

СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКАЯ ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКА ВНЕЗАПНОЙ СЕРДЕЧНОЙ СМЕРТИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ МНОГОСЛОЙНОГО ПЕРЦЕПТРОНА И ДИСКРИМИНАНТНЫХ ФУНКЦИЙ

¹Халиков А.А., ¹Канзафарова Г.А., ²Поздеев А.Р., ³Кузнецов К.О.

¹ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Уфа;

²ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия» Минздрава России, Ижевск;

³ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова», Москва, e-mail: kirillkuznetsov@aol.com

Цель исследования – изучить взаимосвязь патоморфологических эквивалентов сердечного танатогенеза, оптической плотности перикардиальной жидкости при судебно-медицинской экспертизе внезапной сердечной смерти и создание математических уравнений на основе искусственных нейронных сетей и функциях дискриминантного анализа. Случайным образом нами были выбраны 178 трупов лиц в возрасте от 22 до 90 лет обоих полов с сердечными и несердечными типами танатогенеза. Время от момента наступления биологической смерти человека не превышало одних суток, не обнаруживалось видимых поздних трупных явлений. Жидкость из сердечной сорочки бралась при рассечении перикарда в объеме 5 мл стерильным одноразовым шприцем. Спектрофотометрия проводилась сразу же после взятия образцов. Применяли современный однолучевой спектрофотометр СФ-2000 с высокой точностью проводимых измерений в диапазоне волн от 330 до 550 нм в кварцевых кюветах К-10 объемом 1 мл. Нами было установлено, что алгоритм с расчетом дискриминантных уравнений и определением диагностических признаков, как и использование модели на основе многослойного перцептрона, предназначенного для практических целей, применим как дополнительный метод для постановки диагноза и определения внезапной сердечной смерти (опираясь на полученные результаты расчета сердечного типа танатогенеза и обстоятельства наступления смерти). Традиционное судебно-медицинское исследование трупа, дополненное спектрофотометрией перикардиальной жидкости, расчетом дискриминантных функций или применением искусственной нейронной модели, которые легко могут быть автоматизированы, позволят ускорить и упростить постановку диагноза внезапной сердечной смерти.

Ключевые слова: внезапная сердечная смерть, определение типов танатогенеза, инфаркт миокарда, перикардиальная жидкость, судебная медицина

FORENSIC EXPRESS DIAGNOSTICS OF SUDDEN CARDIAC DEATH BASED ON MODELS OF MULTILAYER PERCEPTRON AND DISCRIMINANT FUNCTIONS

¹Khalikov A.A., ¹Kanzafarova G.A., ²Pozdeev A.R., ³Kuznetsov K.O.

¹Bashkir State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Ufa;

²Izhevsk State Medical Academy of the Ministry of Health of Russia, Izhevsk;

³Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, e-mail: kirillkuznetsov@aol.com

Purpose of the study - To study the relationship of pathomorphological equivalents of cardiac thanatogenesis, optical density of pericardial fluid in the forensic medical examination of sudden cardiac death and the creation of mathematical equations based on artificial neural networks and discriminant analysis functions. We randomly selected 178 corpses of persons aged 22 to 90 years of both sexes with cardiac and noncardiac types of thanatogenesis. The time from the moment of the onset of the biological death of a person did not exceed one day, no visible late cadaveric phenomena were found. The liquid from the heart shirt was taken during dissection of the pericardium in a volume of 5 ml with a sterile disposable syringe. Spectrophotometry was performed immediately after sampling. A modern SF-2000 single-beam spectrophotometer was used with a high accuracy of measurements in the wavelength range from 330 to 550 nm in K-10 quartz cuvettes with a volume of 1 ml. We have found that the algorithm with the calculation of discriminant equations and the determination of diagnostic signs, as well as the use of a model based on a multilayer perceptron intended for practical purposes, is applicable as an additional method for diagnosing and determining sudden cardiac death (based on the results of calculating cardiac type of thanatogenesis and the circumstances of death). Traditional forensic medical examination of a corpse, supplemented by spectrophotometry of the pericardial fluid, calculation of discriminant functions, or the use of an artificial neural model that can be easily automated, will speed up and simplify the diagnosis of sudden cardiac death.

Keywords: sudden cardiac death, determination of types of thanatogenesis, myocardial infarction, pericardial fluid, forensic medicine

Известно, что наибольшие сложности возникают в случаях смерти от острых форм ишемической болезни сердца, таких как острая коронарная недостаточность и острый инфаркт миокарда в донекротической стадии, когда смерть наступает на фоне полного благополучия. Одним из основных вопросов, решаемых в ходе проведения судебно-медицинской экспертизы трупов скоропостижно умерших людей, является вопрос о непосредственной причине смерти [1–3].

В последнее время активно внедряются в судебно-медицинскую практику биофизические методы исследования [1, 5, 5]. В предыдущей публикации показана значимость перикардиальной жидкости в диагностике внезапной сердечной смерти человека [3]. Практическое применение полученных результатов нами видится в создании математических моделей, упрощающих диагностику внезапной сердечной смерти в ходе судебно-медицинской экспертизы. В качестве методов нами выбраны искусственные нейронные сети, представляющие собой своеобразный набор нейронов на входе которых подаются данные в сеть, а на выходе выдается результат, указывающий на тип танатогенеза [6], а также методы классификации, основанные на функциях дискриминантного анализа [7].

Цель исследования – изучение взаимосвязи патоморфологических эквивалентов сердечного танатогенеза, оптической плотности перикардиальной жидкости при судебно-медицинской экспертизе внезапной сердечной смерти и создание математических уравнений на основе искусственных нейронных сетей и функциях дискриминантного анализа.

Материалы и методы исследования

Исследование одобрено этической комиссией. Случайным образом выбраны 178 трупов лиц в возрасте от 22 до 90 лет обоих полов с сердечными и несердечными типами танатогенеза. Время от момента наступления биологической смерти человека не превышало одних суток, не обнаруживалось видимых поздних трупных явлений. Исследование проводилось стандартными методами в соответствии с Приказом Минздравсоцразвития России от 12 мая 2010 г. № 346н «Об утверждении Порядка организации и производства судебно-медицинских экспертиз в государственных судебно-экспертных учреждениях Российской Федерации». Секционное исследование для характеристики типов танатогенеза (сердечного, мозгового, легочного, смешанного) дополнялось количественной оценкой патоморфологических эквивалентов, выраженных в баллах [2].

Таблица 1

Балльная оценка патоморфологических эквивалентов

| <i>Баллы</i> | <i>Выраженность признака</i> |
|---------------------|-------------------------------------|
| 0 | Снижено или отсутствует |
| 1 | Норма |
| 2 | Слабо увеличено |

| | |
|---|-----------------------|
| 3 | Выраженно увеличено |
| 4 | Значительно увеличено |

Жидкость из сердечной сорочки бралась при рассечении перикарда в объеме 5 мл стерильным одноразовым шприцем. Спектрофотометрия проводилась сразу же после взятия образцов. Применяли современный однолучевой спектрофотометр СФ-2000 с высокой точностью проводимых измерений в диапазоне волн от 330 до 550 нм в кварцевых кюветах К-10 объемом 1 мл. От каждого трупа набиралось не менее 3 кювет с перикардиальной жидкостью с последующим расчетом среднего значения её оптической плотности.

Критериями для отнесения случаев внезапной смерти к сердечному типу (лево- и правожелудочковый) танатогенеза был комплекс признаков, который удовлетворял всех участвовавших в экспертизе судебно-медицинских экспертов (танатологов, гистологов, химиков, биологов). Этот комплекс признаков использовался и для составления окончательного варианта заключения эксперта (акта исследования трупа).

Все учитываемые факторы вместе с результатами исследования вносились в базу данных, сформированную с помощью программы *Microsoft Excel*, анализ проводили с использованием пакета программного обеспечения *SPSS Statistics* версии 23 (SPSS, Чикаго, Иллинойс, США). Статистическая значимость различий между сравниваемыми группами определялась для независимых групп тестом Манна – Уитни. Критический уровень значимости α был взят за 0,05. Для определения важности предикторов использовались искусственные нейронные сети (многослойный перцептрон).

Результаты исследования и их обсуждение

Скончавшиеся по возрасту распределялись следующим образом: 20–29 лет – 10 (5,6 %), 30–39 лет – 24 (13,5 %), 40–49 лет – 25 (14,0 %), 50–59 лет – 46 (25,8 %), 60–69 лет – 30 (16,9 %), 70–79 лет – 27 (15,2 %), 80–90 лет – 16 (9,0 %). Мужчин было 125 (69,8 %), женщин – 53 (29,6 %). Алкоголь встречался в 69 наблюдениях (38,8 %): легкая степень алкогольного опьянения определена в 14 (20,3 %) случаях, средняя – в 16 (23,2 %), сильная – в 4 (5,8 %), тяжелая – в 20 (29,0 %) случаях, отравление, не совместимое с жизнью, – в 15 (21,7 %) случаях. Внезапная сердечная смерть отмечена в 43 (24 %) случаях. Летальный исход в результате остро возникших осложнений заболеваний сердечно-сосудистой системы отмечен в 92 (51,7 %) случаях, смерть от отравления этанолом в 15 (8,4 %) случаях, механической асфиксии в 37 (20,8 %) случаях, гибель на месте происшествия от механических повреждений, не совместимых с жизнью, произошла в 34 (19,1 %) случаях.

Результаты распределения патоморфологических эквивалентов с учетом балльно-рейтинговой системы представлены в табл. 2.

Таблица 2

Средние значения патоморфологических признаков (в баллах)

| № п.п. | Патоморфологические и гистологические признаки | Mean± Std. Error of Mean |
|--------|--|--------------------------|
| 1. | Головной мозг: гидратация (отек) | 3,01±0,06 |
| 2. | Головной мозг: кровенаполнение (геморрагии) | 2,85±0,06 |
| 3. | Периваскулярное кровоизлияние | 2,51±0,07 |
| 4. | Сердце: левый желудочек гидратация | 3,31±0,06 |
| 5. | Сердце: левый желудочек кровенаполнение | 3,19±0,07 |
| 6. | Сердце: правый желудочек гидратация | 2,70±0,05 |
| 7. | Сердце: правый желудочек кровенаполнение | 2,84±0,06 |
| 8. | Кровенаполнение венозных сосудов (хроническая сердечная недостаточность) | 3,09±0,05 |
| 9. | Гипертрофия кардиомиоцитов | 3,29±0,05 |
| 10. | Легкие: масса | 2,78±0,06 |
| 11. | Легкие: гидратация (отек) | 2,84±0,06 |
| 12. | Легкие: кровенаполнение | 2,88±0,05 |
| 13. | В просвете альвеол экссудат | 2,94±0,05 |
| 14. | Печень: масса | 2,09±0,06 |
| 15. | Печень: гидратация | 1,94±0,05 |
| 16. | Печень: кровенаполнение (застой крови) | 2,17±0,05 |
| | <i>В среднем</i> | 2,78±0,03 |

Из данных, представленных в табл. 2, значительно выделяются следующие признаки: гидратация головного мозга – 3,01±0,06, сердце: гидратация левого желудочка – 3,31±0,06 балла. Наименьшие значения, 1,94±0,05 балла, приходится на гидратацию печени. Средние значения изучаемых патоморфологических эквивалентов соответствовали 2,78±0,03 балла, что указывает на границу слабо увеличенных от нормы признаков и указывает на их заинтересованность для характеристики типов танатогенеза.

Выделены патоморфологические эквиваленты (признаки) сердечного и иных, т.е. несердечных типов танатогенеза. Статистическая обработка полученного численного материала выполнена с использованием непараметрического U-критерия Манна – Уитни, позволяющего выявлять различия в значении параметра между малыми выборками по уровню признаков, измеренных количественно. Статистически значимые различия ($p < 0,05$) признаков 1–5, 7–9, 13–14 отражены в таблице расчетов (табл. 1) и для наглядности в абсолютных величинах в виде диаграммы (рис. 1).

Таблица 3

Уровень значимости непараметрического U-критерия Манна – Уитни, показывающий различия в значении параметров в группе с сердечным и иными типами танатогенеза

| | Null Hypothesis | Test | Sig. | Decision |
|--|-----------------|------|------|----------|
|--|-----------------|------|------|----------|

| | | | | |
|----|---|---|------|-----------------------------|
| 1 | The distribution of гидратация is the same across categories of Tanatos3_Cor. | Independent Samples Mann-Whitney U Test | ,000 | Reject the null Hypothesis. |
| 2 | The distribution of кровенаполнение is the same across categories of Tanatos3_Cor. | Independent Samples Mann-Whitney U Test | ,000 | Reject the null Hypothesis. |
| 3 | The distribution of периваскулярное кровоизлияние is the same across categories of Tanatos3_Cor. | Independent Samples Mann-Whitney U Test | ,000 | Reject the null Hypothesis. |
| 4 | The distribution of гидратация_A is the same across categories of Tanatos3_Cor. | Independent Samples Mann-Whitney U Test | ,002 | Reject the null Hypothesis. |
| 5 | The distribution of кровенаполнение_A is the same across categories of Tanatos3_Cor. | Independent Samples Mann-Whitney U Test | ,010 | Reject the null Hypothesis. |
| 6 | The distribution of гидратация_B is the same across categories of Tanatos3_Cor. | Independent Samples Mann-Whitney U Test | ,193 | Retain the null Hypothesis. |
| 7 | The distribution of кровенаполнение_B is the same across categories of Tanatos3_Cor. | Independent Samples Mann-Whitney U Test | ,004 | Reject the null Hypothesis. |
| 8 | The distribution of кровенаполнение венозных сосудов is the same across categories of Tanatos3_Cor. | Independent Samples Mann-Whitney U Test | ,006 | Reject the null Hypothesis. |
| 9 | The distribution of гипертрофия кардиомиоцитов is the same across categories of Tanatos3_Cor. | Independent Samples Mann-Whitney U Test | ,000 | Reject the null Hypothesis. |
| 10 | The distribution of Легкие масса is the same across categories of Tanatos3_Cor. | Independent Samples Mann-Whitney U Test | ,902 | Retain the null Hypothesis. |
| 11 | The distribution of гидратация_C is the same across categories of Tanatos3_Cor. | Independent Samples Mann-Whitney U Test | ,223 | Retain the null Hypothesis. |
| 12 | The distribution of кровенаполнение_C is the same across categories of Tanatos3_Cor. | Independent Samples Mann-Whitney U Test | ,651 | Retain the null Hypothesis. |
| 13 | The distribution of Просвет альвеол is the same across categories of Tanatos3_Cor. | Independent Samples Mann-Whitney U Test | ,013 | Reject the null Hypothesis. |

| | | | | |
|----|--|---|-------|-----------------------------|
| 14 | The distribution of Печень масса is the same across categories of Tanatos3_Cor. | Independent Samples Mann-Whitney U Test | ,037 | Reject the null Hypothesis. |
| 15 | The distribution of гидратация_D is the same across categories of Tanatos3_Cor. | Independent Samples Mann-Whitney U Test | ,0935 | Retain the null Hypothesis. |
| 16 | The distribution of кровенаполнение_D is the same across categories of Tanatos3_Cor. | Independent Samples Mann-Whitney U Test | ,112 | Retain the null Hypothesis. |

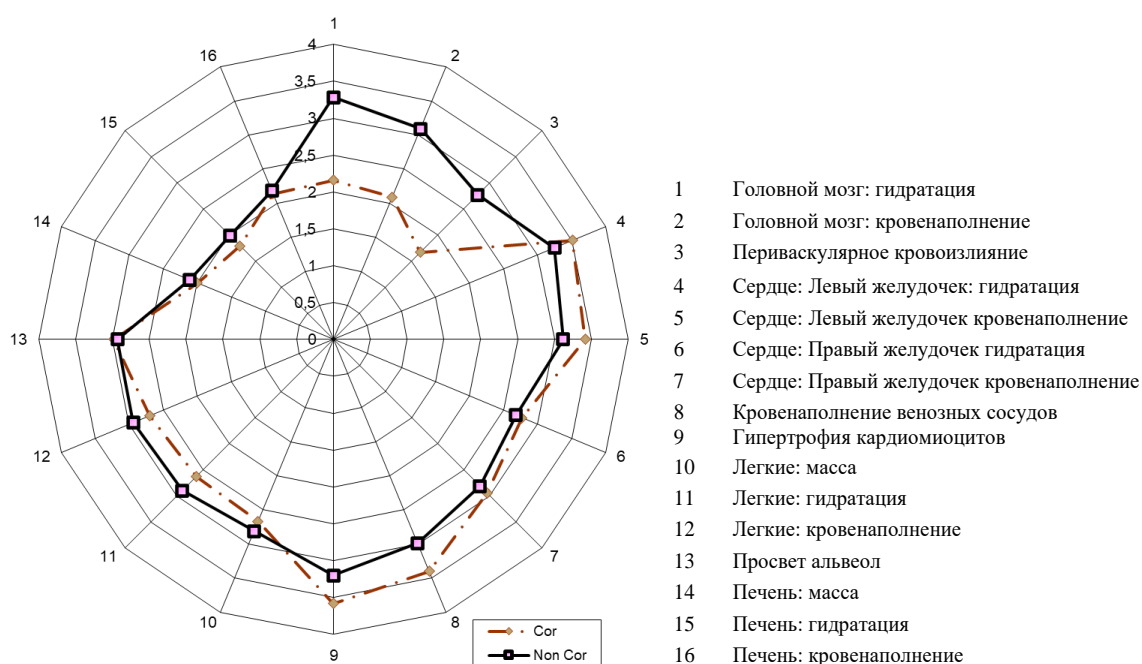


Рис. 1. Диаграмма распределения патоморфологических признаков (эквивалентов) средних значений (в баллах) сердечного типа с иными типами

Следующим шагом анализа стала проверка гипотезы о возможности на основе результатов исследования оптической плотности (D) перикардиальной жидкости и ряда патоморфологических эквивалентов классифицировать сердечный/несердечный тип танатогенеза.

Для задач распознавания образов сердечного типа танатогенеза по патоморфологическим эквивалентам удобнее применять дискриминантный метод, который позволяет выбирать те переменные, которые разделяют наборы данных. Дискриминантный анализ на восьмом шаге итераций программы оставил статистически значимые факторы ($p < 0,05$), которые влияют на увеличение расстояния Махаланобиса между группами с

сердечным/несердечным типом танатогенеза (табл. 4).

Таблица 4

Результаты включения значимых изучаемых параметров в дискриминантную функцию на восьмом шаге программы

| Шаг | Изучаемые показатели | Несердечный тип танатогенеза | Сердечный тип танатогенеза |
|-----|--------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 8 | Увеличенная гидратация | 0,702 | 3,263 |
| | Кровенаполнение венных сосудов | 0,913 | 3,675 |
| | Периваскулярные кровоизлияния | 0,702 | 4,130 |
| | Опт плотность 540 | 0,303 | 3,793 |
| | Опт плотность 410 | 0,311 | 4,228 |
| | Увеличение массы легких | 0,925 | 4,284 |

Распределение канонической дискриминантной функции показано на рис. 2, где наглядно видно разделение сердечного (слева) и несердечного (справа) типов танатогенеза. Наиболее значимыми для верифицирования сердечного типа танатогенеза оказались шесть признаков. Первые из них – повышенная гидратация, увеличенное кровенаполнение венных сосудов, периваскулярные кровоизлияния. Последующими по важности признаками оказались: оптическая плотность перикардиальной жидкости, измеренная в длинах волн света 540 и 410 нм. Далее следует признак увеличенной массы легких трупа. Остальные признаки (алкоголь в крови, место смерти: «улица», «дом/квартира», «автомобиль» и др.) были исключены, как не оказывающие достоверного влияния на расстояние Махаланобиса.

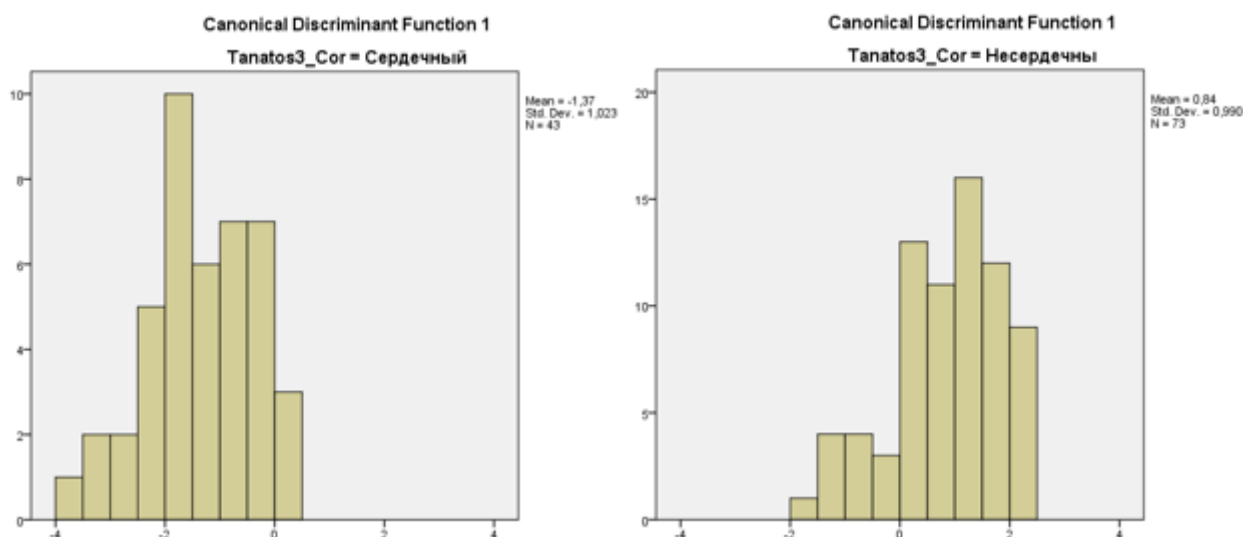


Рис. 2. Каноническая дискриминантная функция при сердечном/несердечном типах танатогенеза

Распределение полученных дискриминантной функцией результатов представлено в

табл. 5. На основании изучаемых признаков удается в 83,6 % корректно осуществить распределение всех случаев в группы в зависимости от отношения к сердечному типу танатогенеза. Из таблицы дискриминантная функция позволяет корректно выделить 76,7 % случаев сердечного типа танатогенеза, в 23,3 % случаев происходит перекрытие со смешанным типом танатогенеза. Несердечный тип танатогенеза корректно выделяется в 87,7 % случаев, а 12,3 % – перекрывается с сердечным типом. В целом можно говорить о возможности систематизации сердечного/несердечного типов танатогенеза, опираясь на рассчитанную нами дискриминантную функцию.

Таблица 5

Классифицирование результатов на основе дискриминантной функции

| Classification Results ^a | | | | | |
|-------------------------------------|-------|----------------------------|---------------|------|-------|
| Tanatos_Cor | | Predicted Group Membership | | | Total |
| | | Несердечный тип | Сердечный тип | | |
| Original | Count | Несердечный тип | 64 | 9 | 73 |
| | | Сердечный тип | 10 | 33 | 43 |
| | % | Несердечный тип | 87,7 | 12,3 | 100,0 |
| | | Сердечный тип | 23,3 | 76,7 | 100,0 |

a. 83,6 % of original grouped cases correctly classified.

Дискриминантный анализ выделил одну функцию, которая описывает 100 % всех случаев ($\text{Chi-square} = 83,8$). Стандартизированные канонические коэффициенты дискриминантной функции приведены в табл. 6. Канонические коэффициенты дискриминантной функции с константой представлены в табл. 7. Функции в групповых центроидах отражены в табл. 8. Новые случаи могут быть рассчитаны на основе дискриминантных функций и отнесены к одному из вариантов танатогенеза с использованием значимых шести признаков.

Таблица 6

Стандартизированные канонические коэффициенты дискриминантной функции

Standardized Canonical Discriminant Function Coefficients

| Признаки | Function |
|----------------------------------|----------|
| | 1 |
| Увеличенная гидратация | 0,67 |
| Периваскулярное кровоизлияние | 0,44 |
| Кровенаполнение венозных сосудов | -0,51 |
| Увеличение массы легких | 0,34 |
| Опт. плотность 410 | 0,62 |
| Опт. плотность 540 | -0,83 |

Таблица 7

Канонические коэффициенты дискриминантной функции

| Признаки | Function |
|--------------------------------|----------|
| | 1 |
| Увеличенная гидратация | 0,84 |
| Периваскулярное кровоизлияние | 0,45 |
| Кровенаполнение венных сосудов | -0,58 |
| Увеличение массы легких | 0,37 |
| Опт. плотность 410 | 1,15 |
| Опт. плотность 540 | -1,95 |
| (Constant) | -2,84 |

Таблица 8

Канонические коэффициенты дискриминантной функции
(Functions at Group Centroids)

| Tanatos_Cor | Function |
|--|----------|
| | 1 |
| Несердечный тип | 0,819 |
| Сердечный тип | -1,371 |
| Unstandardized canonical discriminant functions evaluated at group means | |

Таким образом, функция классификации позволяет корректно классифицировать 83,6 % случаев, при этом для сердечного типа танатогенеза она составила 76,7 %, в 23,3 % случаев происходит перекрытие со смешанным типом танатогенеза. Несердечный тип танатогенеза корректно выделяется в 87,7 % случаев, а 12,3 % приходится на сердечный тип танатогенеза. Опираясь на значения дискриминантной функции, составляем уравнения функции классификации для каждого типа танатогенеза с использованием коэффициентов классификационной функции (табл. 9) статистически значимых признаков.

Таблица 9

Коэффициенты классификационной функции

| Признаки | Тип танатогенеза | |
|--------------------------------|------------------|-----------|
| | Несердечный | Сердечный |
| Увеличенная гидратация | 4,43 | 2,60 |
| Периваскулярное кровоизлияние | 1,94 | 0,94 |
| Кровенаполнение венных сосудов | 2,11 | 3,38 |
| Увеличение массы легких | 4,03 | 3,22 |
| Опт. плотность 410 | 10,43 | 7,93 |
| Опт. плотность 540 | -6,61 | -2,33 |
| (Constant) | -25,71 | -20,61 |

Fisher's linear discriminant functions

Уравнения функции классификации (1.1; 1.2) для сердечного/несердечного типов танатогенеза будут выглядеть следующим образом:

$$\begin{aligned}
\text{CorTanatos} = & \text{Увеличенная гидратация (балл)} \times 2,595 + \\
& + \text{Периваскулярное кровоизлияние(балл)} \times 0,944 + \\
& + \text{Кровенап – ние вен – ых сосуд. (балл)} \times 3,376 + \\
& + \text{Увеличение массы легких(балл)} \times 3,216 + \\
& + \text{Опт. плотность 410} \times 7,925 - \text{Опт плотность 540} \times \\
& \times 2,331 - 20,607
\end{aligned}
\tag{1.1}$$

$$\begin{aligned}
\text{CorNonTanatos} = & \text{Увеличенная гидратация (балл)} \times 4,428 + \\
& + \text{Периваскулярное кровоизлияние(балл)} \times 1,938 + \\
& + \text{Кровенап – ние вен – ых сосуд. (балл)} \times 2,105 + \\
& + \text{Увеличение массы легких(балл)} \times 4,028 + \\
& + \text{Опт. плотность 410} \times 10,433 - \text{Опт плотность 540} \times \\
& \times 6,608 - 25,709
\end{aligned}
\tag{1.2}$$

При наибольшей сумме баллов получается с вероятностью 83,6 % сердечный или несердечный тип танатогенеза.

Для выявления значимых предикторов и построения модели использованы нейронные сети (рис. 3). Искусственная нейронная сеть – это математическая модель вместе с ее аппаратной и программной реализацией, построенная по принципу действия биологической нейронной сети и предназначенная для установления взаимосвязанности данных [6].

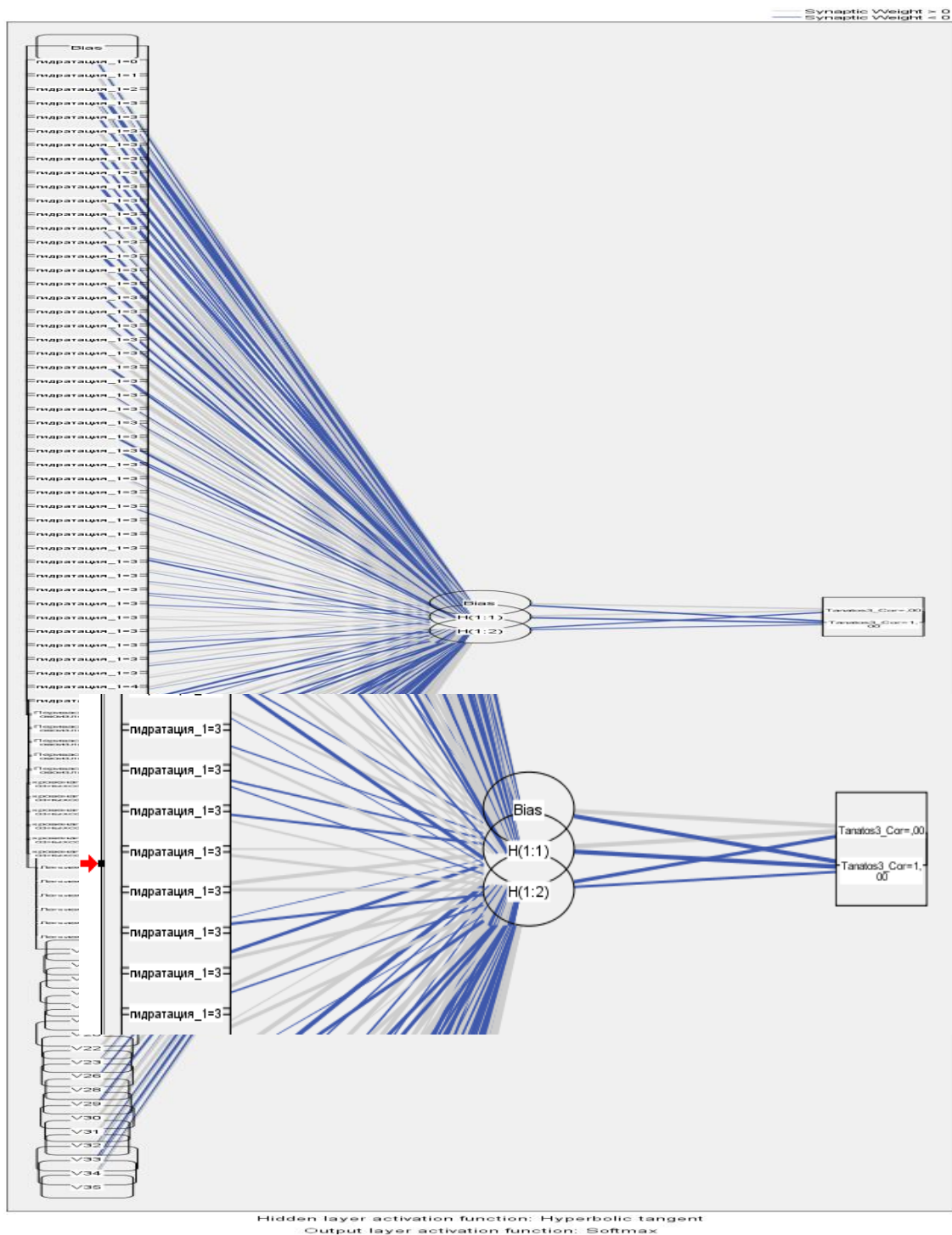


Рис. 3. Модель многослойного перцептрона (на входе изучаемые признаки, на выходе – вариант сердечного/несердечного типа танатогенеза)

По результатам анализа важности предикторов многослойным перцептроном получена модель с более высоким уровнем выявления сердечного типа танатогенеза 96,3 % на обучающей выборке (табл. 10, рис. 4).

Таблица 10

Классифицирование результатов на основе функции модели

многослойного перцептрона

| Classification | | | | |
|----------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|
| Sample | Observed | Predicted | | |
| | | Несердечный тип | Сердечный тип | Percent Correct |
| Training | Несердечный тип | 85 | 11 | 88,5 % |
| | Сердечный тип | 1 | 26 | 96,3 % |
| | Overall Percent | 69,9 % | 30,1 % | 90,2 % |
| Testing | Несердечный тип | 11 | 1 | 91,7 % |
| | Сердечный тип | 1 | 5 | 83,3 % |
| | Overall Percent | 66,7 % | 33,3 % | 88,9 % |
| Holdout | Несердечный тип | 7 | 0 | 100,0 % |
| | Сердечный тип | 2 | 8 | 80,0 % |
| | Overall Percent | 52,9 % | 47,1 % | 88,2 % |

Dependent Variable: Tanatos_Cor

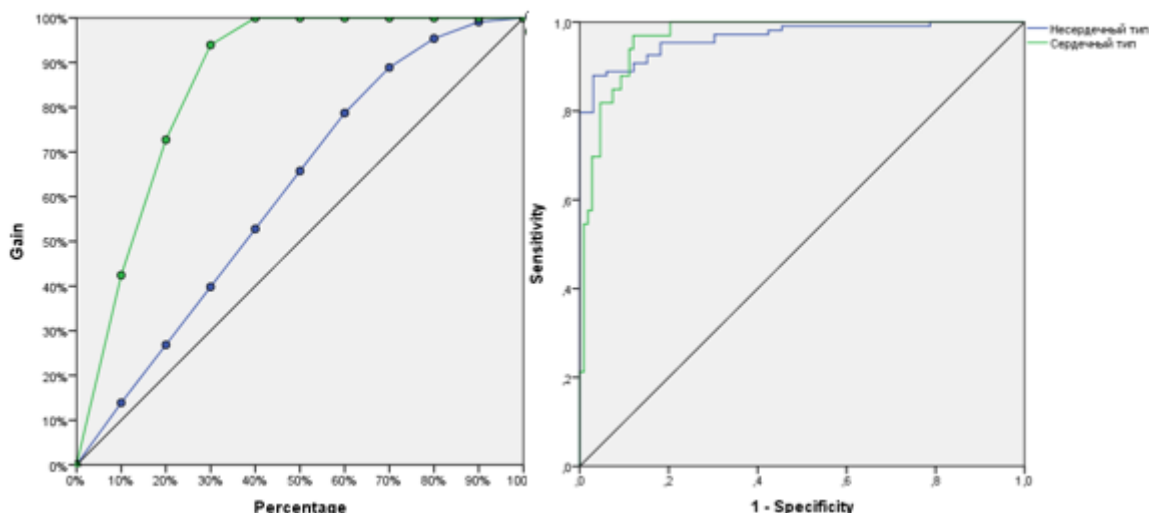


Рис. 4. Графики достижения (gain) выделения (зеленый цвет) сердечного типа танатогенеза и чувствительности (sensitivity) используемых предикторов

Таким образом, алгоритм с расчетом дискриминантных уравнений и определением диагностических признаков, как и использование модели на основе многослойного перцептрона, предназначенного для практических целей, применим как дополнительный метод для постановки диагноза и определения внезапной сердечной смерти (опираясь на полученные результаты расчета сердечного типа танатогенеза и обстоятельства наступления смерти). Традиционное судебно-медицинское исследование трупа, дополненное спектрофотометрией перикардиальной жидкости, расчетом дискриминантных функций или применением искусственной нейронной модели, которые легко могут быть

автоматизированы, позволят ускорить и упростить постановку диагноза внезапной сердечной смерти.

Список литературы

1. Imazio M., Biondo A., Ricci D., Boffini M., Pivetta E., Brucato A., Giustetto C., De Ferrari G.M., Rinaldi M. Contemporary biochemical analysis of normal pericardial fluid. *Heart*. 2020. Vol. 106. No. 7. P. 541–544.
2. Тимофеев И.В. Патология лечения. Руководство для врачей. СПб.: Северо-Запад, 1999. 656 с.
3. Халиков А.А., Канзафарова Г.А., Поздеев А.Р., Кузнецов К.О. Изучение оптической плотности перикардальной жидкости трупов при различных типах танатогенеза // *Современные проблемы науки и образования*. 2021. № 2. С. 146.
4. Берестовская В.С. Перикардальная жидкость как объект исследования сердечных маркеров при внезапной сердечной смерти: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Санкт-Петербург, 2002. 21 с.
5. Халиков А.А., Аминова Г.М., Кузнецов К.О., Искужина Л.Р., Халикова Л.В. Влияние факторов индивидуальности (пол, возраст, категория смерти) на показатели биофизической объективизации прижизненных повреждений гнилобно измененного трупа // *Судебно-медицинская экспертиза*. 2021. Т. 64. № 4. С. 25–29.
6. Баганова З.А., Магомедова П.О., Алипова М.М. Искусственные нейронные сети // *Вопросы устойчивого развития общества*. 2021. № 4. С. 412–431.
7. Zhang Zh.-Y., Liu J. Dynamic Raman Fusion Spectroscopy For Rapid Quality Discriminant Analysis Of Red Wine. *Zurnal Prikladnoj Spektroskopii*, 2020. No 1. P. 116–121.