



ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВИ У ПАЦИЕНТОВ С ПЕРЕМЕЖАЮЩЕЙСЯ ХРОМОТОЙ И САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ

АКТУАЛЬНОСТЬ

Тканевой микрокровооток обладает выраженной вариабельностью, что сопровождается низкой временной и пространственной воспроизводимостью его параметров. Анализ параметров нелинейной динамики функциональной системы в организме дает более полное представление о его нестандартном поведении, позволяя оценить основные параметры ее: энтропию и фрактальность.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучить изменения параметров нелинейной динамики микроциркуляции у пациентов с перемежающейся хромотой (ПХ) и сопутствующим сахарным диабетом (СД).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Обследовано 60 пациентов мужского пола с ангиографически подтвержденным облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей (медианный возраст 63,0 [59,0; 68,0] года), с синдромом ПХ IIБ стадии (по А.Б. Покровскому) и лодыжечно-плечевым индексом $<0,85$. Все пациенты были разделены на 2 группы: 1 – пациенты, не страдающие СД ($n=45$) и 2 – с сопутствующим СД ($n=15$) без клинических проявлений микроангиопатии. Группы были равнозначны по возрасту и основным клиничко-anamnestическим данным. Пациенты получали базовую терапию, включающую аспирин, статины и при необходимости гипотензивные препараты. Всем пациентам исследовали микроциркуляцию (МЦ) кожи тыльной поверхности стопы пораженной конечности методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ). Проводилась количественная оценка параметров нелинейной динамики ЛДФ-грамм - исследовалась фрактальность, величина энтропии и состояние фазового портрета: D_0 – размерность Хаусдорфа, D_2 – корреляционная размерность, D_{2h} – корреляционная размерность, нормированная по энергии колебаний кровотока, H_0 – относительная энтропия, H_i – энтропия-информация, E_0 – относительная энергия, R/S – нормированный размах Херста. Статистический анализ. Распределение показателей оценено с помощью критерия Шапиро-Уилка и отличалось от нормального. Для анализа их различий использовали критерий Вилкоксона. Полученные результаты представлены в виде медианы и интерквартильного размаха (25; 75 процентиля).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В исследовании было показано, что сочетание ПХ с СД сопровождается снижением значений фрактальной размерности, свидетельствующим об ограничении количества факторов, оказывающих влияние на тканевую гемоперфузию, делая МЦ более ригидной и функционально менее лабильной. Снижение при этом сложности структуры ЛДФ-сигнала и уменьшение выраженности хаотизации системы указывают на ограничение ее компенсаторно-адаптивного потенциала. Изучение нелинейной природы физиологических систем является перспективным направлением, позволяющим получить принципиально новую, дополнительную информацию.

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Наибольшие сдвиги показателей нелинейной динамики выявлены у пациентов 2 группы по сравнению с пациентами 1 группы при изучении фрактальной размерности (D_0) и индекса Херста (R/S). Фрактальная размерность отражает нерегулярность, изменчивость процесса и служит индикатором количества факторов, оказывающих влияние на систему МЦК. Индекс Херста дает представление об изменении динамики перфузии во времени. Хотя в обеих рассматриваемых группах пациентов показатель R/S оставался менее 1, что указывает на регулярный повторяемый характер динамики гемоперфузии, у пациентов с сочетанием ПХ с СД наблюдалось еще большее статистически значимое снижение показателей фрактальной размерности: D_0 1,19 [1,17; 1,24] ед против 1,26 [1,21; 1,32] ед ($p=0,022$) у пациентов 1 группы (рис. 1) и R/S 0,63 [0,38; 0,88] ед против 0,90 [0,65; 1,18] ед ($p=0,043$) соответственно (рис. 2). Этот факт свидетельствует о повышении ригидности системы устойчивости к действию факторов регуляции и ограничению их количества. Уменьшение сложности организации системы, упрощение механизмов контроля ее функционирования сопровождается уменьшением адаптивного потенциала микрососудистого русла. На фоне снижения параметров фрактальной динамики отмечается уменьшение величины нормированных показателей хаотического поведения системы (H_i) с 0,03 [0,03; 0,05] ед у пациентов 1 группы до 0,02 [0,02; 0,04] ед у пациентов 2 группы ($p=0,046$) (рис. 3). Одной из важных характеристик динамической системы является оценка ее фазового портрета, т.е. движение точки, определяющей состояние системы в некоторый момент времени. Совокупность точек фазового портрета представляет собой корреляционную связь между разной величиной перфузии. Во 2 группе пациентов наблюдалась тенденция к увеличению величины корреляционной размерности (D_2), не достигшая, однако, уровня статистической значимости. Подобную ориентацию корреляционной размерности у пациентов с ПХ и СД можно объяснить наличием у них диабетической нейропатии различной степени выраженности, сопровождающейся частичной блокадой симпатической регуляции МЦ.

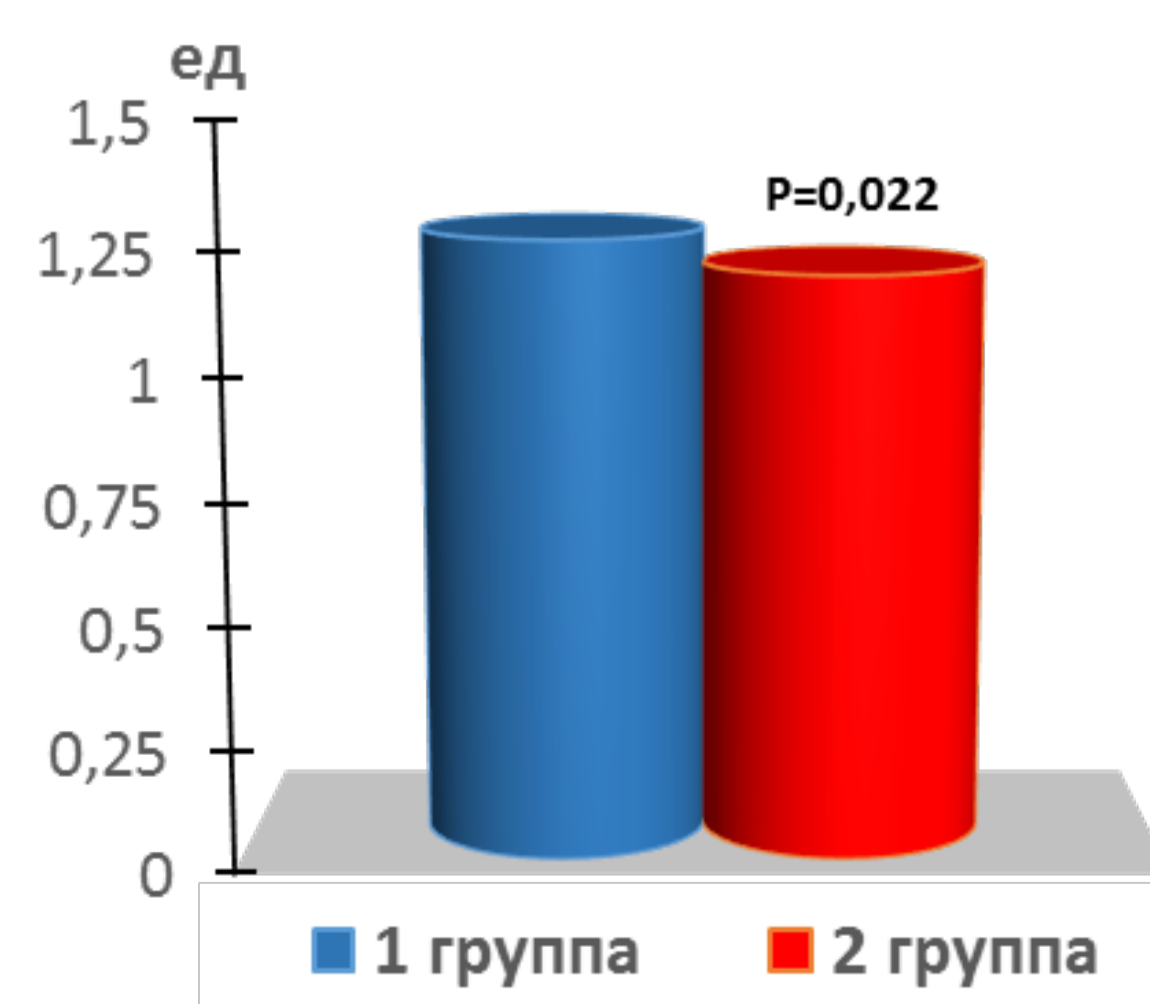


Рис. 1. Динамика показателя D_0 у пациентов 1 и 2 групп.

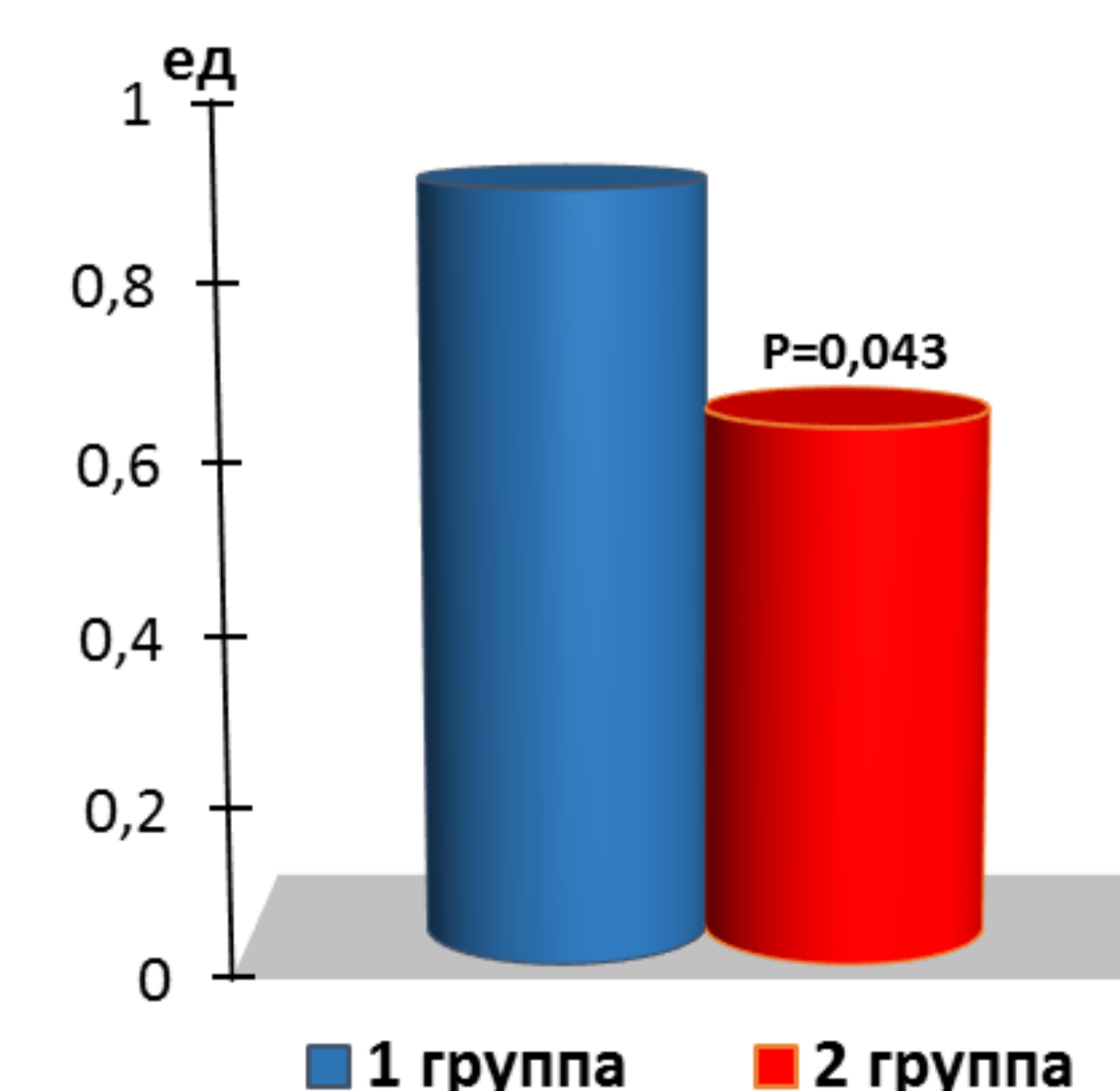


Рис. 2. Динамика показателя R/S у пациентов 1 и 2 групп.

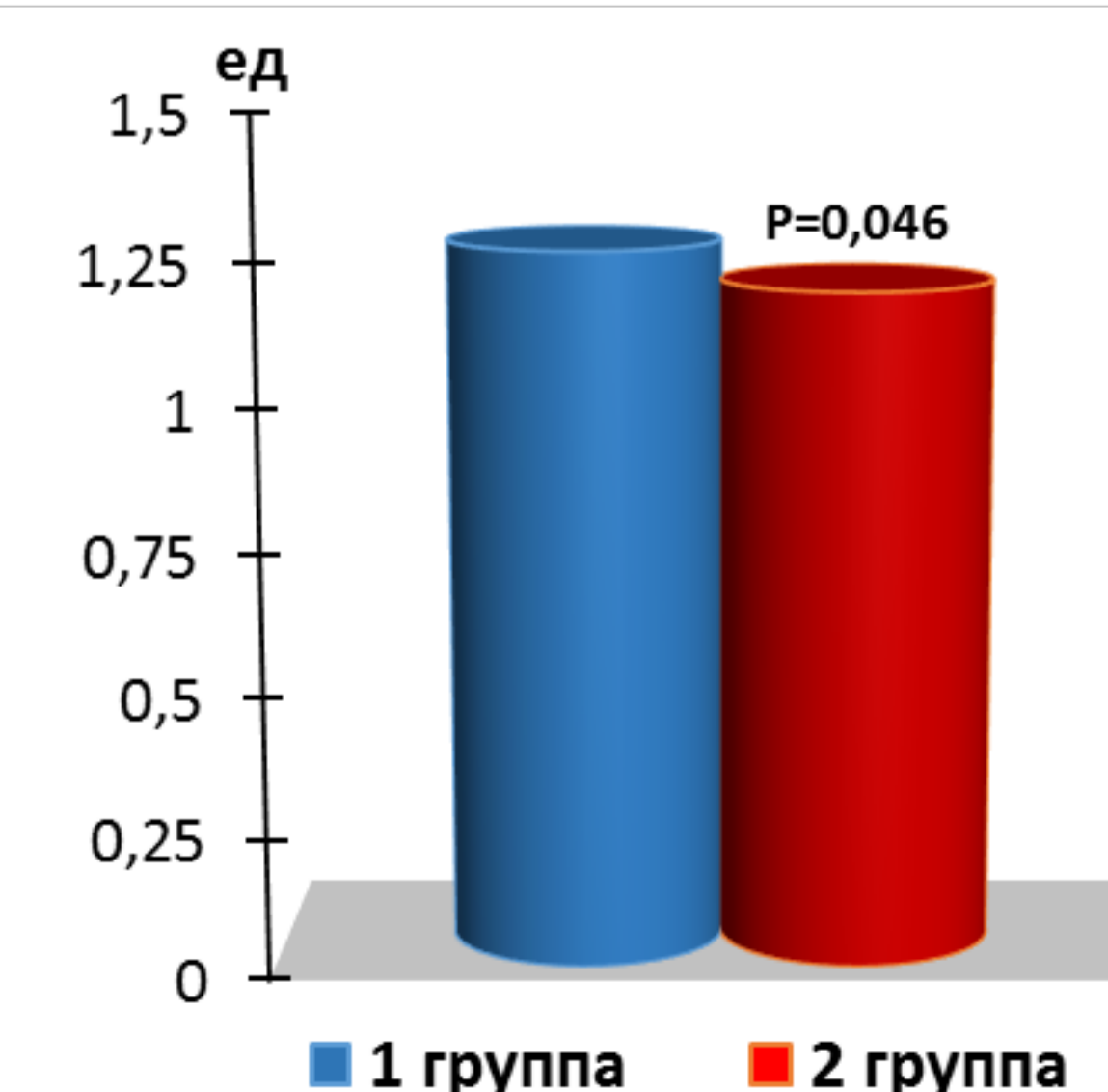


Рис. 3. Динамика показателя H_i у пациентов 1 и 2 групп.