



Чечко А.Н.¹ ✉, Владимирова Т.Ю.²

¹ 426 военный госпиталь, Самара, Россия

² Самарский государственный медицинский университет, Самара, Россия

Роль акустической импедансометрии в определении тактики ведения раненых и пострадавших с акубаротравмой

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: концепция и дизайн исследования, сбор материала, обработка материала, статистическая обработка данных, написание текста – Чечко А.Н.; редактирование, написание текста – Владимирова Т.Ю.

Подана: 04.12.2024

Принята: 03.03.2025

Контакты: chechko_doctor@mail.ru

Резюме

Цель. Оптимизировать диагностику акубаротравм путем применения низкочастотной акустической импедансометрии у раненых/пострадавших.

Материалы и методы. Проведено проспективное когортное исследование, включающее раненых и пострадавших с входящим диагнозом «акубаротравма» на втором и третьем уровнях оказания медицинской помощи в районах с высокой интенсивностью боевых действий. В ходе исследования проводилась инструментальная диагностика: цифровая отоскопия, тональная пороговая аудиометрия, низкочастотная акустическая импедансометрия и компьютерная томография височных костей.

Результаты. По результатам исследования была выявлена статистически значимая связь типа тимпанометрии и таких ее показателей, как податливость (подвижность), градиент, объем наружного слухового прохода, скорость развертки с травматической перфорацией барабанной перепонки. Анализ наличия разрыва цепи слуховых косточек по результатам компьютерной томографии височных костей с тимпанограммой с регистрацией множества пиков на графике выявил корреляционную связь.

Заключение. На передовых этапах медицинской эвакуации в качестве экспресс-диагностики акубаротравм с низкой информативностью отоскопии рекомендовано использование низкочастотной акустической импедансометрии. При регистрации на тимпанограмме множества пиков у раненых/пострадавших с акубаротравмой необходимо проведение компьютерной томографии височных костей с последующим решением вопроса об оперативном лечении.

Ключевые слова: акустическая импедансометрия, тимпанометрия, акубаротравма, баротравма уха, взрывная травма

Chechko A.¹ ✉, Vladimirova T.²

¹ 426 Military Hospital, Samara, Russia

² Samara State Medical University, Samara, Russia

The Role of Acoustic Impedancemetry in Determining the Tactics of Treating the Wounded and Injured with Acubarotrauma

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: study concept and design, material collection, material processing, statistical data processing, text writing – Chechko A.; editing, text writing – Vladimirova T.

Submitted: 04.12.2024

Accepted: 03.03.2025

Contacts: chechko_doctor@mail.ru

Abstract

Purpose. To optimize the diagnosis of acubarotrauma by using low-frequency acoustic impedancemetry in wounded/victims.

Materials and methods. A prospective cohort study was conducted, including wounded and injured patients with an incoming diagnosis of acubarotrauma at the second and third levels of medical care in areas with high intensity of military actions. During the study, instrumental diagnostics were carried out: digital otoscopy, tone threshold audiometry, low-frequency acoustic impedancemetry and computed tomography of the temporal bones.

Results. The results of the study revealed a statistically significant relationship between the type of tympanometry and its parameters such as compliance (mobility), gradient, volume of the external auditory canal, and scanning speed with traumatic perforation of the eardrum. Analysis of the presence of a rupture of the auditory ossicular chain based on the results of computed tomography of the temporal bones with a typogram with registration of multiple peaks on the graph revealed a correlation relationship.

Conclusion. At the advanced stages of medical evacuation, the use of low-frequency acoustic impedancemetry is recommended as an express diagnostic of acubarotrauma with low information content of otoscopy. When multiple peaks are registered on the tympanogram in wounded/victims with acubarotrauma, it is necessary to conduct a computed tomography of the temporal bones with a subsequent decision on surgical treatment.

Keywords: acoustic impedancemetry, tympanometry, acubarotrauma, ear barotrauma, blast injury

■ ВВЕДЕНИЕ

Современные локальные вооруженные конфликты характеризуются высокой частотой повреждений лор-органов [1–5]. Особенностью данных конфликтов является широкомасштабное применение в качестве средств боевого поражения FPV-дронов и самодельных взрывных устройств [3, 6, 7]. Согласно недавно опубликованным

данным отечественных авторов, в структуре входящего потока раненых на втором уровне оказания медицинской помощи (квалифицированная хирургическая помощь) 32,87% всех раненых были с легкой черепно-мозговой травмой в сочетании с акубаротравмой [1]. Анализ структуры боевой лор-травмы в современных вооруженных конфликтах показал, что преобладают повреждения органа слуха. Их доля составляет от 60% до 80% в структуре травм лор-органов, что связано с преобладанием минно-взрывной этиологии боевых поражений [2, 3].

В прифронтовых медицинских организациях для диагностики тяжести травмы слуховой системы применяется отоскопия, в том числе цифровая [7–9]. Указанное инструментальное исследование во многих случаях позволяет в кратчайшие сроки проводить диагностику акубаротравмы/баротравмы среднего уха и дифференцировать их с острыми и хроническими воспалительными заболеваниями. Однако при наличии анатомических особенностей строения наружного слухового прохода, таких как костные экзостозы, выступ передней стенки кзади, визуализация барабанной перепонки в полном объеме затруднена. Также могут отсутствовать какие-либо видимые травматические изменения при разрыве цепи слуховых косточек в результате минно-взрывной травмы. Указанные обстоятельства затрудняют постановку достоверного диагноза, от которого зависит тактика лечебно-эвакуационных мероприятий в отношении раненых и пострадавших.

По мнению отечественных и зарубежных авторов, целесообразно скорейшее проведение тональной пороговой аудиометрии у раненых и пострадавших с подозрением на акубаротравму [7, 9, 10]. Проведенные исследования на основе опыта советско-афганской войны показали, что существуют характерные типы тональных пороговых аудиометрий при различных травмах среднего и внутреннего уха [11]. Также известно, что высокие значения костно-воздушного интервала при 1000 Гц ($>27,5$ дБ) и 2000 Гц ($>17,5$ дБ) служат наиболее достоверным подтверждением разрыва цепи слуховых косточек [12]. Вместе с тем указанное исследование не относится к объективным методам диагностики патологии органа слуха. Затруднение его проведения может быть связано с выраженным астеноневротическим состоянием раненых и пострадавших. Выполнение тональной пороговой аудиометрии требует соблюдения ряда условий: тишина в месте исследования и продолжительное время диагностики [13]. В зоне боевых действий указанные условия не всегда выполняемы.

Низкочастотная акустическая импедансометрия является недорогим и быстро-выполнимым (до 4 секунд) методом объективной диагностики слуха, который не требует большого количества специальных условий для проведения. Она включает тимпанометрию, измерение акустического рефлекса (АР), исследование функции слуховой трубы. Указанные методики применяются для оценки функционального состояния звукопроводящего и звуковоспринимающего отделов слуховой системы, а также лицевого нерва [9, 14].

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оптимизировать диагностику акубаротравм путем применения низкочастотной акустической импедансометрии у раненых/пострадавших.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выполнено проспективное когортное исследование с участием раненых и пострадавших, у которых был входящий (предварительный) диагноз «акубаротравма» на втором и третьем уровнях оказания медицинской помощи в районах с высокой интенсивностью боевых действий. Время с момента получения травмы составило от 1 до 10 часов. Все пациенты были мужского пола. Критерии включения: наличие свежих травматических изменений при отоскопии (ссадины в наружном слуховом проходе, кровоизлияния в толще барабанной перепонки, кровянистое отделяемое) и/или снижения слуха по результатам акуметрии (восприятие шепотной речи на расстоянии менее 6 метров); документы, подтверждающие связь воздействия взрывной волны, звука высокой интенсивности с получением акубаротравмы; анатомические особенности наружного слухового прохода, не позволяющие визуализировать все квадранты барабанной перепонки (пример отоскопии представлен на рис. 1), информированное добровольное согласие.

Критерии невключения: острые и хронические заболевания уха нетравматического генеза; бессознательное состояние пациента; травматическая перфорация барабанной перепонки, визуализируемая при отоскопии. Критерии исключения: симуляция/агgravация состояния снижения слуха по результатам отоскопии, акуметрии, трехкратной тональной пороговой аудиометрии, положительные итоги опытов для выявления симуляции: Ломбарда, Говсеева, Шварца – и проверки безусловных рефлексов на звук (ауро-пальпебральный рефлекс Бехтерева и Шурыгина); отсутствие результатов компьютерной томографии (КТ) на следующих этапах медицинской эвакуации.

Пациенты были разделены на группы, согласно классификации акубаротравм по принципам ВПХ в модификации Чечко А.Н., Беличевой Э.Г. [9]. Основная группа – акубаротравмы III степени, группа сравнения – совокупность результатов исследований акутравмы, акубаротравмы I и II степеней. Все обследуемые были трудоспособного возраста.

Систематизация типов тимпанограмм была выполнена на основе классификации J. Jerger в модификации автора Чечко А.Н.: A, Ad, B, C, C+Ad, E, E+Ad, отсутствие регистрации. В связи с тем, что исследование проводилось на низкочастотном акустическом импедансометре, за тип E принималась кривая со множеством пиков, тип C+Ad – повышенная мобильность барабанной перепонки со смещением пика влево (отрицательное давление в барабанной полости) либо вправо (положительное давление в барабанной полости), тип E+Ad – повышенная мобильность барабанной перепонки с несколькими пиками. Указанные типы тимпанограмм представлены на рис. 2.

Тимпанометрия проводилась трехкратно для подтверждения полученного результата. Регистрация тимпанограммы выполнялась на частоте 226 Гц, акустического рефлекса – на частоте 1000 Гц с уровнем звука от 80 до 95 дБ. Обследование проводилось на тимпанометре Amplivox Otowave 302 (Amplivox, Великобритания).

Кроме вышеуказанного исследования, всем пациентам выполнялись: цифровая отоскопия, цифровая тональная пороговая аудиометрия и КТ височных костей. Для проведения цифровой отоскопии был использован портативный лор-эндоскоп USB DIGITAL ENDOSCOPE WS-009 (WS, Китай). Тональная пороговая аудиометрия выполнялась на приборе Amplivox model 240 (Amplivox, Великобритания). КТ проводилась

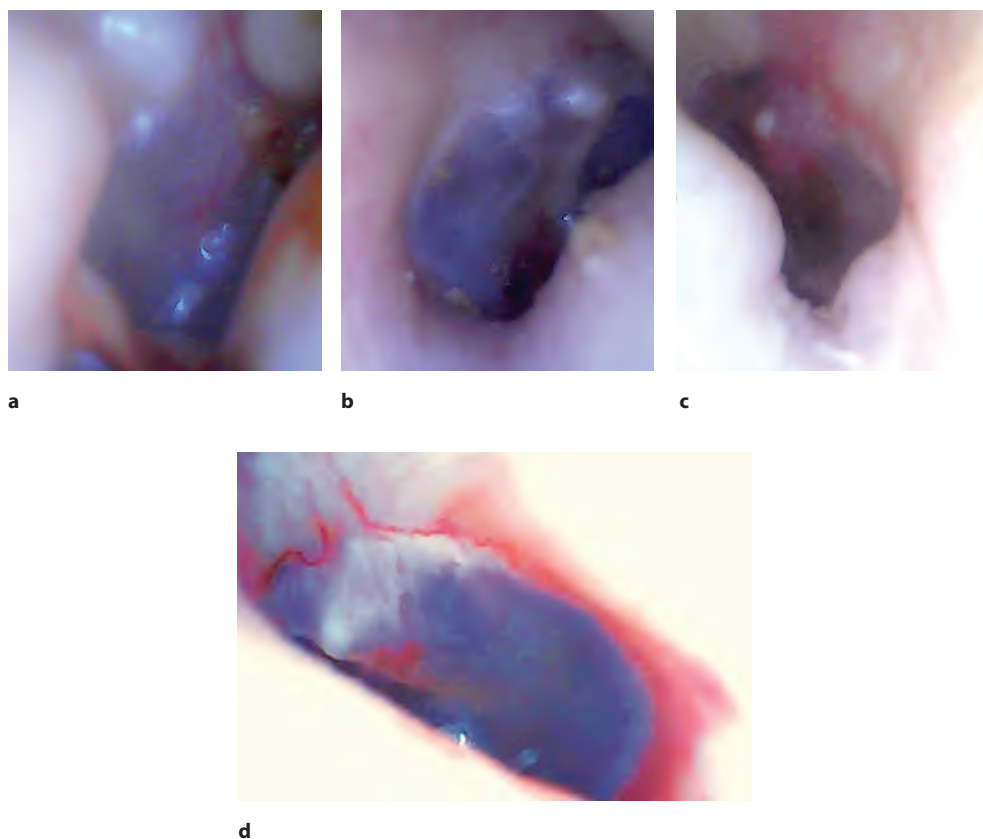


Рис. 1. Цифровая отоскопия акубаротравмы: а – отоскопия справа, определяются экзостозы на передне-верхней стенке (плотно прилежит к передне-верхнему квадранту барабанной перепонки), задней стенке и выступ кзади передней стенки, в области барабанной перепонки точечное кровоизлияние в области короткого отростка молоточка и кровянистая корочка в проекции видимой части передне-верхнего квадранта; б – отоскопия справа, определяется выступ кзади передней стенки, затрудняющий обзор передне-нижнего квадранта, в толще барабанной перепонки в области нижних квадрантов очаг кровоизлияния; с – отоскопия слева, определяется экзостоз в области передней стенки наружного слухового прохода, центральное кровоизлияние в толще барабанной перепонки; д – в области передне-нижней стенки наружного слухового прохода выступ кзади, который затрудняет обзор передних квадрантов барабанной перепонки, отмечается выраженная инъекция сосудов вдоль рукоятки молоточка и вдоль фиброзного кольца

Fig. 1. Digital otoscopy of acubarotrauma: a – otoscopy on the right, exostoses are determined on the anterior superior wall (tightly adjacent to the anterior superior quadrant of the tympanic membrane), posterior wall and a protrusion posterior to the anterior wall, in the area of the tympanic membrane there is a punctate hemorrhage in the area of the short process of the malleus and a bloody crust in the projection of the visible part of the anterior superior quadrant; b – otoscopy on the right, a protrusion posterior to the anterior wall is determined, obstructing the view of the anterior inferior quadrant, a focus of hemorrhage is in the thickness of the tympanic membrane in the area of the lower quadrants; c – otoscopy on the left, exostosis is determined in the area of the anterior wall of the external auditory canal, central hemorrhage in the thickness of the tympanic membrane; d – in the area of the anterior-inferior wall of the external auditory canal there is a posterior protrusion that makes it difficult to see the anterior quadrants of the eardrum; there is a pronounced injection of vessels along the handle of the malleus and along the fibrous ring

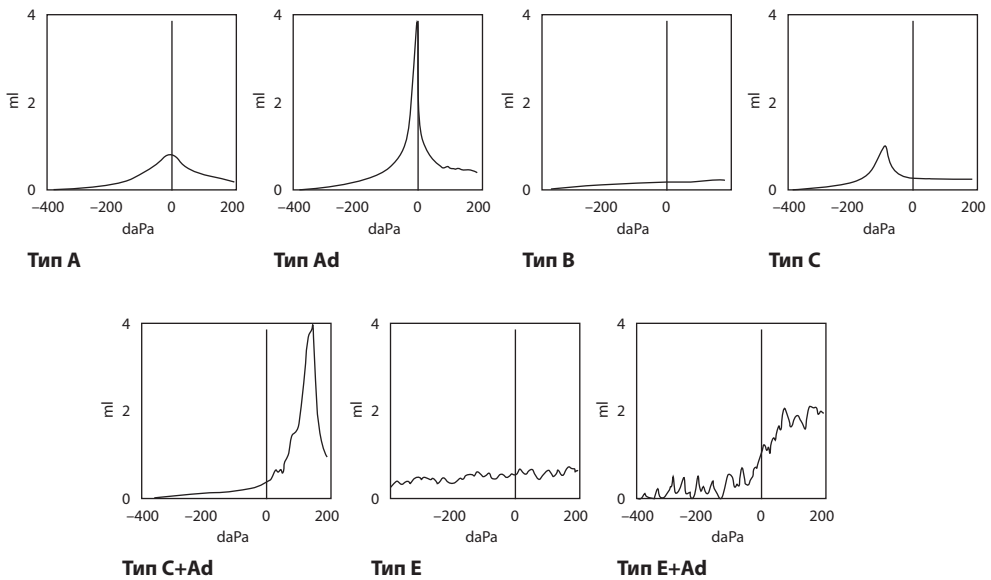


Рис. 2. Типы тимпанограмм на основе классификации J. Jerger в модификации Чечко А.Н.
Fig. 2. Types of tympanograms based on the classification of J. Jerger as modified by Chechko A.

на следующих этапах медицинской эвакуации на аппаратах, сертифицированных в Российской Федерации.

Статистическая обработка осуществлялась с использованием программного обеспечения SPSS Statistics ver.27.0 (IBM, США) и StatTech v. 4.6.3 (ООО «Статтех», Россия).

Проверка нормального распределения количественных признаков проводилась при помощи критерия Колмогорова – Смирнова (при значении более 50), критерия Шапиро – Уилка (при значении менее 50). Количественные показатели в случае отсутствия нормального распределения описывались с помощью медианы и нижнего, верхнего квартилей. Категориальные данные описывались с указанием процентных долей. 95% доверительные интервалы для процентных долей рассчитывались по методу Клоппера – Пирсона.

Статистические гипотезы проверялись при помощи критерия χ^2 Пирсона, апостериорные сравнения выполнялись с помощью критерия χ^2 Пирсона с поправкой Холма. Сравнение процентных долей при анализе четырехпольных таблиц сопряженности выполнялось с помощью точного критерия Фишера (при значениях менее 10). Сравнение 2 групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполнялось с помощью U-критерия Манна – Уитни.

Поиск взаимосвязей между категориальными признаками проводился с помощью критерия Крамера, клиническая интерпретация силы корреляции оценивалась по шкале Чеддока. Построение прогностической модели вероятности определенного исхода выполнялось при помощи метода логистической регрессии. Мерой определенности, указывающей на ту часть дисперсии, которая может быть объяснена

с помощью логистической регрессии, служил коэффициент R^2 Найджелкерка. Для оценки диагностической значимости количественных признаков при прогнозировании определенного исхода применялся метод анализа ROC-кривых. Разделяющее значение количественного признака в точке cut-off определялось по наивысшему значению индекса Юдена. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.
Использовались следующие сокращения: Me – медиана; Q1–Q3 – нижний и верхний квартиль; p-значение – уровень статистической значимости; ДИ – доверительный интервал.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 1 представлены данные описательной статистики количественных признаков в группах.

В табл. 2 представлены данные описательной статистики качественных признаков в группах.

При сравнении следующих показателей тимпанометрии в группах были выявлены статистически значимые различия ($p < 0,05$):

- 1) податливость (подвижность), количественный показатель, $p = 0,001$. При оценке зависимости вероятности акубаротравмы III степени от указанного признака с помощью ROC-анализа была построена кривая. Площадь под ROC-кривой составила $0,910 \pm 0,046$ с 95% ДИ 0,820–0,999. Полученная модель была статистически значимой ($p = 0,001$). Пороговое значение податливости (подвижности) в точке cut-off, которому соответствовало наивысшее значение индекса Юдена, составило 0,380 мл. Акубаротравма III степени прогнозировалась при значении податливости (подвижности) ниже данной величины. Чувствительность и специфичность модели составили 83,3% и 100,0% соответственно;
- 2) градиент, количественный показатель, $p < 0,001$. При оценке зависимости вероятности акубаротравмы III степени от указанного признака с помощью ROC-анализа была получена кривая. Площадь под ROC-кривой составила $0,979 \pm 0,018$ с 95% ДИ 0,944–1,000. Полученная модель была статистически значимой ($p < 0,001$). Пороговое значение градиента в точке cut-off, которому соответствовало наивысшее

Таблица 1
Исследуемые количественные признаки у пациентов с акубаротравмой, регистрируемые на момент поступления в стационар
Table 1
The studied quantitative characteristics in patients with acubarotrauma, recorded at the time of admission to hospital

Показатели	Группа		p-значение
	основная	сравнения	
	Me [Q1–Q3]	Me [Q1–Q3]	
Податливость (подвижность), мл	0,00 [0,00; 0,00]	2,09 [1,72; 2,42]	0,001*
Давление в полости среднего уха, декаПа	0,00 [0,00; 0,00]	–9,00 [–15,25; 1,25]	0,270
Градиент, декаПа	0,00 [0,00; 0,00]	62,50 [45,00; 84,00]	<0,001*
Объем наружного слухового прохода, мл	0,00 [0,00; 0,38]	1,08 [0,88; 1,29]	0,008*
Скорость развертки, декаПа/с	0,00 [0,00; 128,25]	190,50 [185,75; 196,00]	0,012*

Примечание: * p-значение < 0,05.

Таблица 2
Исследуемые качественные признаки у пациентов с акубаротравмой, регистрируемые на момент поступления в стационар
Table 2
The studied qualitative characteristics in patients with acubarotrauma, recorded at the time of admission to hospital

Показатели	Категории	Группы				р-значение
		основная		сравнения		
		%	95% ДИ	%	95% ДИ	
Ипсилатеральные АР (1000 Гц, 80 дБ)	не регистрируется	100	54,1–100,0	91,7	80,0–97,7	1,000
	регистрируется	0	–	8,3	2,3–20,0	
Ипсилатеральные АР (1000 Гц, 85 дБ)	не регистрируется	100	54,1–100,0	93,8	82,8–98,7	1,000
	регистрируется	0	–	6,2	1,3–17,2	
Ипсилатеральные АР (1000Гц, 90дБ)	не регистрируется	100	54,1–100,0	85,4	72,2–93,9	1,000
	регистрируется	0	–	14,6	6,1 – 27,8	
Ипсилатеральные АР (1000 Гц, 95 дБ)	не регистрируется	100	54,1–100,0	89,6	77,3–96,5	1,000
	регистрируется	0	–	10,4	3,5–22,7	
Тип тональной пороговой аудиометрии	кондуктивная	0	–	2,1	0,1–11,1	0,185
	сенсоневральная	0	–	35,4	22,2–50,5	
	смешанная	100	54,1–100,0	62,5	47,4–76,0	
Степень тугоухости	повышение порогов восприятия звука на частотах от 4000 Гц	16,7	0,4–64,1	12,5	4,7–25,2	0,721
	I степень	33,3	4,3–77,7	45,8	31,4–60,8	
	II степень	50,0	11,8–88,2	27,1	15,3–41,8	
	III степень	0	–	10,4	3,5–22,7	
	IV степень	0	–	4,2	0,5–14,3	
Тип тимпанограммы	A	0	–	33,3	20,4–48,4	<0,001*
	Ad	0	–	41,7	27,6–56,8	
	B	33,3	4,3–77,7	0	–	
	C	0	–	4,2	0,5–14,3	
	C+Ad	0	–	14,6	6,1–27,8	
	E	0	–	6,2	1,3–17,2	
	E+Ad	0	–	0	–	
	не регистрируется	66,7	22,3–95,7	0	–	
КТ височных костей	нет разрыва цепи слуховых косточек	66,7	22,3–95,7	83,3	69,8–92,5	0,306
	разрыв цепи слуховых косточек	33,3	4,3–77,7	16,7	7,5–30,2	

Примечание: * р-значение <0,05.

значение индекса Юдена, составило 28,000 декаПа. Акубаротравма III степени прогнозировалась при значении градиента ниже данной величины. Чувствительность и специфичность модели составили 100,0% и 95,8% соответственно;

3) объем наружного слухового прохода, количественный показатель, $p=0,008$. При оценке зависимости вероятности акубаротравмы III степени от указанного признака с помощью ROC-анализа была построена кривая. Площадь под ROC-кривой составила $0,832\pm0,070$ с 95% ДИ 0,695–0,969. Полученная модель была

- статистически значимой ($p=0,008$). Пороговое значение объема наружного слухового прохода в точке cut-off, которому соответствовало наивысшее значение индекса Юдена, составило 0,600 мл. Акубаротравма III степени прогнозировалась при значении объема наружного слухового прохода ниже данной величины. Чувствительность и специфичность модели составили 83,3% и 95,8% соответственно;
- 4) скорость развертки, количественный показатель, $p=0,012$. При оценке зависимости вероятности акубаротравмы III степени от указанного признака с помощью ROC-анализа была построена кривая. Площадь под ROC-кривой составила $0,818 \pm 0,074$ с 95% ДИ 0,673–0,962. Полученная модель была статистически значимой ($p=0,012$). Пороговое значение скорости развертки в точке cut-off, которому соответствовало наивысшее значение индекса Юдена, составило 174 000 декаПа/с. Акубаротравма III степени прогнозировалась при значении скорости развертки ниже данной величины. Чувствительность и специфичность модели составили 83,3% и 89,6% соответственно;
- 5) тип тимпанограммы – В, отсутствие регистрации тимпанометрии, качественные показатели, $p<0,001$. Результаты статистического анализа представлены на рис. 3. Корреляционный анализ типов тимпанограммы и акубаротравм показал очень сильную связь (V Крамера =1).

Оценка остальных показателей тимпанометрии в группах не выявила статистически значимых различий.

Затем был проведен статистический анализ показателей тональной пороговой аудиометрии (степень тугоухости, тип тональной пороговой аудиометрии) в группах, в результате которого не удалось установить статистически значимых различий.

На следующих этапах медицинской эвакуации выполнялась КТ головы по рекомендации врачей-неврологов при выставленном предварительном диагнозе «закрытая черепно-мозговая травма», а также врача-оториноларинголога для исключения разрыва цепи слуховых косточек при типах тимпанограмм Ad, C+Ad, E, E+Ad. У части пациентов был выявлен разрыв цепи слуховых косточек, клинический пример представлен на рис. 4.

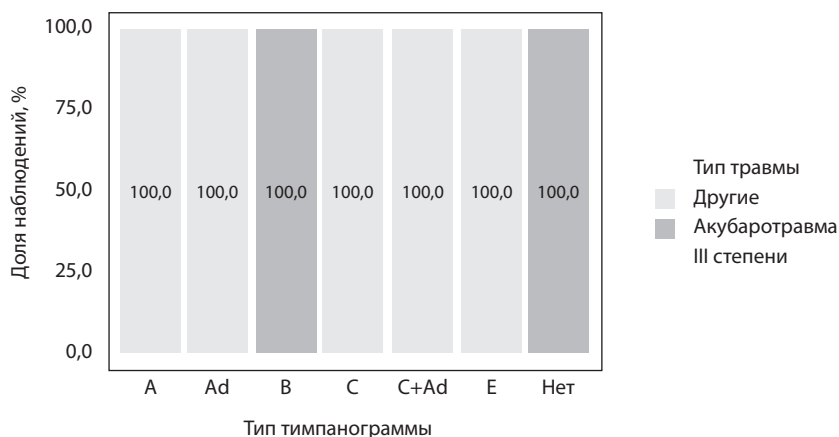


Рис. 3. Анализ типа травмы в зависимости от типа тимпанограммы

Fig. 3. Analysis of the type of injury depending on the type of tympanograms

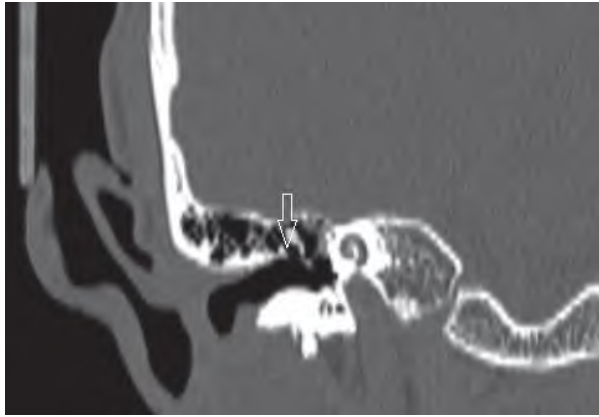


Рис. 4. КТ височных костей (корональная проекция) у пациента с акубаротравмой; отмечается смещение тела наковальни вверх – разрыв в области articulatio incudomallearis (указан стрелкой)
Fig. 4. Computed tomography of the temporal bones (coronal projection) in a patient with acubarotrauma; an upward displacement of the incus body is noted – a rupture in the area of the articulatio incudomallearis (indicated by the arrow)

При сравнении результатов КТ височных костей в зависимости от типа тимпанограммы со множеством пиков (тип Е) были выявлены существенные различия ($p=0,003$). На рис. 5 представлены данные статистического анализа.

Связь типа тимпанограммы и КТ височных костей была относительно сильной (V Крамера $=0,51$). Шансы разрыва цепи слуховых косточек у раненых и пострадавших с типом Е были выше в 41,533 раза по сравнению с группой других, различия шансов были статистически значимыми (95% ДИ 1,943–888,035).

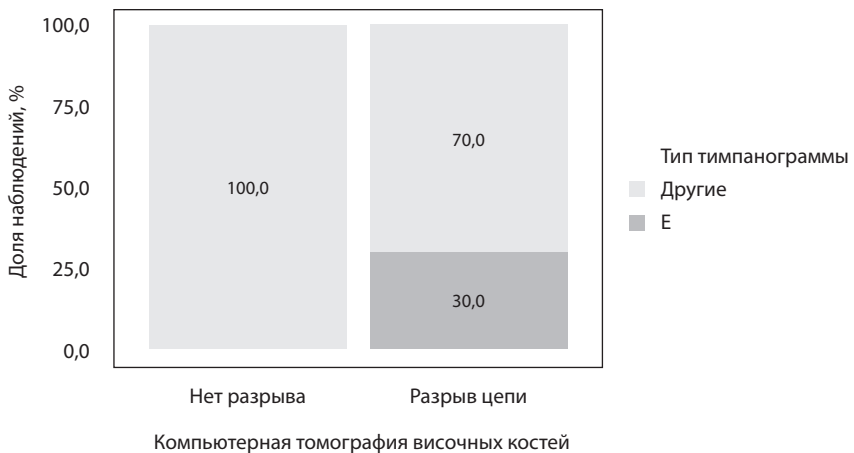


Рис. 5. Анализ результатов КТ височных костей в зависимости от типа тимпанограммы
Fig. 5. Analysis of the results of computed tomography of the temporal bones depending on the type of tympanogram

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отоскопия раненых/пострадавших с акубаротравмой не всегда позволяет выявить перфорацию барабанной перепонки, если у обследуемых имеются особенности анатомического строения наружного слухового прохода, не позволяющие визуализировать все квадранты барабанной перепонки. В ходе настоящего исследования не было выявлено статистически значимых связей типа тональной пороговой аудиометрии и степени тугоухости с возможным наличием травматической перфорации барабанной перепонки. Вместе с тем было установлено, что тип тимпанометрии (тип В, отсутствие регистрации тимпанограммы при исследовании) и такие ее показатели, как податливость (подвижность), градиент, объем наружного слухового прохода, скорость развертки, имели статистически значимую связь с травматической перфорацией барабанной перепонки. Анализ наличия разрыва цепи слуховых косточек по результатам КТ височных костей и типам тимпанограмм выявил статистическую связь с типом Е (наличие множества пиков на графике).

В связи с вышеуказанным необходимо рекомендовать в качестве экспресс-диагностики травм органов слуха, при которых снижена информативность отоскопии, использование низкочастотной акустической импедансометрии. Раненым с типами тимпанометрий В и отсутствием регистрации необходимо проводить лечение, показанное при акубаротравмах III степени согласно классификации по принципам ВПХ в модификации Чечко А.Н., Беличевой Э.Г. При регистрации типа Е (со множеством пиков на графике) проводить КТ височных костей, по результатам которого принимать решение о проведении оперативного лечения.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Kasimov R., Ovcharov O., Samokhvalov I., et al. [Specialized surgical care in modern military conflict: role and place at the forefront of medical evacuation]. *The Military Medical Journal*. 2024;345(2):9–18. doi:10.52424/00269050_2024_345_2_9 (in Russian)
2. Sheshegov P., Gadzhiev A., Slivina L., et al. [Peculiarities of the clinical course of acubarotrauma in lightly wounded in a modern armed conflict]. *The Military Medical Journal*. 2024;345(6):23–30. doi: 10.52424/00269050_2024_345_6_23 (in Russian)
3. Chechko A., Belicheva E., Ignatov M. (2024) *[Emergency surgery of combat ENT pathology: a guide for doctors]*. M.: Editus. (in Russian)
4. Trishkin D., Kryukov E., Chuprina A., et al. *[Guidelines for the treatment of combat surgical trauma: approved by the Chief of the Main Military Medical Directorate of the Ministry of Defense of the Russian Federation on September 1, 2022]*. Moscow; 2022. (in Russian)
5. Ballivet de Régloix S., Crambert A., Maurin O., et al. Blast injury of the ear by massive explosion: a review of 41 cases. *J R Army Med Corps*. 2017;163(5):333–338. doi: 10.1136/jramc-2016-000733
6. Dougherty A.L., MacGregor A.J., Han P.P., et al. Blast-related ear injuries among U.S. military personnel. *J. Rehabil. Res.* 2013;50(6):893–904. doi: 10.1682/JRRD.2012.02.0024
7. Lenhart M.K., Savitsky E., Eastridge B. (2012) *Combat casualty care: lessons learned from OEF and OIF*. Maryland: The Borden Institute is a U.S. Army "Center of Excellence in Military Medical Research and Education", Fort Detrick.
8. Syroezhkin F., Yumakaev D., Golovanov A., et al. [Impact of acubarotrauma on hearing in conditions of modern armed conflict]. *Russian Otorhinolaryngology*. 2024;23(2):66–72. doi: 10.18692/1810-4800-2024-2-66-72 (in Russian)
9. Chechko A., Belicheva E. (2022) *[Atlas of combat acubarotrauma: a scientific and practical manual for doctors]*. M.: Editus. (in Russian)
10. Starck J., Toppila E., Pyykkö I. Impulse noise and risk criteria. *Noise Health*. 2003;5(20):63–73.
11. Glaznikov L., Gofman V. (1996) *[Acute acubarotrauma of the auditory and vestibular systems: a teaching aid]*. Saint Petersburg: VmedA. (in Russian)
12. Sheikh H., Haidar H., Abdulkarim H., et al. [Preoperative Predictors in Chronic Suppurative Otitis Media for Ossicular Chain Discontinuity: A Cross-Sectional Study]. *Russian Bulletin of Otorhinolaryngology*. 2017;82(1):82. (in Russian)
13. Palchun V.T. (2020) *Otorhinolaryngology: a scientific guide*. M.: GEOTAR-Media. P. 811–816.
14. Boboshko M., Savenko I., Garbaruk E., et al. (2021) *[Practical surdology]*. Saint Petersburg: Dialog. (in Russian)