

В.І. Портніченко., А.Г. Портниченко

**Гіпоглікемічна реакція при адаптації та деадаптації до високогір'я**

Міжнародний центр астрономічних та медико-екологічних досліджень НАН України, Київ

**Ключові слова:** гіпоксія, гіпоглікемія, адаптація

Исследовали динамику содержания глюкозы в крови у здоровых добровольцев 35-55 лет при 3 нед пребывания на высоте 2100 м и после возвращения на равнину. В остром периоде пребывания на высоте уровень глюкозы снижался на 15.6% и стабилизировался к концу пребывания. Пассивные подъемы на высоту 3800 м вызывали дополнительное снижение показателей с последующим восстановлением через сутки. Возвращение на равнину приводило к снижению гликемии на 14.1% относительно уровня в горах. Умеренная гипогликемическая реакция сохранялась и через 1,5 мес пребывания на равнине.

In 35-55 old healthy volunteers, changes of blood glucose level were investigated during 3 week acclimatization to high altitude (2100 m). Acute acclimatization led to 15.6% decrease of blood glucose, and then stabilization of hypoglycemia. Passive lifting to 3800 m additionally attenuated glucose values with following restore in 24 h. Return in a plain results in 14.1% reduction of blood glucose in comparison to high altitude level. After 1.5 months plain staying, moderate hypoglycemic reaction was found stabilized.

**Д**искусія про зміни рівня глюкози в крові при дії гіпоксії не вщухає вже більше 80 років (6), є спостереження як про зниження цих показників (4,5), так і протилежні дані (3). Разом з тим відомо, що у мешканців гірських районів рівень цукру в крові натщесерце нижчий, ніж у жителів рівнини, значно нижчою є і захворюваність на цукровий діабет, легшим його перебіг (1). Моделювання експериментального діабету за умов високогір'я також показало, що його ступінь був менш тяжким, ніж на рівнині (2). Пояснення цього феномену пов'язували з активацією інсулярного апарату підшлункової залози при впливі гіпоксичної гіпоксії. Однак до цієї пори немає точного уявлення про механізми виникнення як гіпоглікемії, так і гіперглікемії під впливом гіпоксії.

**Метою роботи** було дослідження динаміки глікемії в процесі адаптації до хронічної гіпоксії на помірних висотах та реадаптації на рівнині, а також при гострому гіпоксичному впливі в умовах високогір'я.

**Методи.** Дослідження проводили на 2 групах добровольців різної статі віком 35-55 років, з нормальним рівнем глюкози в крові, жителів м. Києва (рівнина), які перебували протягом 21 доби на висоті 2100 м (с.Терскол, Приельбрусся) і потім поверталися до м. Києва. Під час перебування в горах добровольців піддавали пасивному підйому на висоту 3800 м, де вони перебували протягом 3 год без фізичного навантаження. Учасників 1 групи (n=10) піднімали на 4 день перебування на висоті, 2 групи (n=11) - на 10 день. В динаміці дослідження визначали вміст

глюкози в змішаній капілярній крові за допомогою автоматичного глюкометра Supreme plus (Велика Британія).

**Результати їх обговорення.** В гострому періоді адаптації (3 доба) до висоти 2100 м спостерігали гіпоглікемічну реакцію, рівень глюкози в крові вірогідно знижувався на 15,5% (Рис. 1). В подальшому, на 9 та 21 добу дослідження, цей рівень вірогідно не змінювався. При підйомі на висоту 3800 м на 4 день перебування в горах (1 група, рис.2) вже через 1 год спостерігали подальше зниження показників на 16,5%, а через 3 год - ще на 13,6% від рівня показників до підйому. Через добу після підйому рівень глюкози в крові дещо зростав, але залишався вірогідно нижчим, ніж показники до підйому. Таким чином, додатковий гострий гіпоксичний вплив в період гострої адаптації до гіпоксії поглиблював гіпоглікемічну реакцію, яка наростала протягом 3 год перебування на висоті.

Іншу картину спостерігали, якщо учасників піддавали підйому в період неповної адаптації до гіпоксії - на 10 день перебування (2 група, рис.3). Початкова гіпоглікемічна реакція - через 1 год перебування - не відрізнялася від такої в 1 групі (зниження на 14,4%). Проте подальшого зниження показників не відбувалося. Ці показники залишилися сталими і через 24 год після підйому. Отже сумарне зниження рівня глюкози в крові у 2 групі у відповідь на гострий гіпоксичний вплив було вірогідно меншим (лише на 18,4%), а втрата глюкози спостерігалася в основному в ранньому періоді впливу гіпоксії. Динаміка змін глюкози корелювала зі станом кардіореспіраторної системи, газообміном та мозковим кровообігом.

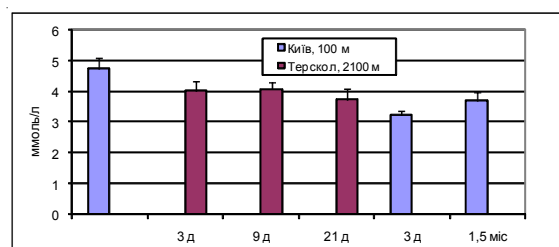


Рис. 1. Вміст глюкози в змішаній капілярній крові людини (n=21) в динаміці адаптації (3 - 21 доба) до перебування на висоті 2100 м та реадаптації (3 доби - 1,5 міс) до умов рівнини.

Треба зауважити, що при аналогічному підйомі на висоту 3100 м, який застосовувався в іншій серії експериментів, гіпоглікемічна реакція спостерігалася тільки в окремих добровольців. Отже, для вірогідного розвитку гіпоглікемії необхідна зміна кисневого середовища, яка відповідає різниці висот приблизно 1600-1700 м. Це підтвер-

джується і результатами досліджень, одержаних при адаптації шурів до перебування на висоті 1600 м (2).

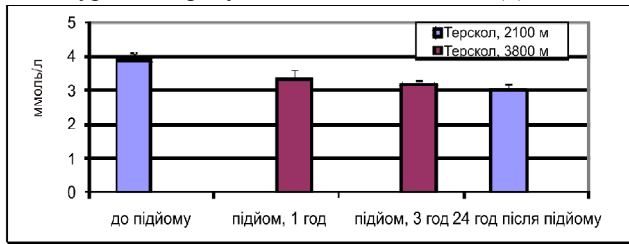


Рис. 2. Вміст глюкози в змішаній капілярній крові в динаміці впливу гострої гіпобаричної гіпоксії на учасників 1 групи (n=10) та через добу після нього.

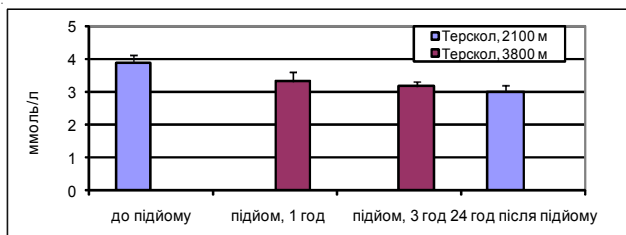


Рис. 3. Вміст глюкози в змішаній капілярній крові в динаміці впливу гострої гіпобаричної гіпоксії на учасників 2 групи (n=11) та через добу після нього.

Швидкий розвиток гіпоглікемії при підйомі на висоту може вказувати на те, що гіпоксія є основною причиною такої реакції. Однак це не дає відповіді на питання: чому гіпоглікемія зберігається, а у частини учасників і поглиблюється через добу після повернення на висоту 2100 м, коли гіпоксичне навантаження значно зменшується. Ще більше запитань виникає при аналізі результатів, одержаних в період реадaptaції. В гострому періоді після повернення на рівнину, коли можна було очікувати нормалізації вмісту глюкози в крові, знову розвивалася гіпоглікемічна реакція, зниження показників становило в середньому 14,1% (рис. 1). Повного поновлення глікемії не виявили і через 1,5 міс після повернення на рівнину: середні показники підтримувалися на рівні, який був характерним в період перебування на висоті 2100 м. Можливим механізмом цього феномену є виникнення тканинної гіпоксії внаслідок порушення кривої дисоціації оксигемоглобіну

в капілярах при високому парціальному тиску  $P_{O_2}$  (ефект гіпербаричної оксигенації).

**Висновки.** В період гострої зміни вмісту кисню в навколишньому середовищі (як зменшення, так і збільшення) у добровольців спостерігалася гіпоглікемічна реакція. При стабілізації умов перебування рівень глюкози дещо нормалізувався, але підтримувався на більш низькому рівні, ніж це було до перебування організму під впливом змін кисневого середовища. Незважаючи на те, що хронічний вплив помірної гіпоксії призводить до відносно стабільної гіпоглікемії, гострий гіпоксичний (або "гіпероксичний" при спуску на меншу висоту) вплив викликає додаткову гіпоглікемічну реакцію.

Одержані результати надають цікаві перспективи для подальших досліджень, як фундаментальних, стосовно молекулярно-генетичних механізмів розвитку гіпоглікемії при гіпоксії, так і практичних, щодо розробки методів лікування діабету при впливі помірних доз гіпоксії.

## Література

1. Акматкулова Д.А. Уровень гликемии и результаты пробы на толерантность у глюкозе у здоровых взрослых жителей высокогорья Памира (2400 - 4000 м) // Сахарный диабет в условиях климата Киргизии. Сб. научн. тр. КГМИ. - Фрунзе, 1975. - Т.105. - С.17-23.
2. Бозумова К.А. Обмен углеводов и липидов у интактных животных и животных с экспериментальным сахарным диабетом в условиях среднегорной курортной зоны Иссык-Куль. Автореф. дисс. канд. биол. наук. - Фрунзе, 1987. - 24 с.
3. Brooks GA, Wolfel EE, Groves BM, Bender PR, Butterfield GE, Cymerman A, Mazzeo RS, Sutton JR, Wolfe RR, Reeves JT. Muscle accounts for glucose disposal but not blood lactate appearance during exercise after acclimatization to 4,300 m. // J Appl Physiol, 1992. T72. - P. 2435-2445.
4. Mazzeo RS, Carroll JD, Butterfield GE, Braun B, Rock PB, Wolfel EE, Zamudio S, Moore LG. Catecholamine responses to alpha-adrenergic blockade during exercise in women acutely exposed to altitude // J Appl Physiol., 2001. T90. -P.121-126.
5. Roberts AC, Reeves JT, Butterfield GE, Mazzeo RS, Wolfel EE, and Brooks GA. Altitude and beta-blockade augment glucose utilization during submaximal exercise // J Appl Physiol., 1996. T80. - P.605-615.
6. Van Lier E.J., Stickney J.C. Hypoxia. Univ. of Chicago press. Chicago, London, 1963. Ван Лир Э., Стикней К. Гипоксия. Пер. с англ. М.: Мед., 1967. - 367 с.