

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АКЦЕЛЕРОМИОГРАФИИ И КИНЕМИОГРАФИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ НЕРВНО-МЫШЕЧНОЙ ПРОВОДИМОСТИ

А. Л. Липницкий, А. В. Марочков

## COMPARATIVE ANALYSIS OF EFFICIENCY OF ACCELEROMYOGRAPHY AND KINEMYOGRAPHY TO MONITOR NEUROMUSCULAR TRANSMISSION

A. L. Lipnitsky, A. V. Marochkov

УЗ «Могилёвская областная больница», г. Могилёв, Республика Беларусь  
Mogilev Regional Hospital, Mogilev, Republic of Belarus

Цель исследования – сравнение двух методов контроля нервно-мышечной проводимости (акцелеромиография и кинемииография) во время многокомпонентной анестезии при абдоминальных лапароскопических операциях. Среднее значение разности между методами во время наступления блокады – 9,6% (95% CI 7,2–12,1), нижний предел согласия равен 24,1%, верхний предел согласия составил +43,3%. Среднее значение разности между методами по определению восстановления НМП – 3,1% (95% CI 3,1–7,5), нижний предел согласия равен -13,3%, верхний предел составил +24,0%. Оба указанных метода являются точными, достоверными, простыми и могут применяться для оценки нервно-мышечной проводимости.

*Ключевые слова:* нервно-мышечный блок, кинемииография, пьезоэлектрометрия, акцелеромиография, акцелерометрия, цисатракуриум.

The purpose of the study is to compare two techniques of neuromuscular transmission (acceleromyography and kinemyography) during multicomponent anesthesia during abdominal laparoscopic surgery. The average value of the difference between methods during the block start makes 9.6% (95% CI 7.2–12.1), lower agreement limit makes 24.1%, upper agreement level makes +43.3%. The average value of the difference between methods regarding restoration of neuromuscular transmission makes 3.1% (95% CI 3.1-7.5), lower agreement limit makes 24.1%, and upper limit makes 24.0%. The both above techniques are accurate, confident, simple and can be used for evaluation of neuromuscular transmission.

*Key words:* neuromuscular block, kinemyography, piezoelectrometry, acceleromyography, accelerometry, cisatracurium.

Самой распространённой операцией на органах брюшной полости в настоящее время является лапароскопическая холецистэктомия. Напряжение мышц брюшной стенки в её ходе не только существенно затрудняет работу хирургов, но и увеличивает давление в брюшной полости. Исходя из этого, при лапароскопических вмешательствах обычно вводят достаточно большие дозы миорелаксантов, что увеличивает риск остаточного нервно-мышечного блока (НМБ) [1]. Следует учитывать и сложность дозирования миорелаксантов у пациентов некоторых групп (у лиц пожилого возраста, пациентов с ожирением) [4]. Учитывая эти и другие факторы, с целью обеспечения максимальной безопасности пациента во время анестезии и операции необходимо проводить постоянный контроль нервно-мышечной проводимости (НМП).

Оценка НМБ по клиническим признакам (мышечный тонус, изменение лёгочной механики и капнограммы и др.) является очень неточной. В це-

лях автоматического контроля НМБ применяют следующие методики анестезиологического мониторинга: электромиографию, основанную на регистрации вызванных электрических потенциалов мышц; механомиографию; акцелеромиографию (акцелерометрию) и кинемииографию (пьезоэлектрометрию), основанные на измерении двигательной реакции мышцы; фономиографию – измерение акустической волны мышц. Золотым стандартом при измерении НМП является механомиография [12]. Однако в клинической практике, учитывая простоту использования, наиболее часто применяют акцелеромиографию и кинемииографию.

Акцелеромиография и кинемииография – это два очень похожих друг на друга способа количественной оценки НМП. Так, при акцелеромиографии измеряют ускорение, которое придаётся пьезодатчику при движении большого пальца руки. При использовании же кинемииографии измеряют силу деформации гибкого датчика (пьезопластинки) при сок-

ращении мышц большого пальца руки. Оба метода измерения НМП являются достаточно точными, кроме того, простыми и быстрыми в установке и не требуют дополнительной иммобилизации руки.

Данных о сравнительной оценке акцелеромиографии с другими методами нервно-мышечного мониторинга крайне недостаточно. Кроме того, имеется всего несколько исследований по сравнению кинемииографии с электромиографией и механомиографией [8, 17, 18]. До настоящего времени не проведено исследований по сравнению метода кинемииографии с акцелеромиографией у пациентов во время эндотрахеальной анестезии.

Цель исследования – сравнительная оценка двух наиболее распространённых методов контроля НМП (акцелеромиография и кинемииография) во время проведения многокомпонентной сбалансированной эндотрахеальной анестезии с использованием миорелаксанта цисатракурия при абдоминальных лапароскопических операциях.

### Материалы и методы

После разрешения Комитета по этике УЗ «Могилевская областная больница» № 33 от 4.09.2013 г., а также получения письменного информированного согласия от каждого из пациентов в проспективное, рандомизированное исследование был включён 31 пациент (29 женщин и 2 мужчины) в возрасте от 18 лет, которым выполняли лапароскопическую холецистэктомию.

Критерии включения пациентов в исследование: проведение анестезии при плановых оперативных вмешательствах; возраст от 18 лет и старше; оценка физического статуса пациентов по ASA I–III класс. Из исследования были исключены пациенты, принимавшие препараты, которые могут существенно влиять на НМП (карбамазепин, аминогликозиды, линкозамиды, диуретики, блокаторы кальциевых каналов, сульфат магния). Также исключали пациентов с патологией нервной системы, с декомпенсированными заболеваниями почек и печени и пациентов, у которых предполагали трудную интубацию трахеи.

Ожидаемая продолжительность общей анестезии составляла ориентировочно 30–50 мин. Пациенты, у которых во время общей анестезии нельзя было обеспечить стабильный контроль НМП, были также исключены из исследования.

Характеристика пациентов, включённых в исследование, представлена в табл. 1.

**Методика анестезии.** Премедикацию проводили по одинаковой схеме. Пациенты получали внутрь накануне операции вечером (22:00) и утром в день операции (6:00) по 1 таблетке зопиклона (7,5 мг). За 30 мин до начала анестезии внутримышечно вводили 0,5–0,7 мг атропина.

Таблица 1

### Общая характеристика пациентов (M ± SD)

Данные пациентов, n = 31	Количественная оценка
Возраст, лет	54,0 ± 14,7
Пол, муж/жен	2/29
Масса тела, кг	81,3 ± 13,0
Рост, см	166,1 ± 7,0
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>	29,5 ± 4,4
ASA I/II/III	1/22/8
Длительность операции, мин	35,8 ± 15,0

Индукция состояла в последовательном введении фентанила 0,1 мг и пропофола 1,5–2,0 мг/кг. Поддержание анестезии проводили ингаляцией севофлурана в дозе 1,4–1,9 об. % на выдохе (0,7–0,9 МАК) в кислородо-воздушной смеси с FiO<sub>2</sub> = 50% и болюсным введением фентанила.

С целью интубации трахеи у пациента и поддержания мышечной релаксации во время операции применяли болюсное введение цисатракурия в различных дозах – от 0,05 до 0,15 мг/кг. Интубацию трахеи выполняли с помощью метода прямой ларингоскопии опытные анестезиологи. Искусственную вентиляцию лёгких во время общей анестезии выполняли с использованием наркозно-дыхательных аппаратов ADU-5 (Datex-Ohmeda, Финляндия) в режиме контроля по объёму с циркуляцией по полузакрытому контуру и потоком свежих газов 1 л/мин.

В периоперационном периоде с помощью встроенного монитора наркозного аппарата ADU-5 проводили регистрацию параметров гемодинамики (ЭКГ во II отведении, ЧСС, неинвазивное АД), оксигенации (пульсоксиметрия), вентиляции (дыхательный объём, минутный объём дыхания, пиковое давление на вдохе, давление плато, сопротивление дыхательных путей, комплаенс), контроль газового состава вдыхаемой и выдыхаемой смеси (концентрации кислорода, углекислого газа, ингаляционного анестетика). Регистрировали мониторируемые параметры в «Протоколе проведения анестезии и мониторинга» с интервалом в 5 мин.

Этапы исследования: I этап – до начала анестезии (больной на операционном столе); II – через 5 мин после начала операции; III – через 10 мин после начала операции; IV – через 20–30 мин после начала операции (основной этап операции); V – окончание операции (швы на кожу); VI – через 5 мин после экстубации пациента.

**Контроль НМП.** Контроль НМП методом акцелеромиографии осуществляли с помощью монитора BeneView T8 (Mindray, КНР). Контроль НМП методом кинемииографии проводили с помощью

модуля НМП (m-NMT) монитора для анестезии Datex-Ohmeda A/S 5™ (Datex-Ohmeda Inc, Финляндия).

Все исследования выполнены согласно Стокгольмским критериям для фармакодинамических исследований действия миорелаксантов [10]. Перед началом анестезии стимулирующие электроды располагали вдоль локтевого нерва около запястья на обеих руках. Датчик акцелеромиографии прикрепляли к дистальной фаланге большого пальца правой руки лейкопластырем, а остальные пальцы фиксировали в разогнутом положении к подлокотнику. Датчик кинемииографии (MechanoSensor®) устанавливали между большим и указательным пальцами левой руки и прикрепляли к коже лейкопластырем. При анестезии также проводили мониторинг температуры кожи обеих рук в области тенара (температура выше 32°C).

После индукции в анестезию (для предотвращения произвольных мышечных сокращений и напряжения мышц, что создаёт помехи референтному поиску), но перед назначением миорелаксантов проводили калибровку обоих мониторов, используя автоматическую процедуру запуска.

В данном исследовании применяли одинаковый режим стимуляции Train of Four (TOF). В этом режиме подаются четыре импульса с интервалами 0,5 с. Ответ измеряется после каждого стимула, и осуществляется расчёт отношения четвёртого ответа к первому в последовательности TOF, результат выражается в TOF%. При углублении релаксации после исчезновения ответа на четвёртый стимул TOF не рассчитывается. Когда TOF недоступно, степень НМБ определяется исходя из числа ответов или счетов (Counts). Счёт сообщает, какое количество ответов было установлено на четыре стимула. Чем меньше число ответов, тем глубже степень релаксации. Сразу же после введения миорелаксанта начинали измерение НМП с максимально коротким интервалом – 10 с.

Таким образом, измерение показателей, характеризующих НМП во время эндотрахеальной анестезии с применением миорелаксантов, проводили у пациентов одновременно с помощью двух наиболее распространённых методов контроля с размещением акцелеромиографии на правой руке, а кинемииографии – на левой руке.

В протоколе исследования регистрировали следующие показатели.

1. Значения TOF через 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 6; 7; 8; 9; 10 мин после введения цисатракурия.
2. Время исчезновения ответа (с) на 4-й стимул (TOF = 0) и максимальной депрессии НМП (Count = 0).
3. Время появления значения TOF и значений TOF = 25, 50, 75% (мин).
4. Значения TOF обоих методов на всех этапах исследования.

Момент экстубации трахеи определяли с помощью контроля НМП, а также клинических признаков восстановления НМП: открытие глаз, способность поднятия и удержания головы над операционным столом в течение 5 с (тест Дама), сила рукопожатия. Декураризацию у пациентов не проводили.

Статистическую обработку полученных данных выполняли с помощью программы Statistica 10 (StatSoft). Для оценки распределения применяли критерий Шапиро – Уилка. Данные представлены в виде  $M \pm SD$ . Сравнение методов проводили по методу, описанному Bland J. M. и Altman D. G. [5]. Рассчитывали среднее значение разности между двумя методами (95%-ный CI – доверительный интервал); пределы согласия между методами – диапазон величин, между которыми лежат 95% разницы между повторяемыми измерениями ( $M \pm 1,96 \cdot SD$ ). Для оценки корреляции между двумя методами использовали коэффициент корреляции Спирмена (Spearman rank, R).

## Результаты

Всем пациентам, включённым в исследование, проводили многокомпонентную анестезию с использованием севофлурана, фентанила и цисатракурия по вышеприведённой схеме. Дозы препаратов на индукцию и поддержание анестезии следующие: пропофол (на индукцию) –  $2,1 \pm 0,4$  мг/кг, фентанил (общая доза на индукцию и поддержание анестезии) –  $7,3 \pm 3,1$  мкг · кг<sup>-1</sup> · ч<sup>-1</sup>, севофлуран на основном этапе операции (IV этап) –  $1,9 \pm 0,4$  об. % на выдохе ( $0,9 \pm 0,2$  МАК). Всем пациентам вводили цисатракурий в дозе 0,05–0,15 мг/кг ( $7,8 \pm 1,3$  мг) в зависимости от предполагаемой длительности оперативного вмешательства.

Сверхмаксимальный импульс, который определялся при автоматической калибровке, был одинаковым для обоих методов и составлял  $37,9 \pm 12,2$  мА для акцелеромиографии и  $40,5 \pm 15,2$  мА для кинемииографии ( $p > 0,1$ ).

Исходный уровень НМП (после периода стабилизации измерения и до введения миорелаксантов) в TOF-режиме был равен  $104,8 \pm 7,2\%$  при использовании акцелеромиографии и  $97,7 \pm 3,1\%$  при применении кинемииографии ( $p < 0,001$ ). Через 1 мин после введения цисатракурия уровень НМБ, измеренный с использованием обоих методов, также отличался и составил  $97,2 \pm 9,5\%$  в сравнении с  $89,9 \pm 5,7\%$  для акцелеромиографии и кинемииографии соответственно ( $p < 0,01$ ). Уровень НМБ, измеряемый в TOF-режиме указанными методами, стал одинаковым только к 3-й мин измерения:  $49,6 \pm 41,0$  и  $31,5 \pm 36,8\%$  для акцелеромиографии и кинемииографии соответственно,  $p > 0,05$  (табл. 2).

Время достижения TOF = 0 было равно  $235,7 \pm 90,3$  с при использовании акцелеромио-

Таблица 2

Показатели НМП (в TOF-режиме) и уровень корреляции для акцелеро- и кинемнографии перед началом и во время анестезии

Этапы контроля НМП	АМ (M ± SD)	КМ (M ± SD)	p*	Rs	p**
Исходный уровень TOF	104,8 ± 7,2	97,7 ± 3,1	< 0,001	0,39	0,03
1 мин	97,2 ± 9,5	89,9 ± 5,7	< 0,005	0,42	0,02
1,5 мин	92,0 ± 9,6	83,1 ± 8,7	< 0,005	0,40	0,03
2 мин	83,3 ± 20,2	70,2 ± 22,9	< 0,05	0,65	< 0,001
2,5 мин	70,2 ± 33,5	56,8 ± 29,0	< 0,05	0,62	< 0,001
3 мин	49,6 ± 40,7	31,5 ± 36,8	> 0,05	0,79	< 0,001
3,5 мин	36,9 ± 42,1	22,1 ± 33,1	> 0,1	0,81	< 0,001
4 мин	22,1 ± 37,1	9,7 ± 23,3	> 0,1	–	–
4,5 мин	12,9 ± 29,3	7,8 ± 19,6	> 0,1	–	–
5 мин	12,1 ± 28,1	5,1 ± 14,6	> 0,1	–	–
6 мин	0	0	> 0,1	–	–
7 мин	0	0	> 0,1	–	–
8 мин	0	0	> 0,1	–	–
9 мин	0	0	> 0,1	–	–
10 мин	0	0	> 0,1	–	–

Примечание: АМ – акцелеромиография; КМ – кинемнография; Rs – коэффициент корреляции Спирмена; \* – для сравнения использовали критерий Манна – Уитни; \*\* – уровень достоверности для коэффициента корреляции Спирмена.

графии и 217,8 ± 92,1 с – кинемнографии (p > 0,1). Время наступления полного НМБ (отсутствие ответа на все стимулы, Count = 0) достигалось за 339,6 ± 124,9 и 332,6 ± 111,7 с при использовании акцелеро- и кинемнографии соответственно (p > 0,1).

Всем пациентам через 182,0 ± 33,4 с проводили интубацию трахеи с первой попытки методом прямой ларингоскопии. Условия для интубации (проведение ларингоскопии, расслабление голосовых связок и их движение, степень реакции на введение эндотрахеальной трубки и раздувания манжеты) были отличными в 24 случаях, хорошими в 4 и плохими в 3 случаях.

Начало восстановления НМП происходило за 43,8 ± 10,3 и 42,0 ± 8,1 мин при использовании акцелеро- и кинемнографии соответственно (p > 0,1).

Продолжительность действия цисатракурия (TOF = 25%) составила 52,4 ± 9,3 мин при измерении НМП с помощью акцелеромиографии и 54,8 ± 8,1 мин – кинемнографии (p > 0,1). Время восстановления НМП до TOF = 75% было равно 69,1 ± 16,1 и 70,6 ± 16,0 мин при использовании акцелеро- и кинемнографии соответственно (p > 0,1).

Фармакодинамические показатели при использовании кинемнографии и акцелеромиографии статистически значимо между собой не отличались (табл. 3).

Таблица 3

Фармакодинамические показатели акцелеро- и кинемнографии

Показатель	АМ (M ± SD)	КМ (M ± SD)	p*	Bias (CI - 95%; 95%)	Пределы согласия		Rs
					нижний	верхний	
TOF = 0, с	235,7 ± 90,3	217,8 ± 92,1	0,25	30,6 (6,4; 54,8)	-86,8	148,0	0,72
Count = 0, с	339,6 ± 124,8	332,6 ± 111,7	0,66	21,7 (-1,0; 44,3)	-81,2	124,5	0,86
TOF > 0, мин	43,8 ± 10,3	42,0 ± 8,1	0,35	1,6 (-1,9; 5,1)	-13,5	16,6	0,83
TOF = 25%, мин	52,4 ± 9,3	54,8 ± 8,1	0,32	-2,4 (-4,1; -0,6)	-10,7	6,0	0,88
TOF = 50%, мин	59,7 ± 8,6	61,9 ± 9,9	0,54	-1,8 (-5,4; 1,7)	-15,3	11,7	0,74
TOF = 75%, мин	69,1 ± 16,1	70,6 ± 16,0	0,62	-1,5 (-7,9; 4,9)	-21,2	18,2	0,75

Примечание: \* – для сравнения использовали критерий Манна – Уитни; bias – среднее значение разности между двумя методами; Rs – коэффициент корреляции Спирмена при p < 0,001.

Регистрировали значения TOF акцелеромиографии и кинемииографии с момента введения цисатракуриума с интервалом в 30 с. С помощью метода Bland – Altman проведено сравнение значений TOF, полученных обоими методами, во время наступления НМБ до TOF = 0. Среднее значение разности между методами – 9,6% (95%-ный CI 7,2–12,1). Нижний предел согласия равен -24,1%, верхний предел согласия составлял +43,3%. Между полученными значениями TOF имеется сильная прямая корреляция [коэффициент корреляции Спирмена равен 0,86 ( $p < 0,001$ )].

Также провели сравнение значений уровня TOF во время восстановления НМП (на II–IV этапах исследования). Среднее значение разности между методами по определению восстановления НМП равно 5,3% (95%-ный CI 3,1–7,5), нижний предел согласия равен -13,3%, верхний предел составлял +24,0%. Между значениями TOF, полученными при восстановлении НМП, также имеется сильная прямая корреляция [коэффициент корреляции Спирмена равен 0,87 ( $p < 0,001$ )]. На рис. 1 и 2 представлены диаграммы рассеяния Bland – Altman различий значений TOF, полученных кинемииографией и акцелеромиографией.

### Обсуждение

Данное исследование проведено с целью определения сопоставимости данных, полученных с помощью кинемииографии и акцелеромиографии во время общей анестезии. Это связано со всё более растущим интересом к объективности нервно-мышечного мониторинга, осуществляемым различными методами [6].

Время наступления НМБ одинаково точно измерено обоими методами, различие между ними

не было статистически значимым. При этом, исходя из диаграммы Bland – Altman (рис. 1), снижение значений TOF, полученных с помощью кинемииографии, происходило быстрее, чем при акцелеромиографии (средняя разность между методами равнялась 9,6%). Коэффициент корреляции Спирмена равен 0,86 ( $p < 0,001$ ).

Время восстановления НМП также отображалось точно обоими методами. Временные интервалы восстановления НМП (достижения TOF = 1, 25, 50, 75%) статистически значимо не отличались между собой. Значения TOF при восстановлении НМП, полученные с помощью акцелеромиографии, немного больше аналогичных значений кинемииографии (среднее значение разности равно 5,3%). Коэффициент корреляции Спирмена был равен 0,87 ( $p < 0,001$ ).

К сожалению, нет возможности сравнить полученные результаты с другими данными, так как ранее не проводили исследования по сравнению акцелеромиографии и кинемииографии. Имеется ряд исследований по сравнению данных методов с золотым стандартом – механомиографией. В небольшом количестве исследований, в которых кинемииографию сравнивали с механомиографией, показана высокая корреляция данных, полученных этим методом мониторинга [8, 17]. Исследований по сравнению акцелеромиографии имеется значительно больше, однако результаты их неоднозначны [13, 15]. Во многих работах показана невысокая корреляция метода акцелеромиографии с механомиографией как при определении времени наступления НМБ, так и времени восстановления НМП [6]. Возможно поэтому безопасное значение TOF при экстубации пациента (которое для механомиографии равнялось более 75%) для акцелеромиографии увеличили до 90% и более [9, 14].

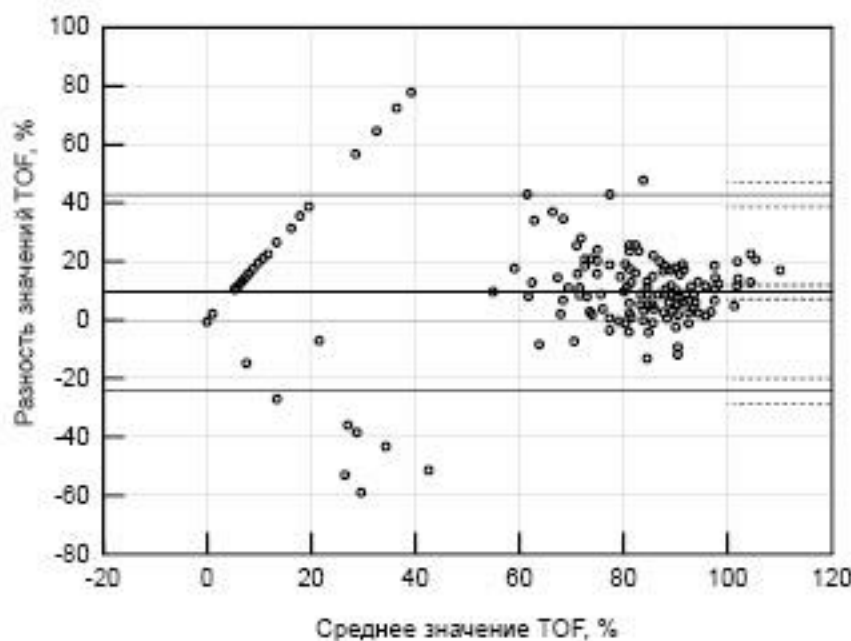


Рис. 1. График (Bland – Altman) различия значений TOF при наступлении НМБ, измеренный кинемииографией и акцелеромиографией (верхний и нижний лимит согласия  $\pm 1,96 \cdot SD$  среднего значения)

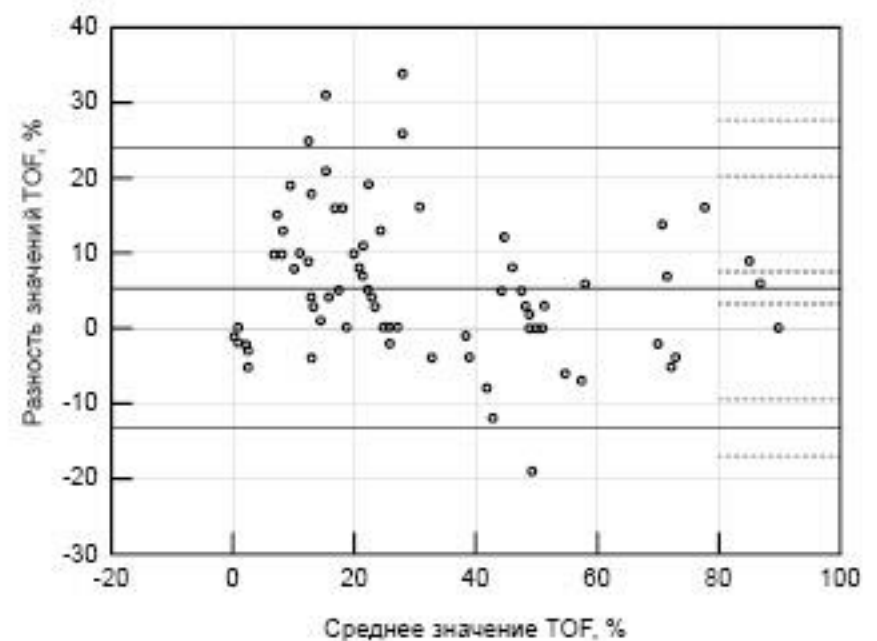


Рис. 2. График (Bland – Altman) различия значений TOF при восстановлении НМП, измеренный кинемииографией и акцелеромиографией (верхний и нижний лимит согласия  $\pm 1,96 \cdot SD$  среднего значения)

Большинство исследователей сходятся во мнении, что различия в результатах указанных методов заключаются в измерении разных способов сокращения мышц. Так, механомиография измеряет силу изометрического сокращения (из-за приложения к большому пальцу нагрузки 200–300 г), в то время как акцелеромиография измеряет изотоническое сокращение. Именно поэтому, чтобы увеличить соответствие двух методов, предложены различные приспособления, которые создают преднагрузку на большой палец руки [7]. Однако доказательств, что это достоверно увеличивает точность акцелеромиографии, не получено [6].

Исходный уровень НМП, измеренный с помощью акцелеромиографии, был существенно выше, чем при применении кинемииографии. Обратное затухание ответов на стимулы, при котором ответ на четвёртый стимул больше ответа на первый и значение TOF высчитывается более 100%, часто отмечается перед введением миорелаксантов при акцелеромиографических исследованиях [11, 15, 19]. Полученные результаты, по нашему мнению, не связаны с недостаточным временем периода стабилизации для акцелеромиографического монитора. Так, в исследовании J. Viby-Mogensen et al. [19] показано, что даже через 20 мин и более значение TOF у пациентов, которым не вводили миорелаксанты, всё ещё оставалось более 100%. Возможное объяснение данных результатов в том, что при движении нерасслабленного большого пальца руки он может не возвращаться на изначальную позицию перед каждым новым стимулом [15].

При кинемииографии, благодаря гибкому датчику, который накладывается между большим и указательным пальцами, на большой палец действует преднагрузка (которая возвращает палец в исходное положение), движения происходят только в одной плоскости. Скорее всего, данная особенность акцелеромиографии привела к тому, что вплоть до 3-й мин после введения миорелаксанта значение TOF было статистически выше, чем при измерении кинемииографии. Учитывая данную особенность, чтобы избежать ошибок при сравнении методом Bland – Altman, исходные значения TOF до введения миорелаксантов не принимали во внимание.

Таким образом, полученные данные при сравнении акцелеромиографии и кинемииографии (меньшие значения TOF при наступлении НМБ и большие при восстановлении НМП) соответствуют результатам сравнения акцелеромиографии с механомиографией. Эти результаты могут показывать, что кинемииография более соответствует по точности механомиографии.

Следует отметить факт наложения датчиков для измерения НМП на обе руки: один из них находился на той же руке, где и катетер для внутривенного введения препаратов для анестезии (в том

числе и миорелаксанта). Возможно, на руке, в которой был установлен внутривенный катетер, может изменяться уровень НМП как за счёт ретроградной диффузии миорелаксанта, так и снижения температуры кожи от инфузии большого количества растворов. Однако в исследовании, где сравнивали результаты механомиографии, каких-либо существенных отличий в уровне НМП на обеих руках не выявлено [16]. Тем не менее в другом исследовании показано, что механомиография может давать отличающиеся результаты на разных руках (причём независимо от расположения внутривенного катетера) [13]. Поэтому считаем, что данный факт также следует учитывать, проводя одномоментное сравнение различных методов мониторинга НМП.

С целью более точного сравнения данных методов для мониторинга наступления НМБ решили использовать цисатракуриум. Данный безопасный современный миорелаксант обеспечивает сравнительно большее время наступления НМБ (в отличие от рокурония), но при этом его можно использовать и в качестве мономиоплегии [2].

Изучали соответствие данных методов только в TOF-режиме, так как именно эту стимуляцию применяют сейчас наиболее часто в клинической практике [3]. Возможно, для более точного сравнения указанных методов необходимо провести исследования, используя стимуляцию одиночным импульсом (ST-стимуляция) и двойным импульсом (DBS-стимуляция).

## Выводы

1. Сравнительный анализ двух методов контроля НМП показал, что оба метода являются высокоэффективными и простыми в применении. В зависимости от комплектации наркозно-дыхательной аппаратуры акцелеромиографию и кинемииографию можно использовать в клинической практике с одинаковым успехом.

2. Во время многокомпонентной эндотрахеальной анестезии с применением цисатракурия показано использование контроля НМП, что обеспечивает управляемую миорелаксацию, своевременную экстубацию и отсутствие постнаркозной депрессии дыхания.

## ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:

УЗ «Могилёвская областная больница»  
212001, Республика Беларусь, г. Могилёв,  
ул. Бельяцкого-Бирули, д. 12.  
Тел./факс: +375 (29) 396-79-83,  
+375 (222) 27-87-33.

*Липницкий Артур Леонидович*  
заведующий отделением трансплант-координации.  
E-mail: Lipnitski.al@gmail.com

**Марочков Алексей Викторович**  
 доктор медицинских наук, профессор,  
 заведующий отделением анестезиологии

и реанимации.  
 Тел.: +375 (222) 27-87-55.  
 E-mail: marochkov@mail.ru

## Литература

1. Канус И. И., Грачев С. С. Сравнительная характеристика показателей действия ардуана, аркурона и эсмерона при абдоминальных оперативных вмешательствах // *Новости хирургии*. – 2010. – Т. 18, № 6. – С. 82–89.
2. Липницкий А. Л., Марочков А. В. Сравнительная оценка действия цисатракурия и атракурия как компонентов эндотрахеальной анестезии при лапароскопических операциях // *Новости хирургии*. – 2014. – Т. 23, № 1. – С. 83–88.
3. Магомедов М. А., Заболотских И. Б. Миоплегия. – М.: Практическая медицина, 2010. – 224 с.
4. Марочков А. В., Липницкий А. Л., Рыбинина И. А. и др. Применение рокурония (Эсмерон) у пациентов с ожирением во время многокомпонентной эндотрахеальной анестезии севофлураном // *Мед. новости*. – 2012. – № 7. – С. 80–83.
5. Bland J. M., Altman D. G. Statistical method for assessing agreement between two methods of clinical measurement // *Lancet*. – 1986. – Vol. 327. – P. 307–310.
6. Claudius C., Viby-Mogensen J. Acceleromyography for use in scientific and clinical practice: a systematic review of the evidence // *Anesthesiology*. – 2008. – Vol. 108, № 6. – P. 1117–1140.
7. Claudius C., Viby-Mogensen J., Skovgaard L. T. Is the performance of acceleromyography improved with preload and normalization? A comparison with mechanomyography // *Anesthesiology*. – 2009. – Vol. 110, № 6. – P. 1261–1270.
8. Dahaba A. A., von Klobucar F., Rehak P. H. et al. The neuromuscular transmission module versus the relaxometer mechanomyograph for neuromuscular block monitoring // *Anesth. Analg.* – 2002. – Vol. 94. – P. 591–596.
9. Eikermann M., Groeben H., Hüsing J. et al. Predictive value of mechanomyography and accelerometry for pulmonary function in partially paralyzed volunteers // *Acta Anaesthesiol. Scand.* – 2004. – Vol. 48, № 3. – P. 365–370.
10. Fuchs-Buder T., Claudius C., Skovgaard L. T. et al. 8th International Neuro-muscular Meeting. Good clinical research practice in pharmacodynamic studies of neuromuscular blocking agents II: the Stockholm revision // *Acta Anaesthesiol. Scand.* – 2007. – Vol. 51. – P. 789–808.
11. Harper N. J., Martlew R., Strang T. et al. Monitoring neuromuscular block by acceleromyography: comparison of the Mini-Accelograph with the Myograph 2000 // *Br. J. Anaesth.* – 1994. – Vol. 72. – P. 411–414.
12. Hemmerling T. M., Le N. Brief review: Neuromuscular monitoring: an update for the clinician // *Can. J. Anaesth.* – 2007. – Vol. 54, № 1. – P. 58–72.
13. Kirkegaard-Nielsen H., Helbo-Hansen H. S., Lindholm P. et al. New equipment for neuromuscular transmission monitoring: a comparison of the TOF-Guard with the Myograph 2000 // *J. Clin. Monit. Comput.* – 1998. – Vol. 14, № 1. – P. 19–27.
14. Kopman A. F., Klewicka M. M., Neuman G. G. The relationship between acceleromyographic train-of-four fade and single twitch depression // *Anesthesiology*. – 2002. – Vol. 96, № 3. – P. 583–587.
15. Loan P. B., Paxton L. D., Mirakhor R. K. et al. The TOF-Guard neuromuscular transmission monitor. A comparison with the Myograph 2000 // *Anaesthesia*. – 1995. – Vol. 50. – P. 699–702.
16. Merle J. C., Jurczyk M., Honneur G. et al. Onset of neuromuscular block is the same if the ipsilateral or contralateral limb to the injection site is used for monitoring // *Br. J. Anaesth.* – 1995. – Vol. 74, № 3. – P. 333–334.
17. Motamed C., Kirov K., Combes X. et al. Comparison between the Datex-Ohmeda M-NMT module and a force-displacement transducer for monitoring neuromuscular blockade // *Eur. J. Anaesthesiol.* – 2003. – Vol. 20. – P. 467–469.
18. Stewart P. A., Freeland N., Liang S. et al. Comparison of electromyography and kinemyography during recovery from non-depolarising neuromuscular blockade // *Anaesth. Intens. Care.* – 2014. – Vol. 42, № 3. – P. 378–384.
19. Viby-Mogensen J., Jensen E., Werner M. et al. Measurement of acceleration: a new method of monitoring neuromuscular function // *Acta Anaesthesiol. Scand.* – 1988. – Vol. 32, № 1. – P. 45–48.

## References

1. Kanus I.I., Grachev S.S. Comparison of action parameters of arduan, arcuron and esmeron when used for abdominal surgery. *Novosti Khirurgii*. 2010, vol. 18, no. 6, pp. 82-89. (In Russ.)
2. Lipnitsky A.L., Marochkov A.V. Comparison of action of cisatracurium and atracurium as components of endotracheal anesthesia by laparoscopic surgery. *Novosti Khirurgii*. 2014, vol. 23, no. 1, pp. 83-88. (In Russ.)
3. Magomedov M.A., Zabolotskykh I.B. *Mioplegia*. [Myoplegia] Moscow, Prakticheskaya Meditsina Publ., 2010, 224 p.
4. Marochkov A.V., Lipnitsky A.L., Ryabinina A.I. et al. Use of rocuronium (esmeron) in obese patients during multicomponent endotracheal anesthesia by sevoflurane. *Med. Novosti*. 2012, no. 7, pp. 80-83. (In Russ.)
5. Bland J.M., Altman D.G. Statistical method for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986, vol. 327, pp. 307-310.
6. Claudius C., Viby-Mogensen J. Acceleromyography for use in scientific and clinical practice: a systematic review of the evidence. *Anesthesiology*. 2008, vol. 108, no. 6, pp. 1117-1140.
7. Claudius C., Viby-Mogensen J., Skovgaard L.T. Is the performance of acceleromyography improved with preload and normalization? A comparison with mechanomyography. *Anesthesiology*. 2009, vol. 110, no. 6, pp. 1261-1270.
8. Dahaba A.A., von Klobucar F., Rehak P.H. et al. The neuromuscular transmission module versus the relaxometer mechanomyograph for neuromuscular block monitoring. *Anesth. Analg.* 2002, vol. 94, pp. 591-596.
9. Eikermann M., Groeben H., Hüsing J. et al. Predictive value of mechanomyography and accelerometry for pulmonary function in partially paralyzed volunteers. *Acta Anaesthesiol. Scand.* 2004, vol. 48, no. 3, p. 365-370.
10. Fuchs-Buder T., Claudius C., Skovgaard L.T. et al. 8th International Neuro-muscular Meeting. Good clinical research practice in pharmacodynamic studies of neuromuscular blocking agents II: the Stockholm revision. *Acta Anaesthesiol. Scand.* 2007, vol. 51, pp. 789-808.
11. Harper N.J., Martlew R., Strang T. et al. Monitoring neuromuscular block by acceleromyography: comparison of the Mini-Accelograph with the Myograph 2000. *Br. J. Anaesth.* 1994, vol. 72, pp. 411-414.
12. Hemmerling T.M., Le N. Brief review: Neuromuscular monitoring: an update for the clinician. *Can. J. Anaesth.* 2007, vol. 54, no. 1, pp. 58-72.
13. Kirkegaard-Nielsen H., Helbo-Hansen H.S., Lindholm P. et al. New equipment for neuromuscular transmission monitoring: a comparison of the TOF Guard with the Myograph 2000. *J. Clin. Monit. Comput.* 1998, vol. 14, no. 1, pp. 19-27.
14. Kopman A.F., Klewicka M.M., Neuman G.G. The relationship between acceleromyographic train-of-four fade and single twitch depression. *Anesthesiology*. 2002, vol. 96, no. 3, pp. 583-587.
15. Loan P.B., Paxton L.D., Mirakhor R.K. et al. The TOF-Guard neuromuscular transmission monitor. A comparison with the Myograph 2000. *Anaesthesia*. 1995, – Vol. 50, pp. 699-702.
16. Merle J.C., Jurczyk M., Honneur G. et al. Onset of neuromuscular block is the same if the ipsilateral or contralateral limb to the injection site is used for monitoring. *Br. J. Anaesth.* 1995, – Vol. 74, no. 3, pp. 333-334.
17. Motamed C., Kirov K., Combes X. et al. Comparison between the Datex-Ohmeda M-NMT module and a force-displacement transducer for monitoring neuromuscular blockade. *Eur. J. Anaesthesiol.* 2003, vol. 20, pp. 467-469.
18. Stewart P.A., Freeland N., Liang S. et al. Comparison of electromyography and kinemyography during recovery from non-depolarising neuromuscular blockade. *Anaesth. Intens. Care.* 2014, vol. 42, no. 3, pp. 378-384.
19. Viby-Mogensen J., Jensen E., Werner M. et al. Measurement of acceleration: a new method of monitoring neuromuscular function. *Acta Anaesthesiol. Scand.* 1988, vol. 32, no. 1, pp. 45-48.