

ПИТЕЛЬ А.А., МИРОНЮК А.Д.

Вплив гіпервентиляції на динаміку PetCO₂ при пробах із затримкою дихання

*Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького,
м. Черкаси*

Анотація. Щоб оцінити стан системи зовнішнього дихання зазвичай використовують проби з затримкою дихання. Існує мало досліджень особливостей газообміну при затримках дихання з попередньою гіпервентиляцією. Тому проаналізовано динаміку змін рівня PetCO₂ та оксигенації артеріальної крові упродовж проб із затримкою дихання з та без попередньої гіпервентиляції у здорових молодих чоловіків.

Ключові слова: гіпервентиляція, CO₂, затримка дихання, PetCO₂.

Вступ. Відомо, що гіпервентиляція призводить до вимивання CO₂ з організму та зниження рівня PetCO₂. [6]. Втрата CO₂ при гіпервентиляції веде до зсуву кислотно-лужної рівноваги в бік газового алкалозу та викликає звуження коронарних і периферичних судин, судин мозку, кишечника, печінки, нирок і розширення судин скелетних м'язів. Відбувається перерозподіл регіонального кровообігу, в той час спостерігається зниження коронарного і мозкового кровотоку. Більшість досліджень розглядає, що більша частина пацієнтів з гострим інсультом є гіпокапнічними [2, 5]. Встановлено, що коронарний кровотік лінійно корелює з PaCO₂ у широкому діапазоні значень (10 – 90 мм рт. ст.). Разом з тим доведено, що CO₂ здійснює збуджуючий вплив на симпатичну систему як за відсутності ритмічної дихальної активності, так і незалежно від підпорогової тонічної інспіраторної активності у котів. [1]. Було проведено дослідження на немовлятах з різним рівнем PetCO₂ (30 – 50 мм рт. ст.), які перенесли операцію міжшлуночкової перегородки, не мали суттєвої різниці гемодинамічних показників. Показано, що існують типологічні особливості за рівнем цього показника у стані спокою у здорових молодих чоловіків та його реактивності на гіпервентиляцію [1, 3]. Однак досліджень впливу проб із затримкою дихання на PetCO₂ надзвичайно мало.

Тому **мета роботи** - проаналізувати динаміку змін рівня PetCO₂ та оксигенації артеріальної крові упродовж проб із затримкою дихання з та без попередньої гіпервентиляції у здорових молодих чоловіків.

Матеріал та методи дослідження. Вимірювання здійснені на 76 здорових молодих чоловіках віком 18 – 23 роки (в середньому 19,87±0,15 років) за умов наближених до стану основного обміну. Проводили записи рівня CO₂ в боковому потоці на капнографі Datex Normocap (Datex, Finland). Реєстрували цей показник 5 хвилин у спокої лежачи, 5 хвилин після затримки дихання на напіввдиху, упродовж 5 хвилинного регламентованого дихання з частотою 30 циклів за хвилину, 5 хвилин після затримки дихання на напіввдиху. За капнограмою, рівнем атмосферного тиску та вологістю повітря оцінювали рівень CO₂ в кінці видиху (PetCO₂), частоту дихання (ЧД), співвідношення тривалості вдиху до тривалості видиху (R_{іе}). За методом сигмального

відхилення виділяли три групи осіб за рівнем PetCO₂: I – PetCO₂<32,7 мм рт. ст. II – PetCO₂ – 32,7–36,2 мм рт. ст., III – PetCO₂>36,2 мм рт. ст.

Результати дослідження та їх обговорення. Проведення експериментальних впливів призводило до суттєвих зрушень PetCO₂ у вимірюваних осіб. На рис. 1 представлений фрагмент оригінального запису напруження CO₂ у здорового молодого чоловіка віком 19 років.

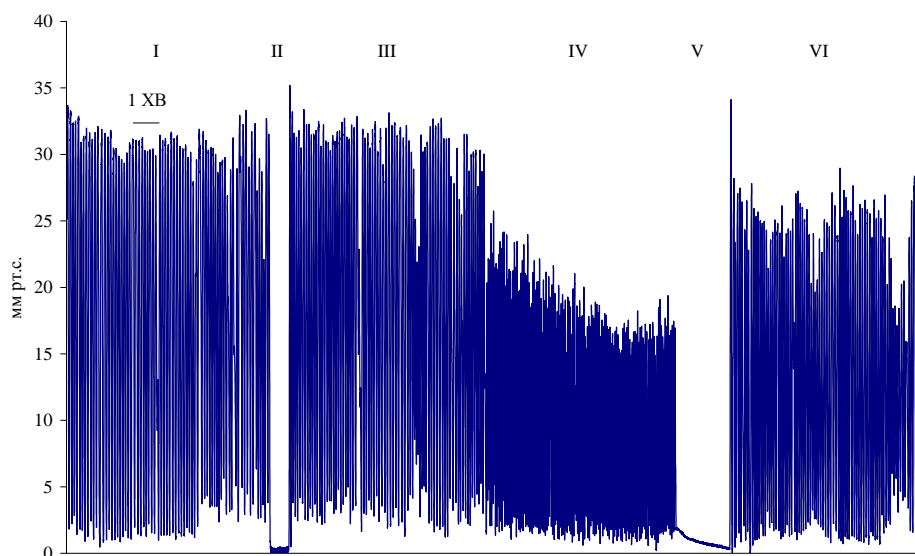


Рис.1. Фрагмент оригінального запису (№ 56) капнограми дихання під час спокою (I), затримки дихання (II), відновлення (III), проби з регламентованим диханням (частота дихання – 30 циклів за хвилину) (IV), затримки дихання (V) та відновного періоду (VI).

Так у спокої лежачи на видиху його рівень в середньому складав 31,2 мм рт. ст. та після проби затримки дихання майже не змінювався. При пробі гіпервентиляції спостерігали закономірне суттєве зниження рівня PetCO₂ до 18,3 мм рт. ст. Після другої затримки дихання, що тривала значно більше ніж перша, відбувалось зниження PetCO₂ у порівнянні з рівнем після першої затримки. Амплітуда та динаміка змін рівня CO₂ у різних осіб при якісному аналізі капнограм відрізнялась у різних осіб.

Тому аналізували кількісні показники змін капнограми після затримок дихання. Так зміни ЧД та R_{ie} упродовж відновлення як після першої затримки дихання так і другої вірогідно не відрізнялись від їх значень у спокої лежачи. Більш суттєвими були зрушення PetCO₂ (рис. 2). У спокої цей показник склав 34,48±0,40 мм рт. ст., після першої затримки дихання вірогідно знижувався максимально на 5 хвилині відновлення до 32,96±0,43 мм рт. ст. (p<0,01). Гіпервентиляція призводила до його зниження до 22,97±0,40 мм рт. ст. (p<0,001). Після другої затримки дихання до 5 хвилині відновлення рівень PetCO₂ був нижчим ніж у спокої (31,23±0,46 мм рт. ст., p<0,001) та у порівнянні з відповідним часовим періодом відновлення після першої проби. Реактивність цього показника у ці часові періоди складала відповідно 1,57±0,23 мм рт. ст. та -3,21±0,30 мм рт. ст. (p<0,001).

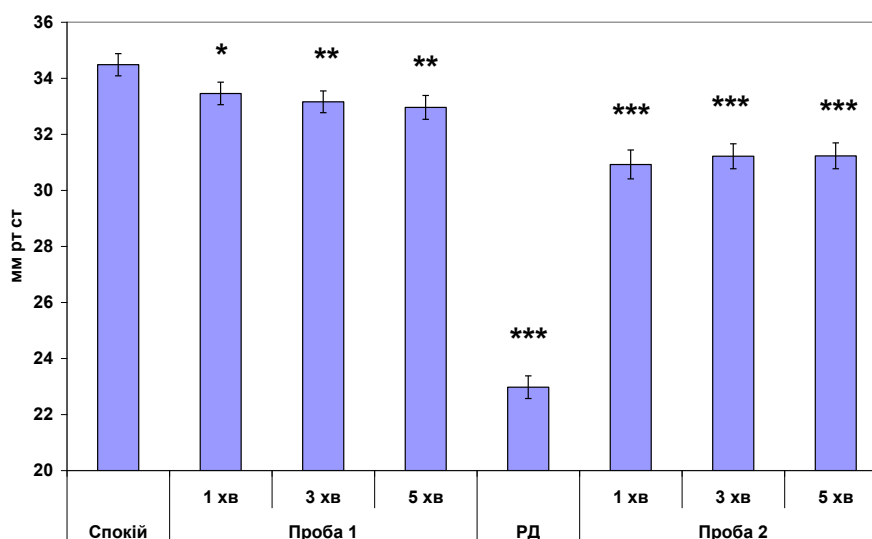


Рис. 2. Динаміка PetCO₂ при проведенні проб із затримкою дихання. * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$ у порівнянні з рівнем у спокої

Таким чином проба із затримкою дихання після гіпервентиляції потенціє зменшення рівня вуглекислого газу в артеріальній крові.

Звертає на себе увагу значна девіантність змін PetCO₂ на проби у різних осіб (сV від 81% до 182%), наявність реакцій як збільшення так і зменшення (у значно більшій амплітуді).

Рівень оксигенації крові в спокої склав $98,43 \pm 0,08\%$. Під час затримок дихання рівень цього показника вірогідно знижувався відповідно до $97,64 \pm 0,20\%$ ($p < 0,001$) та $96,84 \pm 0,28\%$ ($p < 0,001$). Амплітуда реактивності на другу пробу була більшою ніж на першу (відповідно $-0,80 \pm 0,18\%$ та $-1,59 \pm 0,29\%$, $p < 0,01$). Тривалість затримок дихання дорівнювала під час першої проби $33,78 \pm 2,24$ с та була значно меншою ніж друга ($62,99 \pm 3,31$ с, $p < 0,001$).

Отже, проби із затримкою дихання суттєво впливають як на рівень CO₂ у артеріальній крові так і в певній мірі знижують оксигенацію крові. Гіпервентиляція перед затримкою дихання потенціє ці реакції. Існують суттєві індивідуальні особливості в реактивності таких фізіологічних показників.

Одним із можливих факторів, що обумовлюють девіантність реакцій при затримках дихання може бути вихідний рівень PetCO₂ у стані спокою. Як було показано у дослідженнях В.А. Завгородньої [6] цей показник є відтворюваний та існують типологічні групи.

Візуальний аналіз гістограми розподілу та визначення його нормальності за критерієм χ^2 , показала, що показник PetCO₂ розподілений нормально. Тому визначили три групи, межами котрих були значення $M \pm B$ (I група до 32,7 мм рт. ст.; II група від 32,7 до 36,2 мм рт. ст.; III група більше 36,2 мм рт. ст.).

На рис 3. представлено реактивність PetCO₂ при затримках дихання у осіб з різним його вихідним рівнем. Так після проби затримки дихання його рівень в середньому під час 5 хвилинного відновлення вірогідно знижувався у II та III групи у порівнянні з I. Амплітуда цього зниження у III групі на 3-й хвилині

було більшим ніж у II. У продовж проби з гіпервентиляцією реєстрували закономірне суттєве зростання рівня реактивності PetCO₂, найбільш виражене у III групі (-13,48 мм рт. ст., p<0,001). Після другої затримки дихання, відбувалось зменшення PetCO₂ у порівнянні з рівнем після першої затримки у всіх групах. На 5-й хвилині відновлення відмінності у реактивності цього показника у групах нівелювались.

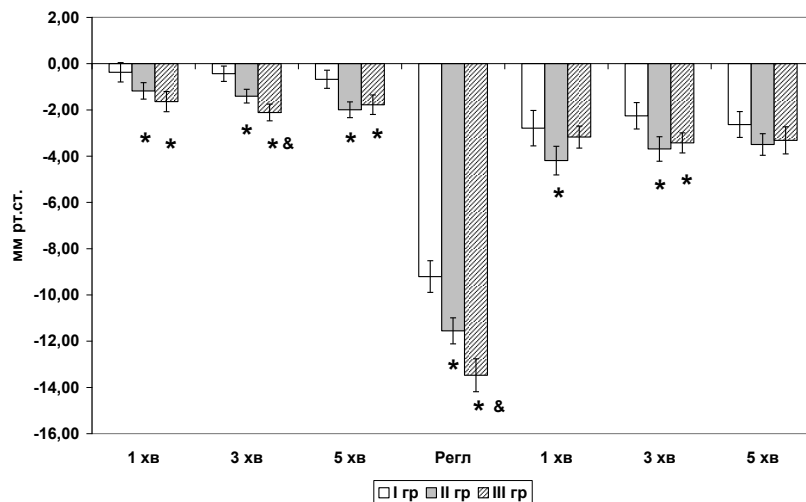


Рис 3. Реактивність PetCO₂ при затримках дихання у осіб з різним його вихідним рівнем. I – PetCO₂ <32,7 мм рт. ст., II - PetCO₂ – 32,7–36,2 мм рт. ст., III – PetCO₂ >36,2 мм рт. ст.; * – p<0,05 у порівнянні з I; & – p<0,05 у порівнянні з II.

Таким чином, після проби з затримкою дихання у осіб з відносно малим PetCO₂ не відбувалось його зниження на відміну від осіб з відносно середнім та високим рівнем. Застосування гіпервентиляції перед затримкою дихання потенціює ці реакції та через віддалений період відновлення нівелює їх рівень у різних групах.

Висновки:

1. Проби із затримкою дихання без та після гіпервентиляції суттєво впливають на рівень напруження CO₂ та оксигенації артеріальної крові, проба з затримкою дихання після гіпервентиляції потенціює зменшення PetCO₂ та HbO₂ в артеріальній крові за рахунок збільшення часу затримки дихання. Існують суттєві індивідуальні особливості в реактивності таких фізіологічних показників.
2. Після проби із затримкою дихання в осіб з відносно малим PetCO₂ не відбувалось його зниження на відміну від осіб з відносно середнім та високим рівнем. Застосування гіпервентиляції перед затримкою дихання потенціює ці реакції та через віддалений період відновлення нівелює їх рівень у різних групах.
3. Вихідний рівень PetCO₂ у стані спокою суттєво впливає на час затримки дихання та оксигенацію артеріальної крові при цьому, після гіпервентиляції спостерігається потенціювання реакції зниження HbO₂ у осіб з відносно низьким його рівнем.

Перспективи подальших досліджень. Полягають у з'ясуванні судинних механізмів отриманих в нашому дослідженні феноменів при пробах із затримками дихання без та після гіпервентиляції.

Література

1. Drogovoz S. M., Shtrygol S. Yu., Kononenko A. V., Zupanets M. V., Shtroblya A. L. Mekhanyzm deystviya karboksyterapyu. Farmakologiya ta likarska toksykologiya. 2016; 6 (51):12-20. doi: <https://doi.org/10.24959/ubphj.18.192>.
2. Gryshyn, O. V., Averko, N. N., Zhylyna, Y. G., Gryshyn, V. G., & Kovalenko, Yu. V. Psykhogennaya odyshka y gypokapnyya u bolnykh yshemycheskoy boleznyu serdtsa do y posle koronarnogo shuntyrovannya. Angyologyya y sosudystaya khyrurgyya. Patologyya krovoobrashchenyya y kardyokhyrurgyya. 2012; 1: 39-42.
3. Lyzogub V. G., Savchenko A. V., Zapeka J. S., Baytser M. S. Rol vuglekyslogo gazu v organizmi lyudyny. Pershyy nezalezhnyy naukovyy visnyk. 2015; 4: 29-32.
4. Premont, R. T., Reynolds, J. D., Zhang, R., & Stamler, J. S. Role of nitric oxide carried by hemoglobin in cardiovascular physiology: developments on a three-gas respiratory cycle. *Circ Res.* 2020; 126(1): 129-58. doi:10.1161/circresaha.119.315626
5. Salinet, A. S. M., Minhas, J. S., Panerai, R. B., Bor-Seng-Shu, E., & Robinson, T. G. Do acute stroke patients develop hypocapnia? A systematic review and meta-analysis. *Journal of the Neurological Sciences.* 2019; 402: 30-39. doi: 10.1016/j.jns.2019.04.038
6. Zavgorodnya V. A. Indyvidualni osoblyvosti funktsionuvannya gemodynamiky pry gipokapniyi dykhannya u cholovikiv. PhD Thesis. Cherkaskyy natsionalnyy universytet imeni Bogdana Khmelnytskogo. 2020.