



УКРАЇНА

(19) UA (11) 45775 (13) U  
(51) МПК (2009)  
A61B 5/08

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

### (54) СПОСІБ ОЦІНКИ СТІЙКОСТІ ДО ГІПОКСІЇ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ

1

(21) u200905958

(22) 10.06.2009

(24) 25.11.2009

(46) 25.11.2009, Бюл.№ 22, 2009 р.

(72) ПИСАРУК АНАТОЛІЙ ВАСИЛЬОВИЧ, АСАНОВ ЕРВІН ОСМАНОВИЧ

(73) ДЕРЖАВНА УСТАНОВА "ІНСТИТУТ ГЕРОНТОЛОГІЇ АМН УКРАЇНИ"

(57) Спосіб оцінки стійкості організму людини до гіпоксії шляхом проведення гіпоксичної проби, який **відрізняється** тим, що проводять вдихання гіпоксичної суміші, при цьому визначають показники хвилинного об'єму кровообігу, споживання кисню, напруги кисню в артеріальній крові, концентрації гемоглобіну у крові та спорідненості гемоглобіну до кисню, сатурацію артеріальної крові гемоглобіном, потім розраховують напругу кис-

2

ню у змішаній венозній крові, що відображає напругу кисню в тканинах та стійкість організму людини до гіпоксії за формулою:

$$p_vO_2 = P_{50} \cdot \sqrt{\frac{[S_aO_2 - VO_2 / (1,34[Hb] \cdot XOK)]}{[1 - S_aO_2 + VO_2 / (1,34[Hb] \cdot XOK)]}}$$
, де

$p_vO_2$  - напруга кисню в змішаній венозній крові, мм.рт.ст.;

$P_{50}$  - величина  $p_aO_2$ , при якій гемоглобін насичений киснем на 50 %;

$S_aO_2$  - сатурація артеріальної крові гемоглобіном, яка розраховується за рівнянням Хілла на підставі визначення  $p_aO_2$ , %;

$VO_2$  - споживання кисню, мл/хв;

Hb - концентрації гемоглобіну у крові, г/л;

XOK - хвилинний об'єм кровообігу, л/хв;

$n=2,7$  (константа Хілла).

Корисна модель відноситься до медицини, а саме - до фізіології й може бути використана для оцінки стійкості до гіпоксії організму людини.

Корисна модель дозволяє оцінювати рівень здоров'я, стійкість організму до гіпоксії та інших несприятливих факторів зовнішнього середовища, прогнозувати розвиток патології, проводити професійний відбір людей, які працюють в умовах зниженого вмісту кисню у повітрі.

На сьогоднішній день у медицині використовуються кілька методів оцінки стійкості організму до гіпоксії. Так, наприклад, застосовується «Способ определения адаптационной устойчивости человека к гипоксии» (патент РФ №2020868). У цьому способі визначають рівень адаптаційної здатності людини до нестачі кисню шляхом довільної затримки дихання випробуваного при зануренні обличчя у воду, температура якої нижче температури навколишнього повітря не менш, ніж на 10-20°C Здійснюють запис електрокардіограм, визначають латентний період і інтенсивність брадикардії й по цих величинах судять про стійкість до гіпоксії. Однак, цей спосіб має певні недоліки: людина зазнає неприємні відчуття у процесі дослідження; крім гіпоксії на організм обстежуваного впливає холодний фактор; не проводиться моніторингу сатурації крові ( $S_aO_2$ ). Все це відображається на точності визначення стійкості до гіпоксії при цьому способі.

Існує також «Способ определения у горных туристов устойчивости к гипоксии» (патент РФ №2140764). В основі цього способу лежить проба Штанзі, яку проводять на рівнині та у високогір'ї. При цьому порівнюють тривалість проби, зміни частоти серцевих скорочень (ЧСС), показники спонтанної і викликанної динаміки надпульсних фізіологічних процесів, величини омега-потенціалу. При відсутності змін показників при проведенні проби, стійкість до гіпоксії вважається високою, а при змінах показників (скороченні проби Штанзі на 25% і більше, зростанні частоти серцевих скорочень наприкінці закінчення проби Штанзі на 10% і більше, зниженні величини омега-потенціалу на 10% і більше) визначають низьку стійкість до гіпоксії та прогнозують тривалу адаптацію до факторів високогірної місцевості. Недоліком цього способу є відсутність контролю рівня гіпоксії (сатурації крові), не враховуються інші важливі механізми компенсації гіпоксії - газообмін, споживання кисню, тканинне дихання. Тому при використанні цього способу не можна достовірно прогнозувати рівень стійкості до гіпоксії організму людини.

Найбільш близьким прототипом запропонованого нами способу є «Способ визначення стійкості організму людини до гіпоксії» (патент України №7845). При цьому способі проводять гіпоксичну пробу з поступово зменшуваним вмістом кисню у повітрі, що вдихується. Під час проведення проби

UA (19) 45775 (13) U

моніторують показники вентиляції, центральної гемодинаміки, ЕКГ та  $S_aO_2$ .

Гіпоксичну пробу припиняють при досягненні субмаксимальної ЧСС (200 - вік), підвищенні  $AT > 200$  мм.рт.ст., зниженні  $S_aO_2 < 80\%$ , підвищенні частоти дихання на 50% і більше від вихідного рівня, досягнення 10% вмісту  $O_2$  у вдихуваній газовій суміші, депресії сегмента ST більше 1 мм та/або появи порушень ритму на ЕКГ, появи болю у серце, запаморочення, непритомного стану, відмови. Вміст кисню у повітрі, що вдихується, а також вимірювані параметри вентиляції, центральної гемодинаміки та  $S_aO_2$  на момент припинення проби відображають стійкість організму людини до гіпоксії.

Однак, цей спосіб оцінки стійкості до гіпоксії має певні недоліки: при цьому способі не оцінюють рівень тканинної гіпоксії та не визначають газового складу крові при гіпоксичній пробі. Тому цей спосіб не прямо та не завжди вірно відображає стійкість організму до гіпоксії.

Тому, в основу способу покладено завдання створити більш досконалого, безпечного та точного способу оцінки стійкості до гіпоксії організму людини.

В основі цього способу лежить визначення рівня напруги кисню в тканинах шляхом визначення хвилиного об'єму кровообігу (ХОК), споживання кисню ( $VO_2$ ), напруги кисню в артеріальній крові ( $p_aO_2$ ), концентрації гемоглобіну в крові (Hb), спорідненості гемоглобіну до кисню ( $P_{50}$ ) та  $S_aO_2$  при вдиханні гіпоксичної суміші та розрахунку, на підставі отриманих показників, напруги кисню в змішаній венозній крові ( $p_vO_2$ ) за розробленою формулою.

Запропонований спосіб здійснюється наступним чином. У особи, що обстежується, при гіпоксичному навантаженні (будь-якому, стійкість до якого потрібно оцінити) визначаються показники ХОК на апараті «Regina 2000» («DX-Комплексы», Україна),  $VO_2$  на газоаналізаторі "Oxicon-4" (фірма "Minhart", Нідерланди),  $p_aO_2$  та  $P_{50}$  на аналізаторі "AVL OMNI" (Австрія), Hb гемоглобінціанідним методом. Показник  $S_aO_2$  розраховується за рівнянням Хилла на підставі визначення  $p_aO_2$ .

Потім, на підставі отриманих показників, за розробленою формулою розраховуємо  $p_vO_2$ . Як відомо,  $p_vO_2$  тісно корелює з показником напруги кисню у тканинах і тому відображає напругу кисню у тканинах.

Формула, за якою здійснюємо розрахунки виглядає наступним чином:

$$p_vO_2 = P_{50} \cdot \sqrt{\frac{[S_aO_2 - VO_2 / (1,34[Hb] \cdot ХОК)]}{[1 - S_aO_2 + VO_2 / (1,34[Hb] \cdot ХОК)]}}$$

при цьому

$p_vO_2$  - напруга кисню в змішаній венозній крові, мм.рт.ст.;

$P_{50}$  - величина  $p_aO_2$ , при якій гемоглобін насичений киснем на 50%;

$S_aO_2$  - сатурація артеріальної крові гемоглобіном, яка розраховується за рівнянням Хилла на підставі визначення  $p_aO_2$ , %;

$VO_2$  - споживання кисню, мл/хв;

Hb - концентрації гемоглобіну у крові, г/л;

ХОК - хвилиний об'єм кровообігу, л/хв.

$n=2,7$  (константа Хилла).

Як відомо, критичний показник напруги кисню у тканинах, при якому розвиваються порушення гомеостазу, складає близько 17-20 мм.рт.ст. [Березовський В.Я. та ін., 2000; Горанчук В.В. та ін., 2003; Колчинская А.З. та ін., 2003; Лукьянова Л.Д., Ушаков І.Б., 2004; Коркушко О.В., Иванов Л.А., 1980]. Якщо отриманий показник  $p_vO_2$  складатиме нижче 20 мм.рт.ст., то стійкість до гіпоксії розцінюється як знижена, а якщо вище 20 мм.рт.ст. - то збережена.

#### Приклад 1

В обстежуваній С., 71 рік проведена гіпоксична проба із диханням гіпоксичної газової суміші зі 12%  $O_2$ . При цьому отримані наступні показники: ХОК - 4,68 л/хв.,  $VO_2$  - 250 мл/хв., Hb - 141 г/л,  $S_aO_2$  - 78%,  $P_{50}$  - 27,2 мм.рт.ст. При розрахунку виявилось, що  $p_vO_2$  складає 27,1 мм.рт.ст. Таким чином, у даної особи стійкість до гіпоксії збережена.

#### Приклад 2

В обстежуваного З., 37 років проведена гіпоксична проба із диханням гіпоксичної газової суміші зі 12%  $O_2$ . При цьому отримані наступні показники: ХОК - 7,06 л/хв.,  $VO_2$  - 310 мл/хв., Hb - 143 г/л,  $S_aO_2$  - 84 %,  $P_{50}$  - 26,4 мм.рт.ст. При розрахунку виявилось, що  $p_vO_2$  складає 31 мм.рт.ст. Таким чином, у даної особи стійкість до гіпоксії збережена.

#### Приклад 3

В обстежуваного І., 77 років проведена гіпоксична проба із диханням гіпоксичної газової суміші зі 12%  $O_2$ . При цьому отримані наступні показники: ХОК - 4,1 л/хв.,  $VO_2$  - 280 мл/хв., Hb - 110 г/л,  $S_aO_2$  - 72%,  $P_{50}$  - 24,0 мм.рт.ст. При розрахунку виявилось, що  $p_vO_2$  складає 16,2 мм.рт.ст. Таким чином, у даної особи стійкість до гіпоксії знижена.

Запропонований спосіб придатний для оцінки стійкості організму людини до гіпоксії, для оцінки професійної придатності людей, що працюють в умовах зниженого вмісту кисню у повітрі, для професійного відбору, для прогнозування ризику розвитку патології, для оцінки рівня здоров'я, а також для оцінки ефективності лікувально-профілактичних заходів.

Перевагою запропонованого способу є висока достовірність, точність, індивідуальний підхід до визначення стійкості до гіпоксії організму людини.

Запропонований спосіб може бути використаний у наукових медичних, лікувально-профілактичних, спортивних установах, клініко-діагностичних центрах.