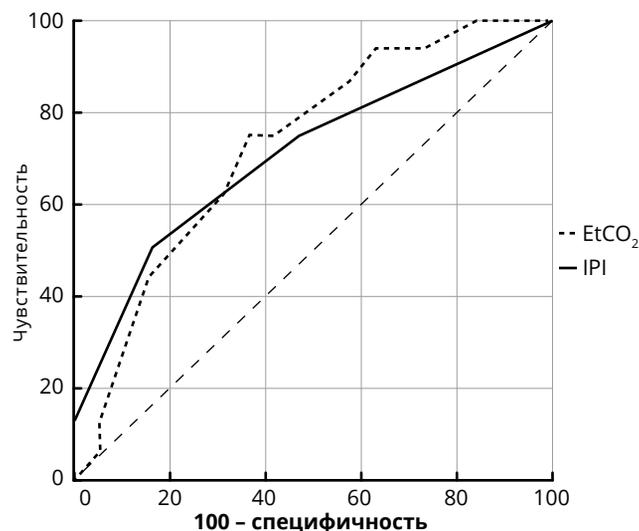


Рис. 1. ROC-кривые по использованию интегрированного легочного индекса и $EtCO_2$ для выявления пациентов с СИ менее $2,5 \text{ мл} \cdot \text{мин}^{-1} \cdot \text{м}^2$ на фоне ИВЛ; AUC = 0,72, $p = 0,02$; пороговое значение IPI ≤ 8 , чувствительность 53%, специфичность 84%; AUC = 0,73, $p = 0,02$; пороговое значение $EtCO_2 \leq 30$ мм рт. ст., чувствительность 75%, специфичность 65%

на 2, 6, 12 и 18-й ч постэкстубационного периода не превышали 8 баллов (рис. 3). В то же время при $PaO_2/FiO_2 > 200$ мм рт. ст. на момент поступления в ОРИТ значения IPI и в постэкстубационном периоде были статистически значимо выше, соответствуя нормальным значениям ($p < 0,05$).

Если в ходе ИВЛ существенную роль в отклонении IPI от нормы играли именно низкие значения $EtCO_2$, то после экстубации при оценочной $FiO_2 = 21\%$ (одинаковой для всех пациентов) первоочередное значение имело значение SpO_2 . В этих условиях IPI может более точно отражать динамику состояния системы дыхания, чем PaO_2/FiO_2 , на значение которого влияет фракция внутрилегочного шунтирования. Это может объяснять относительно стабильные значения PaO_2/FiO_2 на фоне снижения SpO_2 и IPI, регистрируемых на фоне спонтанного дыхания воздухом в постэкстубационном периоде [3, 14].

Значение IPI ниже 8 через 2 ч после экстубации ассоциировалось с большей тяжестью предоперационного состояния пациента и низкой фракцией изгнания левого желудочка ($ФИ_{\text{ЛЖ}}$) до и после вмешательства (табл. 3). Примечательно, что в ряде работ было показано, что низкая $ФИ_{\text{ЛЖ}}$ у пациентов после АКШ ассоциируется не только с увеличением риска острой почечной недостаточности и сепсиса, но и с повышением вероятности развития дыхательной недостаточности и увеличением длительности послеоперационной ИВЛ [7, 22]. Таким образом, снижение IPI после кардиохирургических вмешательств может выявить пациентов, требующих более активной кардиотропной терапии и комплексного гемодинамического мониторинга.

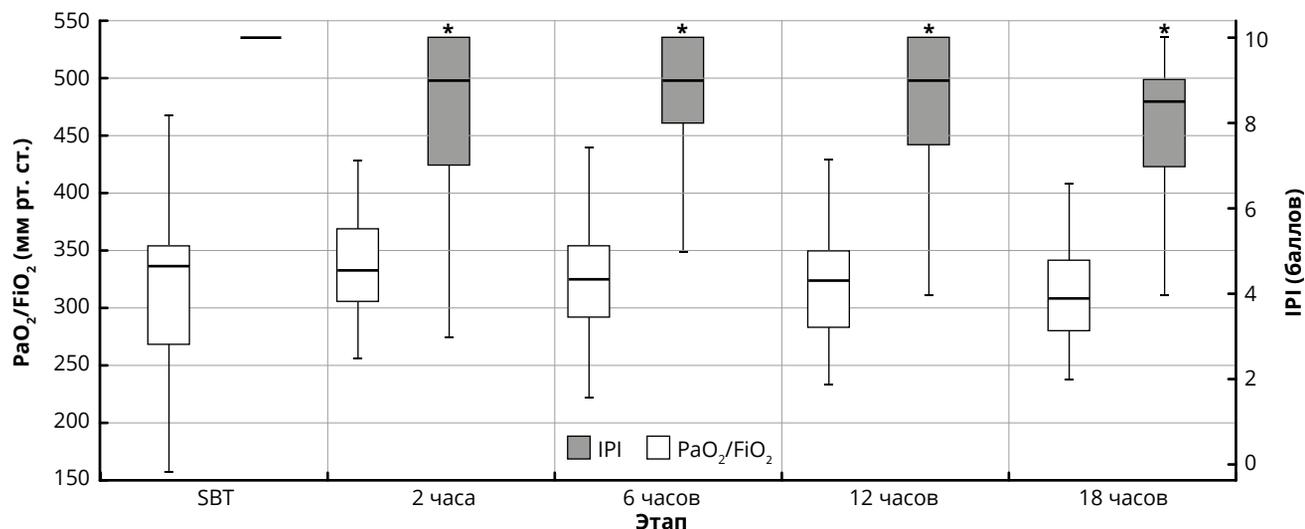


Рис. 2. Динамика изменения PaO₂/FiO₂ и интегрированного легочного индекса после экстубации трахеи;

* – тест Вилкоксона, $p < 0,01$

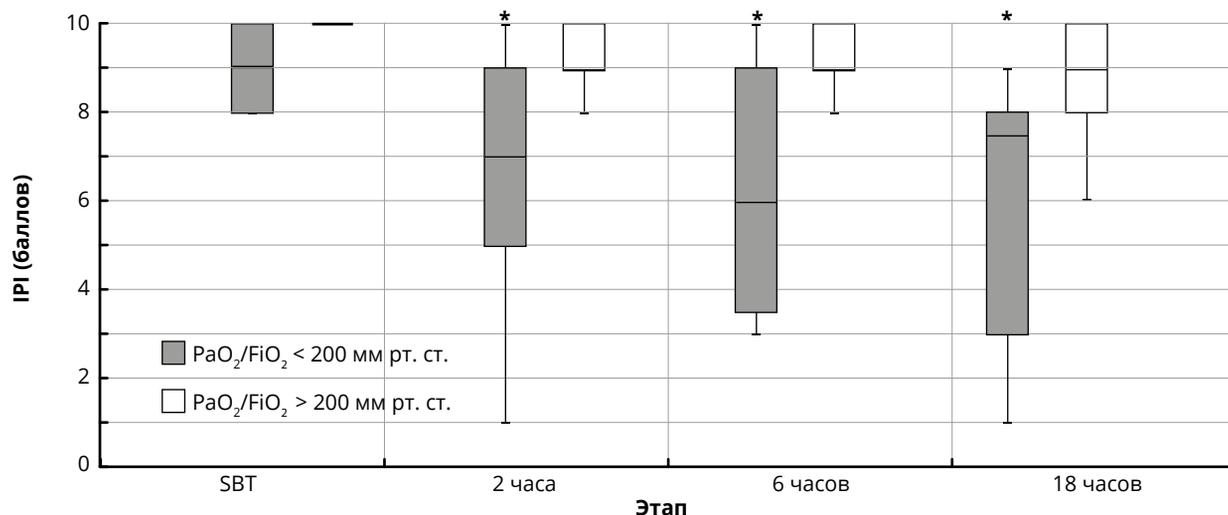


Рис. 3. Динамика изменения IPI после экстубации трахеи в зависимости от значения PaO₂/FiO₂ при поступлении в КХР;

* – тест Манна – Уитни, $p < 0,05$

Кроме того, в группе с субоптимальным IPI отмечали более низкие значения SpO₂ и EtCO₂, а также более высокую ЧСС (табл. 3). Интересно, что более высокие значения IPI ассоциировались с положительным гидробалансом в 1-е сут пребывания в ОРИТ. Отрицательный гидробаланс у пациентов с относительно низким IPI был обусловлен прежде всего высоким темпом диуреза, что, в свою очередь, может быть объяснено более частым использованием диуретиков в базовой терапии у этих пациентов. Привлекает внимание ассоциация значения IPI после экстубации и выраженности синдрома системного воспалительного ответа (ССВО) (табл. 3). Известно, что большинство хирургических вмешательств могут сопровождаться явлениями ССВО разной степени выраженности [8]. Не являются ис-

ключением и кардиохирургические вмешательства [15]. Подобная воспалительная реакция без признаков сепсиса также может сопровождаться явлениями острого респираторного дистресс-синдрома, полиорганной недостаточностью и ухудшением исхода [6].

В нашем исследовании низкие значения IPI в раннем постэкстубационном периоде не влияли на длительность пребывания пациентов в ОРИТ и в стационаре. Одним из возможных объяснений может быть превентивная кислородотерапия на протяжении первых 18–24 ч после экстубации, поддерживающая нормальные значения оксигенации, в то время как низкие значения IPI регистрировались лишь в короткие перерывы на фоне дыхания окружающим воздухом. Следует отметить, что PaO₂/FiO₂ также не обладал должной чувствитель-

Сравнительные характеристики в подгруппах пациентов с оптимальным (> 8) и субоптимальным (≤ 8) значениями IPI через 2 ч после экстубации трахеи

| Показатель | IPI _{оптим} (n = 25) | IPI _{субоптим} (n = 13) | p |
|---|-------------------------------|----------------------------------|-------|
| Возраст, лет | 63 (55–70) | 65 (56–74) | 0,7 |
| ИМТ, кг/м ² | 29 (27–32) | 30 (28–32) | 0,6 |
| EuroScore, баллы | 1,01 (0,84–1,5) | 1,4 (1,2–2,05)* | 0,03 |
| ФИ _{лж} до операции, % | 60 (55–66) | 52 (46–60) | 0,02* |
| ФИ _{лж} после операции, % | 63 (60–68) | 57 (52–62)* | 0,007 |
| SpO ₂ , % | 95 (93–98) | 93 (89–95)* | 0,045 |
| EtCO ₂ , мм рт. ст. | 37 (35–39) | 33 (30–35)* | 0,03 |
| PaCO ₂ мм рт. ст. | 38 (36–39) | 36 (31–39) | 0,6 |
| ЧСС, уд./мин | 77 (70–88) | 88 (75–99)* | 0,04 |
| ЧД/мин | 14 (14–18) | 15 (15–18) | 0,3 |
| PaO ₂ /FiO ₂ , мм рт. ст. | 324 (301–349) | 317 (293–331) | 0,3 |
| Гидробаланс, мл | 320 (-110...498) | -225 (-337...275)* | 0,03 |
| Темп диуреза, мл · кг ⁻¹ · ч ⁻¹ | 1,0 (0,7–1,3) | 1,2 (1,0–1,6) | 0,06 |
| Частота использования диуретиков | 4 | 11** | 0,05 |
| Критерии ССВО | 0 (0–1) | 1 (1–2)* | 0,01 |
| Длительность операции, мин | 195 (172–237) | 245 (202–255) | 0,13 |
| Длительность пребывания в КХР, ч | 24 (24–72) | 24 (24–48) | 0,3 |
| Длительность госпитализации, дни | 9 (7–10) | 9 (8–12) | 0,3 |

Примечание: данные представлены в виде медианы (25-го – 75-го перцентилей);

* – тест Манна – Уитни, $p < 0,05$; ** – критерий χ^2 , $p < 0,05$.

ностью в отношении пребывания пациента в ОРИТ. Однако обращает внимание, что пороговое значение IPI ≤ 9 , полученное через 6 ч после экстубации, обладало умеренной предсказывающей способностью по прогнозированию осложненного течения послеоперационного периода (AUC = 0,7; $p = 0,04$, чувствительность 92% и специфичность 48%; рис. 4). Среди осложнений послеоперационного периода превалировали нарушения ритма сердца, требующие назначения постоянной инфузии амиодарона, дыхательная недостаточность с необходимостью продленной оксигенотерапии и развитие гидроторакса (табл. 2).

Заключение

Интегрированный легочной индекс отражает состояние гемодинамики и тяжесть течения послеоперационного периода при АКШ на работающем сердце. Этот интегрированный показатель может стать дополнением к стандартным методам мониторинга дыхания и кровообращения в кардиохирургии.

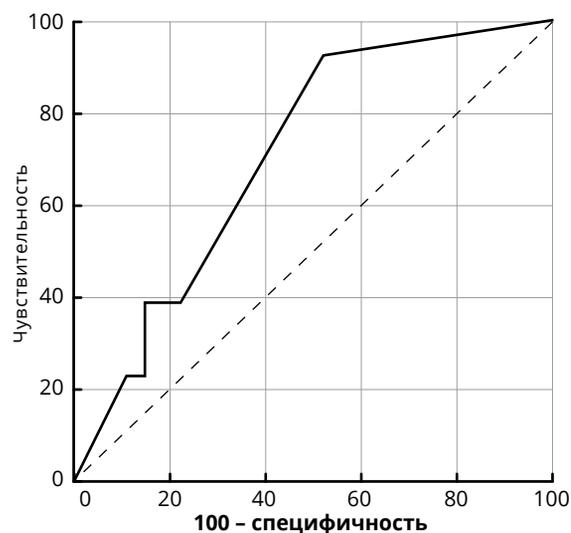


Рис. 4. ROC-кривая по использованию интегрированного легочного индекса, измеренного через 6 ч после экстубации трахеи, для прогнозирования развития осложнений в раннем послеоперационном периоде; AUC = 0,7; $p = 0,04$, пороговое значение IPI ≤ 9 с чувствительностью 92% и специфичностью 48%

ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:

Северный государственный медицинский университет,
163000, г. Архангельск, просп. Троицкий, д. 51.

Фот Евгения Владимировна

кандидат медицинских наук, ассистент кафедры
анестезиологии и реаниматологии.
E-mail: ev_fot@mail.ru

Изотова Наталья Николаевна

интерн кафедры анестезиологии и реаниматологии.
E-mail: natalik.izotova@yandex.ru

Юдина Анжелика Сергеевна

клинический ординатор кафедры анестезиологии
и реаниматологии.
E-mail: cherry-red-35@yandex.ru

Сметкин Алексей Анатольевич

кандидат медицинских наук, доцент кафедры
анестезиологии и реаниматологии.
E-mail: anesth_sm@mail.ru

Кузьков Всеволод Владимирович

доктор медицинских наук, профессор кафедры
анестезиологии и реаниматологии.
E-mail: v_kuzkov@mail.ru

Киров Михаил Юрьевич

доктор медицинских наук, профессор, заведующий
кафедрой анестезиологии и реаниматологии.
E-mail: mikhail_kirov@hotmail.com

Литература

1. Анестезия / Пер. с англ. под ред. К. М. Лебединского: том 2. – СПб.: Человек, 2015. – С. 1511–1544.
2. Основы интенсивной терапии: руководство WFSA / под ред. Недашковского Э. В., Кузькова В. В. – Архангельск: Правда Севера, 2016. – С. 35–42.
3. Фот Е. В., Гайдуков К. М., Неворова М. С. и др. Динамика интегрированного легочного индекса после аортокоронарного шунтирования на фоне респираторной поддержки и спонтанного дыхания // Вестн. анестезиол. и реаниматол. – 2011. – № 5. – С. 17–22.
4. Baraka A. S., Aouad M. T., Jalbout M. I. et al. End-tidal CO₂ for prediction of cardiac output following weaning from cardiopulmonary bypass // J. Extra Corpor. Technol. – 2004. – Vol. 36. – P. 255–257.
5. Berkenstadt H., Ben-Menachem E., Herman A. et al. An evaluation of the Integrated Pulmonary Index (IPI) for the detection of respiratory events in sedated patients undergoing colonoscopy // J. Clin. Monit. Comput. – 2012 – Vol. 26. – P. 177–181.
6. Cicarelli D. D., Benseñor F. E., Vieira J. E. Effects of single dose of dexamethasone on patients with systemic inflammatory response // Sao Paulo Med. J. – 2006. – Vol. 2. – P. 90–95.
7. Cohen A. J., Katz M. G., Frenkel G. et al. Morbid results of prolonged intubation after coronary artery bypass surgery // Chest. – 2000. – Vol. 6. – P. 1724–1731.
8. Dabrowska A. M., Slotwinski R. The immune response to surgery and infection // Cent. Eur. J. Immunol. – 2014. – Vol. 4. – P. 532–537.
9. Dawes T. R., Cheek E., Bewick V. et al. Introduction of an electronic physiological early warning system: effects on mortality and length of stay // Br. J. Anaesth. – 2014. – Vol. 4. – P. 603–609.
10. Dunham C. M., Chirichella T. J., Gruber B. S. et al. In emergently ventilated trauma patients, low end-tidal CO₂ and low cardiac output are associated and correlate with hemodynamic instability, hemorrhage, abnormal pupils, and death // BMC Anesthesiol. – 2013. – Vol. 13. – P. 20–28.
11. Garah J., Adiv O. E., Rosen I. et al. The value of Integrated Pulmonary Index (IPI) monitoring during endoscopies in children // J. Clin. Monit. Comput. – 2015 – Vol. 29. – P. 773–778.
12. Heinze H., Sedemund-Adib B., Heringlake M. et al. Relationship between functional residual capacity, respiratory compliance, and oxygenation in patients ventilated after cardiac surgery // Respir. Care. – 2010. – Vol. 55. – P. 589–594.
13. Isserles S. A., Breen P. H. Can changes in end-tidal PCO₂ measure changes in cardiac output? // Anesth. Analg. – 1991. – Vol. 6. – P. 808–814.
14. Karbig D. S., Kjaergaard S., Smith B. W. Variation in the PaO₂/FiO₂ mathematical and experimental description, and clinical relevance // Crit. Care. – 2007. – Vol. 1. – P. 118.
15. Kunes P., Lonsky V., Mandak J. et al. The inflammatory response in cardiac surgery. An up-to-date overview with the emphasis on the role of heat shock proteins (HSPs) 60 and 70 // Acta Medica (Hradec Kralove). – 2007. – Vol. 5. – P. 93–99.
16. Kyriacos U., Jelsma J., James M. et al. Early warning scoring systems versus standard observations charts for wards in South Africa: a cluster randomized controlled trial // Trials. – 2015. – Vol. 16. – P. 103–118.
17. Lagow E. E., Leeper B. B., Jennings L. W. et al. Incidence and severity of respiratory insufficiency detected by transcutaneous carbon dioxide monitoring after cardiac surgery and intensive care unit discharge // Proc. (Bayl Univ Med Cent). – 2013. – Vol. 6. – P. 373–375.
18. MacNaughton P. D. Assessment of lung function in the ventilated patients // Int. Care Med. – 1997. – Vol. 8. – P. 810–818.
19. Ng C. S., Wan S., Yim A. P. et al. Pulmonary dysfunction after cardiac surgery // Chest. – 2002. – Vol. 4. – P. 1269–1277.
20. Pianisi P., Hochman J. Ent-tidal estimates of arterial PCO₂ for cardiac output measurement by CO₂ rebreathing: a study in patients with cystic fibrosis and healthy controls // Pediatr Pulmonol. – 1996. – Vol. 3. – P. 154–160.
21. Sabbatani P., Mantovan R. Electrical cardioversion of atrial fibrillation: evaluation of sedation safety with midazolam by means of EtCO₂ and IPI algorithm analysis // Int. J. Cardiol. – 2013 – Vol. 169. – P. 430–432.
22. Topkara V. K., Cheema F. H., Kesavaramanujam S. et al. Coronary artery bypass grafting in patients with low ejection fraction // Circulation. – 2005. – Vol. 112. – P. 1344–1350.
23. Weissman C. Pulmonary complications after cardiac surgery // Semin. Cardiothorac. Vasc. Anesth. – 2004. – Vol. 8. – P. 185–211.

References

1. Anesthesia. [Anesthesia]. Transl. and ed. by K.M. Lebedinsky. Vol. 2, St. Petersburg, Chelovek Publ., 2015, pp. 1511-1544.
2. Osnovy intensivnoy terapii: rukovodstvo WFSA. [Intensive care basics. WFSA guidelines]. Ed. by Nedashkovsky E.V., Kuzkov V.V. Arkhangelsk, Pravda Severa Publ., 2016, pp. 35-42. (In Russ.)
3. Fot E.V., Gaydukov K.M., Neverova M.S. et al. Changes in the integrated pulmonary index after aortocoronary bypass with respiration support and spontaneous breathing. Vestnik Anesteziol. i Reanimatol., 2011, no. 5, pp. 17-22. (In Russ.)
4. Baraka A.S., Aouad M.T., Jalbout M.I. et al. End-tidal CO₂ for prediction of cardiac output following weaning from cardiopulmonary bypass. J. Extra Corpor. Technol., 2004, vol. 36, pp. 255-257.

5. Berkenstadt H., Ben-Menachem E., Herman A. et al. An evaluation of the Integrated Pulmonary Index (IPI) for the detection of respiratory events in sedated patients undergoing colonoscopy. *J. Clin. Monit. Comput.*, 2012, vol. 26, pp. 177-181.
6. Cicarelli D.D., Benseñor F.E., Vieira J.E. Effects of single dose of dexamethasone on patients with systemic inflammatory response. *Sao Paulo Med. J.*, 2006, vol. 2, pp. 90-95.
7. Cohen A.J., Katz M.G., Frenkel G. et al. Morbid results of prolonged intubation after coronary artery bypass surgery. *Chest*, 2000, vol. 6, pp. 1724-1731.
8. Dabrowska A.M., Slotwinski R. The immune response to surgery and infection. *Cent. Eur. J. Immunol.*, 2014, vol. 4, pp. 532-537.
9. Dawes T.R., Cheek E., Bewick V. et al. Introduction of an electronic physiological early warning system: effects on mortality and length of stay. *Br. J. Anaesth.*, 2014, vol. 4, pp. 603-609.
10. Dunham C.M., Chirichella T.J., Gruber B.S. et al. In emergently ventilated trauma patients, low end-tidal CO₂ and low cardiac output are associated and correlate with hemodynamic instability, hemorrhage, abnormal pupils, and death. *BMC Anesthesiol.*, 2013, vol. 13, pp. 20-28.
11. Garah J., Adiv O.E., Rosen I. et al. The value of Integrated Pulmonary Index (IPI) monitoring during endoscopies in children. *J. Clin. Monit. Comput.*, 2015, vol. 29, pp. 773-778.
12. Heinze H., Sedemund-Adib B., Heringlake M. et al. Relationship between functional residual capacity, respiratory compliance, and oxygenation in patients ventilated after cardiac surgery. *Respir. Care*, 2010, vol. 55, pp. 589-594.
13. Isserles S.A., Breen P.H. Can changes in end-tidal PCO₂ measure changes in cardiac output? *Anesth. Analg.*, 1991, vol. 6, pp. 808-814.
14. Karbig D.S., Kjaergaard S., Smith B.W. Variation in the PaO₂/FiO₂ mathematical and experimental description, and clinical relevance. *Crit. Care*, 2007, vol. 1, pp. 118.
15. Kunes P., Lonsky V., Mandak J. et al. The inflammatory response in cardiac surgery. An up-to-date overview with the emphasis on the role of heat shock proteins (HSPs) 60 and 70. *Acta Medica (Hradec Kralove)*, 2007, vol. 5, pp. 93-99.
16. Kyriacos U., Jelsma J., James M. et al. Early warning scoring systems versus standard observations charts for wards in South Africa: a cluster randomized controlled trial. *Trials*, 2015, vol. 16, pp. 103-118.
17. Lagow E.E., Leeper B.B., Jennings L.W. et al. Incidence and severity of respiratory insufficiency detected by transcutaneous carbon dioxide monitoring after cardiac surgery and intensive care unit discharge. *Proc. (Bayl Univ Med Cent)*, 2013, vol. 6, pp. 373-375.
18. MacNaughton P.D. Assessment of lung function in the ventilated patients. *Int. Care Med.*, 1997, vol. 8, pp. 810-818.
19. Ng C.S., Wan S., Yim A.P. et al. Pulmonary dysfunction after cardiac surgery. *Chest*, 2002, vol. 4, pp. 1269-1277.
20. Pianisi P., Hochman J. Ent-tidal estimates of arterial PCO₂ for cardiac output measurement by CO₂ rebreathing: a study in patients with cystic fibrosis and healthy controls. *Pediatr Pulmonol.*, 1996, vol. 3, pp. 154-160.
21. Sabbatani P., Mantovan R. Electrical cardioversion of atrial fibrillation: evaluation of sedation safety with midazolam by means of EtCO₂ and IPI algorithm analysis. *Int. J. Cardiol.*, 2013, vol. 169, pp. 430-432.
22. Topkara V.K., Cheema F.H., Kesavaramanujam S. et al. Coronary artery bypass grafting in patients with low ejection fraction. *Circulation*, 2005, vol. 112, pp. 1344-1350.
23. Weissman C. Pulmonary complications after cardiac surgery. *Semin. Cardiothorac. Vasc. Anesth.*, 2004, vol. 8, pp. 185-211.