

УДК 612.135-057.87

ВИВЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ МІКРОЦИРКУЛЯЦІЇ КРОВІ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ ЛАЗЕРНОЇ ДОПЛЕРІВСЬКОЇ ФЛОУМЕТРІЇ

Горбань Д. Д.

Вивчення особливостей мікроциркуляції крові за допомогою методу лазерної доплерівської флоуметрії.- Горбань Д. Д.-Експериментальне дослідження включало вивчення функціонального стану мікроциркуляції крові за допомогою інноваційного методу лазерної доплерівської флоуметрії (ЛДФ). За допомогою ЛДФ визначали: параметр мікроциркуляції, середнє квадратичне відхилення (СКВ) реєстрованих доплерівських сигналів та коефіцієнт варіації (Kv), а також зроблений аналіз амплітудно-частотного спектру різних ритмічних коливань кровотоку. Це дозволяло оцінити стан тканинного кровотоку та виявити індивідуально-типологічні особливості мікроциркуляції крові. Серед обстежених студентів було виявлено три типи ЛДФ-грам, які відповідають різним типам мікроциркуляції крові: нормоемічний, гіперемічний тип та гіпоемічний тип. Вивчаючи індивідуально-типологічні особливості мікроциркуляції крові при проведенні запису ЛДФ-грам у 192 студентів, у більшості з них переважно реєструвалася монотонна високоамплітудна ЛДФ-грама II типу, що відповідала гіперемічному типу мікроциркуляції крові.

Ключові слова: параметр мікроциркуляції крові, лазерна доплерівська флоуметрія (ЛДФ), ЛДФ-грами, амплітудно-частотний аналіз.

Адреса: Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, 72312, Україна, Запорізька обл., м. Мелітополь, вул. Гетьманська, 20; e-mail: dashadaf@yandex.ua

The study of blood microcirculation functional state by means of Laser Doppler flowmetry method.- Horban D.- The experimental research consisted of the study of blood microcirculation functional state by means of Laser Doppler flowmetry (LDF) method. We researched: the parameter of microcirculation of tissue blood; the level of vibrations of tissue blood; coefficient of variation (Kv). It helped to evaluate the state of tissue blood-circulation and to reveal individual-typological peculiarities of blood microcirculation. According to LDF three types of blood microcirculation were revealed: normoemic, hyperemic, and hypoemic types. 192 were surveyed young men and female students Melitopol Bohdan Khmelnytskyi State Pedagogical University, aged from 17 to 22 years. The obtained results showed that at most of students high-amplitude LDF with the expressed vasomotors' waves of the second order mainly was registered.

Key words: parameter of microcirculation of tissue blood, Laser Doppler flowmetry (LDF), type of LDF.

Address: Melitopol Bohdan Khmelnytskyi State Pedagogical University, 20, Hetman Street, Melitopol, 72312 Ukraine; e-mail: dashadaf@yandex.ua

Вступ

Важливе місце при діагностиці функціонального стану організму посідає дослідження мікроциркуляції крові. Мікроциркуляторна ланка є підсистемою судинного русла, в якій реалізується забезпечення транскапілярного обміну і реакції його на вплив факторів навколишнього середовища. Стан обміну речовин і функціонування будь-якого органу безпосередньо визначається адекватним станом мікроциркуляції крові. З іншого боку, будь-який патологічний процес протікає з різними змінами у мікроциркуляторному руслі. Стан мікроциркуляції визначає адекватність трофічного забезпечення

капілярного кровотоку і резерви підтримки гомеостазу всіх систем організму людини. У патогенезі багатьох захворювань величезну роль відіграє зміна кровотоку у мікроциркуляторному руслі (Решетнев, Глико 2011).

Тому, цілком очевидно, що зміни у системі мікроциркуляції крові тісно корелюють зі зрушенням в центральній гемодинаміці. Це дозволяє використовувати дані критерії в оцінюванні загального фізичного розвитку і стану здоров'я. На даний час, одним з основних методів вивчення мікроциркуляції крові є лазерна доплерівська флоуметрія (ЛДФ), що являє собою метод інтегральної неінвазивної оцінки стану

мікроциркуляторної гемодинаміки у капілярах і є актуальним методом діагностики мікроциркуляторних розладів (Абрамович, Машанская 2010).

На сьогодні, світова практика вивчення мікроциркуляції крові частіше основана на дослідженнях процесів мікроциркуляції при патологічних процесах. Такі вчені як, Friese R. S., Edwards K.M. (2011) проводять дослідження мікроциркуляції крові при гіпертензії. Mills P.J., Heller M.J., Lefkowitz R.B., Schmid-Schönbein G.W. (2010) вивчають ферментні фракції крові. Shoucri B.M., Edwards K.M. (2011) розглядають спадково-детерміновані параметри мікроциркуляторного русла.

Оцінка рівня мікроциркуляції крові у здорових людей в процесі онтогенезу широко вивчається Козловим В. І., Литвином Ф. Б., Морозовим М. В. та іншими (2012). У роботах цих вчених фундаментально наведені індивідуально-типологічні особливості мікроциркуляції крові у дітей, підлітків та юнаків, функціональна перебудова мікроциркуляторного русла в процесі онтогенезу, особливості резерву капілярного кровотоку при проведенні різних функціональних проб у спортсменів. Дослідження з вивчення тканинного кровотоку здорової людини за допомогою методу лазерної доплерівської флоуметрії проводилися Трибрат Н. С. та Чуян О. М. (2014).

Незважаючи на великий інтерес і актуальність вивчення процесів мікроциркуляції крові, на сьогодні, недостатня кількість нормативних показників параметрів тканинного кровотоку у здорових людей при використанні методу лазерної доплерівської флоуметрії (ЛДФ). Тому, досить актуальним залишається питання вивчення особливостей мікроциркуляції крові у студентів в залежності від їх індивідуально-типологічних особливостей.

Метою нашого дослідження було виявити індивідуально-типологічні особливості мікроциркуляції крові у людей юнацького віку.

Матеріал та методи

У ході роботи було обстежено 192 осіб-добровольців віком 17-22 років, студентів Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького, які постійно проживають на південному сході України. Дослідження проводилися відповідно до сучасних вимог біоетики.

З метою вивчення функціонального стану мікроциркуляції крові був використаний метод лазерної доплерівської флоуметрії (ЛДФ), що дозволяло оцінити стан тканинного кровотоку та виявити ознаки зміни мікроциркуляції під впливом різних чинників.

ЛДФ здійснювали лазерним аналізатором кровотоку «ЛАКК-01» з лазерним джерелом випромінювання на довжині хвилі 0,63 мкм. Голівка оптичного зонду (датчика приладу) фіксувалась на вентральній поверхні 4-го пальця лівої руки; рука містилася на рівні серця. Тривалість стандартного запису складала 4 хвилини. Всі записи ЛДФ-грами робились у першій половині дня. Записи ЛДФ-грам робилися відповідно до методичних рекомендацій: «Методика лазерної доплерівської флоуметрії» (Козлов, Азизов 2012).

Комп'ютерна програма обробки ЛДФ-грами дозволяла визначити наступні характеристики мікроциркуляції крові: параметр мікроциркуляції, середнє квадратичне відхилення (СКВ) реєстрованих доплерівських сигналів та коефіцієнт варіації (Kv).

Результати

Вивчаючи індивідуально-типологічні особливості мікроциркуляції крові при проведенні запису ЛДФ-грам у 192 студентів, у більшості з них переважно реєструвалася монотонна високоамплітудна ЛДФ-грама II типу, що відповідала гіперемічному типу мікроциркуляції крові (рис. 1).

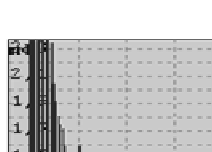
Параметр мікроциркуляції (ПМ) тканинного кровотоку у групі обстежених осіб у середньому складав $11,67 \pm 4,4$ перф. од. Рівень коливань тканинного кровотоку (СКВ) дорівнював $2,03 \pm 0,39$ перф. од. Коефіцієнт варіації (Kv) у середньому мав значення $23,39 \pm 5,71$.

Отримані дані свідчили про різний внесок ритмічних складових коливань тканинного кровотоку. Найсуттєвіший внесок (46,9%) належав дуже низькочастотним коливанням VLF, амплітуда яких коливалась від 0,7 до 16,12 перф. од., у середньому складала $4,52 \pm 0,69$ перф. од., та низькочастотним коливанням LF (36,5%), амплітуда яких коливалась від 0,57 перф. од. до 10,67 перф. од., у середньому їх амплітуда дорівнювала $3,49 \pm 0,62$ перф. од.

Високочастотні HF коливання кровотоку, зумовлені дихальними коливаннями, не перевищували 5,24 перф. од., їх амплітуда у середньому дорівнювала $1,23 \pm 0,24$ перф. од., що складало 12,5% від потужності всього спектру.

Амплітуда серцевих коливань CF найнижча – від 0,1 до 1,97 перф. од., у середньому – $0,39 \pm 0,06$ перф. од., що складало 4,1% від потужності всього спектру.

В обстежених студентів було виявлено три типи ЛДФ-грам, які відповідають різним типам мікроциркуляції крові.



Діапазон частот	VLF 2...3	LF 4...12	HF 13...30	CF 50...99
A _{max}	4,64	3,08	1,51	0,37
A _{max} /3σ · 100%	81,84	54,33	26,63	6,53
A _{max} /M · 100%	14,92	9,91	4,86	1,19

Рис. 1. Типова ЛДФ-грама: у верхній частині рисунка показаний її амплітудно-частотний спектр та величини амплітуд у різних частотах

Примітки: A – амплітуда коливань: VLF – метаболічних, LF – вазомоторних, HF – дихальних, CF – пульсових.

Перший тип («аперіодична» ЛДФ-грама) характеризувався нерегулярними коливаннями кровотоку з достатньо високою амплітудою та вираженими вазомоторними хвилями (хвилі другого порядку). Така ЛДФ-грама відображає високий рівень коливань рухливості еритроцитів у тканинах. Цьому типу ЛДФ-грами відповідав нормоемічний тип мікроциркуляції крові. До даного гемодинамічного типу було віднесено 33,3% усіх досліджуваних осіб.

Параметр мікроциркуляції (ПМ) варіювався від 4,59 до 13,84 перф. од., складаючи у середньому $10,41 \pm 3,46$ перф. од. Значення середнього квадратичного (СКВ) відхилення реєструвалося від 0,63 до 7,06 перф. од., у середньому мав значення $2,43 \pm 0,99$ перф. од. Коефіцієнт варіації коливався від 9,1 до 54,68, у середньому дорівнював $23,57 \pm 8,41$. Даний тип був характерним для збалансованого стану механізмів «активної», яка має зв'язок з

симпатичними впливами, та «пасивної», що має зв'язок з парасимпатичними впливами, регуляцією коливань тканинного кровотоку.

Другий тип («монотонна» ЛДФ-грама) характеризувався високою амплітудою параметру мікроциркуляції крові. Значення параметру мікроциркуляції (ПМ) варіювалося від 8,38 до 37,76 перф. од., складаючи у середньому $20,62 \pm 4,71$ перф. од. Значення середнього квадратичного відхилення (СКВ) коливалося від 0,45 до 6,36 перф.од., маючи середнє значення $2,41 \pm 0,99$ перф. од. Коефіцієнт варіації (Kv) мав значення від 4,08 до 32,73, у середньому дорівнюючи $11,97 \pm 5,11$.

Даний тип ЛДФ-грами відповідав гіперемічному типу мікроциркуляції крові, який спостерігався у випадку збільшення притоку крові та пов'язаний з деякою дилатацією мікросудин, зумовленою відносним послабленням у регуляції тканинного кровотоку

симпатичних впливів. Із усіх обстежуваних до другого типу було віднесено 48,4%.

Студенти, які мали третій тип («монотонна» ЛДФ-грама з низьким параметром мікроциркуляції) склали 18,3% від всієї виборки обстежених студентів. Цей вид ЛДФ-грами відповідав гіпоемічному типу мікроциркуляції, який характеризувався зниженням притоку крові у мікроциркуляторне русло та підвищеним тонусом мікросудин, що виникає внаслідок підвищення симпатичних нейрогенних впливів. Параметр мікроциркуляції (ПМ) дорівнював від 2,38 до 5,5 перф. од., у середньому – 3,88±0,83 перф. од. Значення середнього квадратичного відхилення (СКВ) варіювалося від 0,41 до 2,15 перф. од., у середньому – 1,22±0,52 перф. од. Показник K_v мав значення від 5,9 до 47,34, у середньому – 34,61±17,68. Цей тип ЛДФ-грами відповідав стану, під час якого відзначається відносно підсилення симпатичних впливів у регуляції тканинного кровотоку, що призводить до спазму судин прекапілярної ланки та обмеженню притоку крові у мікроциркуляторне русло.

Аналізуючи внески в потужність амплітудно-частотного спектру різних ритмічних коливань кровотоку, необхідно зазначити, що для всіх типів ЛДФ-грам максимальний внесок відзначено з боку VLF-коливань. Максимальним він був у студентів з гіпоемічним типом мікроциркуляції крові (III тип ЛДФ-грами) – 48,8%, для студентів з нормоемічним та гіперемічним типами мікроциркуляції (I та II типи ЛДФ-грам) даний показник склав 47,2% та 45,8% відповідно. Амплітуда VLF-коливань для ЛДФ-грам I типу реєструвалася у інтервалі від 1,51 до 16,12 перф. од., у середньому – 5,11±2,21 перф. од. Амплітуда VLF-коливань для ЛДФ-грам II типу коливалася від 0,88 до 13,08 перф. од., середнє значення – 5,31±2,32 перф. од. Значення амплітуди VLF-коливань для III типу дорівнювало від 0,7 до 5,99 перф. од., у середньому – 3,12±1,65 перф. од.

Внесок LF-коливань у потужність амплітудно-частотного спектру у досліджуваних з різними типами ЛДФ-грам складав: у студентів з нормоемічним типом мікроциркуляції крові (I тип ЛДФ-грам) – 36,9%, у студентів з гіперемічним типом мікроциркуляції (II тип ЛДФ-грам) – 36,2% та у студентів з гіпоемічним типом мікроциркуляції крові (III тип ЛДФ-грам) – 35,2%. Амплітуда LF-коливань для ЛДФ-грам I типу реєструвалася у інтервалі від 1,05 до 9,72 перф. од., маючи середнє значення 4,02±1,69 перф. од. Амплітуда LF-коливань для ЛДФ-грам II типу коливалася від 0,72 до 10,67 перф. од., у середньому складаючи – 4,19±1,7 перф. од. Значення амплітуди LF-коливань для

ЛДФ-грам III типу дорівнювало від 0,57 до 4,19 перф. од., у середньому – 2,25±1,07 перф. од.

Внесок HF-коливань у потужність спектру у студентів з I та II типами ЛДФ-грам (нормоемічний та гіперемічний типи мікроциркуляції крові) дорівнював 12,1% та 13,8% відповідно, а у студентів з III типом ЛДФ-грам (гіпоемічний тип мікроциркуляції крові) цей показник не перевищував 11,8%. Значення амплітуди HF-коливань для ЛДФ-грам I типу дорівнювало від 0,38 до 3,23 перф. од., у середньому – 1,31±0,54 перф. од. Амплітуда HF-коливань для ЛДФ-грам II типу коливалася від 0,22 до 5,24 перф. од., у середньому – 1,62±0,58 перф. од. Амплітуда HF-коливань для ЛДФ-грам III типу варіювалася від 0,28 до 1,55 перф. од., середнє значення було 0,75±0,31 перф. од.

Внесок SF-коливань для студентів з II та III типами ЛДФ-грам (гіперемічний та гіпоемічний типи мікроциркуляції крові) був однаковий та складав по 4,2%, а при I типі ЛДФ-грам (нормоемічний тип мікроциркуляції крові) він знижувався до 3,8%. Амплітуда SF-коливань для ЛДФ-грам I типу коливалася від 0,11 до 0,89 перф. од., середнє значення було 0,41±0,18 перф. од. Значення амплітуди SF-коливань для ЛДФ-грам II типу складало від 0,1 до 1,97 перф. од., маючи середнє значення 0,51±0,17 перф. од. Амплітуда SF-коливань для ЛДФ-грам III типу варіювалася від 0,1 до 0,52 перф. од., середнє значення складало 0,27±0,11 перф. од.

Висновки

Таким чином, було прослідковано індивідуально-типологічні особливості мікроциркуляції крові. За допомогою ЛДФ-метрії у осіб юнацького віку були виявлені три типи ЛДФ-грам, що відповідають різним типам мікроциркуляції крові: I тип ЛДФ-грами – нормоемічний тип мікроциркуляції крові, який характеризувався суперпозицією коливальних ритмів та відображав збалансованість механізмів регуляції мікроциркуляції крові; II тип – гіперемічний тип, для якого характерна «монотонна» ЛДФ-грама з високим параметром мікроциркуляції, що відображає відносно переважання метаболічних механізмів у регуляції мікроциркуляції крові; III тип – гіпоемічний тип, для якого характерна «монотонна» ЛДФ-грама з низьким показником параметру мікроциркуляції, що відображає зниження вазомоторних механізмів у регуляції мікроциркуляції крові. У більшості з обстежених студентів переважно реєструвалася монотонна високоамплітудна ЛДФ-грама II типу (48,4%), що визначалася як гіперемічний тип мікроциркуляції крові.

-
- АБРАМОВИЧ, С.Г., МАШАНСКАЯ, А.В. (2010). Лазерная доплеровская флоуметрия в оценке микроциркуляции у здоровых и больных людей. *Сибирский медицинский журнал*, Том 92. №01, С. 158-163.
- КОЗЛОВ, В.И., АЗИЗОВ, Г.А. (2012). *Лазерная доплеровская флоуметрия в оценке состояния и расстройств микроциркуляции крови*. РУДН ГНЦ лазер.мед., Москва, 32 с.
- РЕШЕТНЕВ, В.Г., ГЛИКО, Л.И. (2011). *Индивидуальные показатели системы кровообращения*. Эко-Пресс, Москва, 208 с.
- ЧУЯН, Е.Н., ТРИБРАТ, Н.С. (2014). Миогенные реакции микроциркуляторного русла кожи при действии низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты. *Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского*. Сер. Биология, химия, 27(66), №1, 197-206.
- FRIESE, R.S., SCHMID-SCHÖNBEIN, G.W., O'CONNOR, D.T. (2011). Systematic Polymorphism Discovery After Genome Wide Identification Of Potential Susceptibility Loci In A Hereditary Rodent Model Of Human Hypertension. *Blood Pressure*, 20(4), 178-181.
- LEFKOWITZ, R.B., SCHMID-SCHÖNBEIN, G.W., HELLER, M.J. (2010). Whole Blood Assay For Trypsin Activity Using Polyanionic Focusing Gel Electrophoresis. *Electrophoresis*, 31 (14), 2442-2451.
- SHOUCRI, B.M., EDWARDS, K.M., SCHMID-SCHÖNBEIN, G.W., MILLS, P.J. (2011). Plasma Stimulated Pseudopod Formation Is Increased In Patients With Elevated Blood Pressure. *Hypertension Research Official Journal Of The Japanese Society Of Hypertension*, 34(6), 96-101.

Отримано: 10 грудня 2017 р.

Прийнято до друку: 19 грудня 2017 р.