

Министерство здравоохранения РФ

Российская медицинская академия
последипломного образования

В.Г. Вилков

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ГИПЕРТОНИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ И
НЕЙРОЦИРКУЛЯТОРНОЙ ДИСТОНИИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ
ГЕМОДИНАМИКИ ПРИ ОРТОСТАТИЧЕСКОЙ ПРОБЕ

Москва

1999

У пациентов без характерных для гипертонической болезни (ГБ) поражений органов-мишеней дифференциальная диагностика с нейроциркуляторной дистонией гипертензивного типа (НЦД) представляет сложную задачу, имеющую, однако, важное практическое значение. Характерные для НЦД лабильность гемодинамических показателей, повышенные потливость и утомляемость, неустойчивая температура тела, парестезии, головокружение, дискомфорт в области сердца и т.п. [6, 14, 12] трудно объективно оценить и представить в количественном выражении.

Одним из возможных путей решения указанной задачи может быть использование функциональных нагрузочных проб, в частности ортостатической. Известно, что при ортостатическом воздействии значительно снижается сердечный выброс, увеличиваются частота сердечных сокращений (ЧСС) и периферическое сопротивление сосудов [13, 8, 16, 22, 1]. При этом ауторегуляторные механизмы направлены на обеспечение стабильного уровня среднего динамического артериального давления (СрАД) [16, 19]. Вышеизложенное свидетельствует о возможности использования ортостатических изменений показателей центральной гемодинамики для диагностики нарушений регуляции артериального давления (АД). При ортостатической пробе наблюдается значительное повышение активности симпато-адреналовой и ренин-ангиотензин-альдостероновой систем [2, 13, 3], причем у лиц с ранними стадиями артериальной гипертонии описано усиление по сравнению со здоровыми экскреции норадреналина нервными окончаниями и адреналина надпочечниками [20]. На фоне ортостатического воздействия ослабляются сосудорасширяющие и усиливаются сосудосуживающие эффекты, чувствительность к катехоламинам повышается, а к гипотензивным агентам - понижается [17, 18]. Изложенное выше позволяет предположить, что ортостатическая проба может быть информативной при дифференциальной диагностике НЦД, для которой характерны выраженные нарушения вегетативной регуляции.

Искусственная нейронная сеть (ИНС) представляет собой совокупность простых процессорных элементов (нейронов), которые объединены связями (си-

напсами). ИНС принимает из внешнего мира входные сигналы, пропускает их сквозь себя с преобразованиями в каждом процессорном элементе, конечным результатом является определенный выходной сигнал. Решение принимается на основании обучения, при этом нет необходимости устанавливать взаимосвязи между входными параметрами и искомым решением. В отличие от большинства традиционных статистических методов практически не имеют значения линейность связей и характер распределения, менее жесткие требования предъявляются и к объему выборки [15, 7].

Применение ИНС оправдано для решения задач, в которых невозможно учесть все определяющие ответ условия, можно лишь выделить набор предположительно наиболее существенных условий. Ответ при этом неизбежно носит приблизительный характер, а алгоритм его нахождения не может быть точно определен. Для обучения ИНС требуется достаточное количество примеров с известными ответами [7].

Вышеизложенное характерно для большинства медицинских задач, включая задачи диагностики и дифференциальной диагностики. Они как правило имеют несколько вариантов решения и "нечеткий" характер ответа, что соответствует принципу функционирования ИНС и способу выдачи ими результата.

Цель настоящей работы - оценить возможности использования технологии ИНС для дифференциальной диагностики ГБ и НЦД по показателям гемодинамики при ортостатическом воздействии.

Методика

Обследован 161 пациент (133 мужчины и 28 женщин) с НЦД (средний возраст $22,0 \pm 7,3$ лет; $M \pm SD$) и 117 больных (91 мужчина и 26 женщин) ГБ I стадии ($32,0 \pm 12,1$ лет). При разграничении групп руководствовались рекомендациями [6, 14, 12, 5, 24].

В состоянии относительного покоя в горизонтальном положении тела (исходное состояние - ИС) и на 1, 3, 5, 10 мин активной ортостатической пробы (АОП) методом Н.С. Короткова измеряли систолическое и диастолическое АД (САД и ДАД), регистрировали ЭКГ в 12 общепринятых отведениях и тетрапо-

лярную грудную реограмму по [21]. ЧСС рассчитывали по ЭКГ, СрАД, ударный, сердечный индексы (УИ, СИ) и удельное периферическое сопротивление (УПС) - по общепринятым формулам [10]. Описанными ранее способами оценивали соотношение УПС и СИ по разности фактического и должного УПС (величине УПСр) и реакцию АД на ортостатическое воздействие по разности фактической и должной величин прироста СрАД при АОП (величине Δ СрАДр) [4].

Использовали поликардиографы типа "Мингограф-34" и реоплетизмограф РПГ 2-02.

В группах рассчитывали средние величины (M) и стандартные отклонения (SD).

Для решения задачи классификации строили многослойные ИНС, которые реализовывали на персональном IBM-совместимом компьютере с использованием программного обеспечения, разработанного научной группой НейроКомп [7].

Характеристическая функция нейрона имела вид

$$f(X) = X/(c + |X|),$$

где X - сигнал, поступающий на нейрон;

c - константа, называемая характеристикой нейрона.

ИНС обучали на выборке из 141 пациента с НЦД и 97 больных ГБ I стадии. В качестве входных параметров ИНС использовали пол, возраст, рост, вес и величины показателей гемодинамики в ИС и при АОП. Тестирование ИНС проводили на выборке из 20 лиц с НЦД и 20 больных ГБ I стадии. Все имеющиеся примеры были разделены на обучающую и тестовую выборки случайным образом.

Результаты и их обсуждение

Из таблицы 1 видно, что средние величины САД, ДАД и СрАД в горизонтальном и вертикальном положениях тела достоверно выше в группе больных ГБ I стадии по сравнению с группой лиц с НЦД. При ГБ больше по сравнению с НЦД выражено повышение фактических величин УПС и прироста СрАД при АОП по отношению к их должным величинам, о чем свидетельствуют большие средние величины УПСр и Δ СрАДр. Различия средних величин УИ, СИ, УПС и

пульсового АД в исследованных группах были недостоверными.

Несмотря на наличие достоверных различий между группами по АД, УПСр и Δ СрАДр, основанные на этих показателях одномерные критерии не позволяют с приемлемой для медицинской практики долей ошибок осуществлять дифференциальную диагностику НЦД и ГБ I стадии у отдельного индивида в связи с выраженной внутригрупповой вариабельностью показателей гемодинамики. Это иллюстрируется представленными на рисунке 1 полигонами распределений величин некоторых гемодинамических показателей. Из рисунка видно, что в группах НЦД и ГБ I стадии эти полигоны в значительной степени перекрываются.

Проведенные исследования показали, что применение ИНС в принципе позволяет решить задачу дифференциальной диагностики НЦД и ГБ I стадии по показателям центральной гемодинамики при АОП. Используя эти показатели в качестве входных параметров ИНС-классификаторы оказались способны к полному обучению за несколько тысяч циклов, что свидетельствует о наличии связывающих входные параметры и результат закономерностей [7].

При тестировании ИНС с различными входными параметрами выявлено, что исключение из числа последних показателей, требующих определения сердечного выброса, лишь незначительно ухудшает экстраполяционные способности ИНС - доля ошибок увеличивается в среднем на 1%. Обучение сети замедляется при этом приблизительно на 1/3. Однако необходимы данные о величинах АД как в горизонтальном, так и вертикальном положениях тела. Хотя различия между группами по средним величинам ЧСС недостоверны (таблица 1), исключение этого показателя из числа входных параметров делает невозможным полное обучение ИНС. В данном случае незначимый при изолированном использовании показатель оказывается необходимым для решения задачи классификации в многомерном признаковом пространстве.

Существует концепция, согласно которой в функционировании сердечно-сосудистой системы выделяют стабильный (постоянный) и пульсирующий (изменяющийся) компоненты, отражаемые соответственно средним динамическим

и пульсовым АД [23]. Нами проведено сравнение экстраполяционных способностей ИНС, использующих в числе входных параметров САД и ДАД либо среднее динамическое и пульсовое АД. В последнем случае средняя ошибка тестирования не изменялась или несколько увеличивалась. Следовательно, для дифференциальной диагностики НЦД и ГБ по данным АОП использование среднего динамического и пульсового АД вместо САД и ДАД нецелесообразно.

В результате проведенных исследований для использования в качестве входных параметров ИНС были отобраны следующие показатели:

- * пол, возраст, рост и вес;
- * САД, ДАД и ЧСС в ИС и при АОП;
- * разность фактической и должной величин прироста СрАД при АОП с учетом его исходного уровня (показатель $\Delta\text{СрАДр}$) [4].

Подбор параметров ИНС осуществляли посредством поэтапного увеличения количества нейронов, характеристики нейрона и уровня надежности, упрощение ИНС не производилось. Для решения поставленной задачи потребовалась трехслойная ИНС с 10 нейронами в каждом слое.

С использованием двух различных обучающих выборок было построено 20 ИНС с указанными выше параметрами, для полного обучения которых потребовалось в среднем 3,5 тыс. циклов. В 80% случаев эти ИНС обеспечили классификацию пациентов с НЦД и ГБ I стадии в тестовых выборках с долей ошибок не более 30% (в среднем 28%). Однако для разных ИНС доля ошибок тестирования варьировала в широких пределах - от 20% до 45%.

Близкие результаты были получены при использовании четырехслойных ИНС с 9 нейронами в каждом слое - доля ошибок тестирования в 80% случаев составила не более 32,5% (в среднем 29%) с варьированием от 20% до 40%.

Заключение

Использование технологии искусственных нейронных сетей обеспечивает возможность дифференциальной диагностики протекающей с гипертензивным синдромом НЦД и гипертонической болезни I стадии по изменениям основных показателей центральной гемодинамики при ортостатической пробе с долей

ошибок порядка 28%.

Для этого необходимо измерение АД и ЧСС в горизонтальном и вертикальном положениях тела, а также использование показателя, характеризующего индивидуальную реакцию АД на ортостаз с учетом его исходного уровня. Исключение из числа входных параметров нейронной сети базирующихся на определении сердечного выброса показателей практически не ухудшает результаты дифференциальной диагностики.

Величина оценки ошибки обобщения при использовании для решения задачи настоящего исследования разных ИНС с одинаковыми стартовыми параметрами значительно варьирует. Поэтому при разработке базирующихся на нейросетевой технологии диагностических систем целесообразно строить несколько вариантов ИНС с последующим их тестированием на различных выборках.

Литература

1. *Аронов Д.М., Лупанов В.П., Рогоза А.Н., Лопатин Ю.М.* Функциональные пробы в кардиологии: Функциональные пробы, основанные на локальных воздействиях на нервные окончания и направленном изменении венозного возврата крови: Лекция VII // Кардиология. - 1996. - Т. 36. - № 7. - С. 77-82.
2. *Белкания Г.С.* Проблемы космической биологии: Функциональная система антигравитации. - М.: Наука, 1982. - 290 с.
3. *Вебер В.Р.* Вегетативная регуляция центральной гемодинамики в активном ортостазе // Физиология человека. - 1983. - Т. 9. - № 6. - С. 939-941.
4. *Вилков В.Г.* Способ оценки изменений артериального давления при ортостатическом воздействии // Рукопись депонирована в Гос. центральной научной медицинской библиотеке, № 22671. - М., 1992. - 36 с.
5. *Всероссийское научное общество кардиологов:* Классификация артериальных гипертензий: Структура и комментарии // Российский кардиологический журнал. - 1996. - № 6. - С. 41-49.
6. *Гогин Е.Е., Сененко А.Н., Тюрин Е.И.* Артериальные гипертензии. - Л.: Медицина, 1978. - 272 с.
7. *Горбань А.Н., Дунин-Барковский В.Л., Кирдин А.Н. и др.* Нейроинформатика. - Новосибирск: Наука, 1997. - 433 с.
8. *Дарцмелия В.А., Белкания Г.С.* Типологическая характеристика гемодинамических состояний в ортостатике у здоровых лиц // Космическая биология и авиакосмическая медицина. - 1985. - Т. 19. - № 2. - С. 26-33.
9. *Ежов А., Чечеткин В.* Нейронные сети в медицине // Открытые системы. - 1997. - № 4. - 8 с.
10. Инструментальные методы исследования сердечно-сосудистой системы (Справочник) / Под ред. Т.С. Виноградовой. - М.: Медицина, 1986. - 416 с.
11. *Ластед Л.* Введение в проблему принятия решений в медицине. Перевод с английского. - М.: Мир, 1971. - 282 с.
12. *Маколкин В.И., Аббакумов С.А., Сапожникова А.А.* Нейроциркуляторная

- дистония (клиника, диагностика, лечение). - Чебоксары: Чувашия, 1995. - 249 с.
13. *Осадчий Л.И.* Положение тела и регуляция кровообращения. - Л.: Наука, 1982. - 144 с.
 14. *Сорокина Т.А.* Нейроциркуляторная дистония. - Рига, 1979. - 176 с.
 15. *Уоссермен Ф.* Нейрокомпьютерная техника. - М.: Мир, 1992.
 16. *Франке И., Брожайтене Ю., Жилюкас Г., Тидт Н.* Исследование вариабельности артериального давления во время пассивной ортостатической пробы // Теория и практика автоматизации кардиологических исследований: Материалы симпозиума. - Каунас, 1986. - С. 260-269.
 17. *Шош Й., Гати Т., Чалаи Л., Деши И.* Патогенез больной цивилизации. - Будапешт, 1976. - 156 с.
 18. *Baumann R., Schnabel W., Ziprian H.* Klinisch experimentelle untersuchungen der Wirkung eims defimerter psychoemotionalen stress bei der arteriellen hypertonie sugenelicher. In: Stress, Neurose und Herz-Kreislauf. - Berlin, 1977. - S. 43-52.
 19. *Benowitz N.L., Zevin S., Carlsen S. et al.* Orthostatic hypertension due to vascular adrenergic hypersensitivity // Hypertension. - 1996. - V. 28. - № 1. - P. 42-46.
 20. *Januszewicz W., Sznajderman M., Wocial B et al.* Реакция симпатической системы на ортостаз при пограничной и стабильной гипертонии // Cor et Vasa. - 1982. - V. 24. - № 6. - P. 430-441.
 21. *Kubicek W., Karnegis J., Patterson R. et al.* Development and evaluation of an impedance cardiac output system // Aerospace Med. - 1966. - V. 37. - № 12. - P. 1208-1212.
 22. *Lansimies E.A., Rouhald E.* Orthostatic tolerance and aerobic capacity // Aviat. Space Environ. Med. - 1986. - V. 57. - № 12. - Sec. 1. - P. 1158-1164.
 23. *Safar M.E.* Pulse pressure in essential hypertension: clinical and therapeutical implications // J. Hypertens. - 1989. - V. 7. - P. 769-776.
 24. *World Health Organisation: Hypertension control. Report of a WHO Expert Committee.* - Geneva: World Health Organisation, 1996. - 104 p.

Рис. 1. Полигоны распределений величин: А - СрАД в ИС (мм рт.ст.); В - ΔСрАД (мм рт.ст.); С - УПСр при АОП ($\text{дин} \cdot \text{с} \cdot \text{см}^{-5} \cdot \text{м}^2$); D - ЧСС при АОП ($\text{уд} \cdot \text{мин}^{-1}$).

Сплошной и прерывистой линиями показаны полигоны для групп НЦД и ГБ I стадии соответственно.

По оси абсцисс - величины соответствующих показателей; по оси ординат - частота (%).

Таблица 1

Средние величины показателей гемодинамики в группах лиц с НЦД и больных ГБ I стадии при АОП ($M \pm SD$)

Показатель	Положение тела	Группа		<i>p</i>
		НЦД <i>n</i> = 161	ГБ I стадии <i>n</i> = 117	
САД, мм рт.ст.	ИС	127,6 ± 13,6	135,1 ± 13,9	0,0001
	АОП	123,3 ± 14,6	134,2 ± 14,9	0,0001
ДАД, мм рт.ст.	ИС	76,4 ± 10,9	85,6 ± 9,7	0,0001
	АОП	82,4 ± 9,9	91,7 ± 10,6	0,0001
СрАД, мм рт.ст.	ИС	93,4 ± 10,2	102,1 ± 9,5	0,0001
	АОП	95,9 ± 10,2	105,9 ± 10,9	0,0001
ЧСС, уд · мин ⁻¹	ИС	73,2 ± 17,7	76,5 ± 13,1	0,07
	АОП	92,7 ± 17,1	91,9 ± 17,1	0,72
УПСр, дин · с · см ⁻⁵ · м ²	ИС	-21 ± 491	267 ± 372	0,0001
	АОП	74 ± 418	454 ± 431	0,0001
ΔСрАДр, мм рт.ст.		5,8 ± 9,9	10,5 ± 10,0	0,0001

Примечание. *p* - уровень значимости различий между группами по *t*-критерию Стьюдента.