УДК 612.2+628.8+629.12+616-009

Особливості регуляції ритму серця при адаптації людини до умов Антарктики

[1]В.В. Кальниш, [1]Г.Ю. Пишнов, [2]Є.В. Моісеєнко, [1]В.В. Опанасенко, [1]Л.М. Алексеєва, [1]Л.Г. Висоцька

[1]ДУ «Інститут медицини праці НАМН», Київ,
[2]Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України, Київ; e-mail: getver1@mail.ru

В роботі розглядаються актуальні питання проблеми вивчення механізмів адаптації людини до антарктичних умов, зокрема, особливості регуляції серцево-судинної системи під час експедиційної діяльності на українській станції «Академік Вернадський». Дослідження виконані безпосередньо в Антарктиці за участю зимівників, що протягом року щомісячно обстежувалися методом електрокардіографії. За результатами варіаційного аналізу ритмокардіограми в антарктичних умовах виявлені фазні перебудови регуляції серцевої діяльності у зимівників. Наприклад, середня тривалість RR-інтервалу, що характеризує гуморальну регуляцію (RRNN), має фазну структуру та коливалася в діапазоні ±7-9 ум. од. спочатку зимівлі, а в останній фазі зростала до -32 ум. од. На активність розвитку стресового стану у зимівників вказує динаміка швидкості функції індексу напруження (IH_t), де з початку зимівлі і до січня вона коливалася в межах 2-5 ум. од. за модулем, а в місяці, наближені до від'їзду (лютий, березень), сягала до 46 ум.од. Отримані результати поглиблюють розуміння особливостей реалізації резервів регуляції системи кровообігу під час зміни фаз адаптації. Встановлено домінуюче значення фактора часу на якісні перебудови адаптаційних процесів − якщо за показниками варіабельності серцевого ритму у першому півріччі експедиції виявлені збалансовані регуляційні впливи, то наприкінці строку перебування спостерігається зростання активності симпатичного відділу вегетативної нервової системи та напруження регуляторних механізмів, що може свідчити про незавершену адаптацію організму, яка потребує застосування методів корекції функціонального стану.

Ключові слова: антарктичні зимівники; серцева діяльність; варіабельність серцевого ритму; адаптація; українська станція «Академік Вернадський».

ВСТУП

Сучасні глобальні кліматичні зміни надають додаткову гостроту проблемі адаптації людини до впливу надзвичайних умов середовища [1]. Розуміння адаптаційних перебудов функціональних систем організму особливо набуває актуальності при перебуванні людини у полярних і приполярних регіонах, що характеризуються екстремальними впливами цілого комплексу екологічних та побутових факторів [2, 3]. Мінливий і періодичний характер негативного впливу на організм шкідливих чинників довкілля створює підвищений рівень навантаження на функціональні резерви, що може призводити до раннього виснаження адаптаційної здатності людини [4]. В результаті можуть виникати ознаки психоемоційної лабільності, астенізації, порушень у системі дихання та кровообігу з розвитком своєрідного гіпоксичного стану [5]. Дизадаптаційний симптомокомплекс людини у північних приполярних регіонах дістав назву «синдром полярного напруження», у південних широтах − «антарктичний синдром» [6, 7]. Психоемоційні та нейровегетативні синдромальні прояви у людини в Антарктиці пов'язують із розвитком хронічного стресу, порушеннями функції щитоподібної залози, виникненням гіпоксії, психологічною

© В.В. Кальниш, Г.Ю. Пишнов, Є.В. Моісеєнко, В.В. Опанасенко, Л.М. Алексеєва, Л.Г. Висоцька

втомою тощо [8, 9]. При цьому відомо, що зрушення в організмі в результаті тривалого перебування в приполярних умовах завжди позначаються на змінах функціонування системи кровообігу та перебудовах центральних механізмів регуляції [10–12].

Відомо, що під час антарктичної експедиції адаптація організму людини до умов високих широт відбувається у режимі певної етапності функціональних перебудов [13]. Залежно від тривалості перебування в Антарктиці вона поділяється на початковий етап, період відносної стабілізації фізіологічних функцій, період адаптації і період дизадаптації або виснаження [14]. Реалізація адаптаційної здатності організму до дії факторів зовнішнього середовища багато в чому завдячує функціональним резервам серцево-судинної системи, якість перебудов якої регулюється центральними та гуморальними механізмами [15, 16]. Проте у вирішенні проблеми вивчення механізмів адаптації людини до тривалої фахової діяльності в Антарктиці бракує саме даних щодо особливостей регуляції роботи серця на етапах адаптації [17, 18].

Пілотні дослідження змін регуляції серцевої діяльності зимівників після перебування в Антарктиці були виконані за допомогою математичного аналізу ритмокардіограм, що дало змогу оцінювати активність регуляторних механізмів серця, зсув нейрогуморальної рівноваги, участь автономної нервової системи та гуморальних впливів на частоту серцевих скорочень, рівень централізації формування ритму в процесі довготривалої адаптації [19, 20].

Мета нашої роботи − з'ясування особливостей регуляції серцевого ритму антарктичних зимівників під час адаптації до умов тривалої фахової діяльності на станції «Академік Вернадський».

МЕТОДИКА

У дослідженні брали участь 11 антарктичних зимівників (чоловіків) української антарктичної станції «Академік Вернадський» віком 27±2,1 років. Для оцінки функціонального стану серця за допомогою спеціального апаратно-програмного комплексу «Ритмограф» у кожного зимівника протягом 12 міс експедиції раз на два дні зранку реєстрували ритмокардіограму у другому стандартному відведенні [21, 22]. Математичний аналіз варіабельності серцевого ритму (ВСР) проводили з використанням методів варіаційної пульсометрії та з додатковим розрахунком низки показників, що характеризують статистичні, автокореляційні та спектральні складові регуляції діяльності серця. Визначали такі інтегральні показники: середню тривалість кардіоінтервалів і зворотну величину середньої частоти серцевих скорочень (RRNN); стандартне відхилення повного масиву кардіоінтервалів (SDNN) Розраховувалися також: індекс напруження (ІН), що інформує про активність компенсаторних механізмів організму та рівень функціонування центрального контуру регуляції серцевого ритму; показники сумарної потужності спектра: нормовану потужність спектра низькочастотного компонента (LF_{norm} − відносний рівень активності вазомоторного центру), питому нормовану потужність дихальних хвиль (HF_{norm}), що характеризує активність парасимпатичної ланки автономної нервової системи [23].

Для оцінювання інших рівнів регуляції серцевої діяльності було використано поглиблене дослідження динаміки ВСР зимівників, що здійснювалося за допомогою додаткового аналізу. Для опису динаміки окремих показників ВСР і згладжування їх випадкових коливань протягом дослідження було застосовано спеціальний прийом, що полягає в апроксимації точок досліджуваного показника за допомогою полінома: $f(t)= b_0+b_1t+b_2t^2+b_3t^3+b_4t^4+b_5t^5$. Перша похідна цієї функції − $f'(t)$ відображає швидкість процесу, що вивчається та використовується для отримання додаткової інформації про його трансформацію з перебігом часу (t).

Усі розрахунки проводили за допомогою пакета Statistica.7.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За результатами аналізу були побудовані графіки, що відображають сезонні зміни характеристик ВСР. Аналіз RRNN виявив такі її зміни (рис. 1, а).

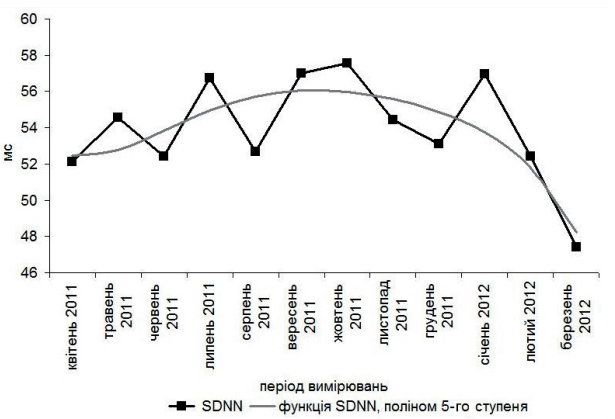
Навесні (квітень-травень), у сезон прибуття в Антарктиду, значення цього показника становило 890-900 *мс*. Влітку він знизився до 850-890 *мс*, а восени повернувся до вихідного рівня - 890-900 *мс*. Взимку коливання RRNN знаходилися в межах 850-900 *мс*, а навесні перед від'їздом додому (в березні наступного року) вони були найнижчими (820 *мс*).

Однофакторний дисперсійний аналіз показував, що дія фактора часу при цьому є вірогідною. Додаткову інформацію, що дає змогу впевнено судити про особливості динаміки функції $RRNN_t$ (де t – час) є її перша похідна, що відображає швидкість процесу. Відомо, що при нульовому її значенні досліджувана функція має локальний максимум.

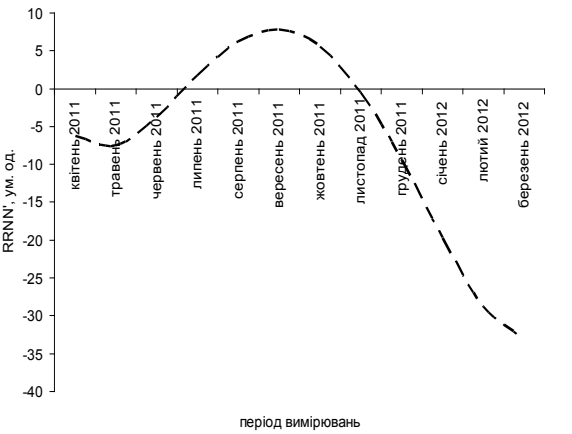
Аналіз динаміки показника *f '(t)* RRNN чітко демонструє, що рівень активації організму антарктичних зимівників не є постійним та має фазну структуру (див. рис. 1, б). Тут можна виділити фазу підвищення *f '(t)* від моменту прибуття на зимівлю (березень) і до червня, фазу зниження *f'(t)* з липня по листопад і фазу різкого підвищення *f '(t)* з січня по самий період відбуття зі станції (березень наступного року). В перших двох фазах *f '(t)* коливається в діапазоні ±7-9 ум. од., а в останній фазі зростає до -32 ум.од.

Перша фаза, яку умовно можна назвати фазою «впрацьовування», характеризується певним зменшенням RR-інтервалів кардіограми антарктичних зимівників. Така їх трансформація охоплює період від квітня до липня та характеризує деяке підвищення активації організму в початковий період експедиції. Зазначена активація, очевидно, є адекватною пристосувальною реакцією організму антарктичних зимівників до різкої зміни умов життєдіяльності (холодна пора року, полярна ніч, інверсія сезонів року, адаптація до проживання в умовах соціальної депривації, пристосування до досить монотонної діяльності) [24].

Друга фаза, яку умовно можна назвати «стабілізацією адаптації», відображає поступове зниження рівня активації організму, індикатором якого є збільшення RR-інтервалів кардіограми полярників. Однак це збільшення не рівномірне. Спочатку воно досить інтенсивне, сягає свого максимуму приблизно у вересні (про що свідчить локальний підйом першої похідної функції $RRNN_t$. Потім швидкість трансформації RR-інтервалів знижується, а до листопада прояви подовження зникають. Імовірно, саме



а



б

Рис.1. Динаміка середньої тривалості RR-інтервалів (RRNN) у антарктичних зимівників протягом експедиції. а – середньогрупове значення (емпіричні результати) і його опис за допомогою полінома; б – швидкість його змін

в листопаді, коли полярна зима підходить до завершення, а організм учасників експедиції вже втратив свої фізіологічні резерви, можна говорити про перехід у наступну фазу адаптації до експедиційної діяльності.

Третя фаза, яку можна назвати «напруження механізмів адаптації», характеризується досить інтенсивним скороченням RR-інтервалів (збільшення частоти серцевих скорочень), яке триває до кінця зимівлі (до березня). У цій фазі в організмі антарктичних зимівників активуються фізіологічні процеси, спрямовані на протидію розвитку проявів хронічної втоми. Передумовами такого стану є раніше розглянуті фактори діяльності в умовах зимівлі. Додатковим фактором, що з'являється в цей період, може бути почуття пересичення, яке формується в антарктичних зимівників у результаті монотонної діяльності та тривалого перебування в постійному за своїм складом мікроколективі. Таке пересичення може запускати негативний психологічний механізм, що забезпечує виникнення позитивного зворотного зв'язку, коли відчуття пересичення викликає тільки його посилення при подальшому перебуванні на станції.

Таким чином, можна констатувати, що динаміка RRNN віддзеркалює напруження адаптації в симпатоадреналовій ланці автономної нервової системи людини до нових умов життєдіяльності в Антарктиці. Більш різкі зміни останньої фази RRNN, очевидно, зумовлені сумацією ефектів настання полярного дня та мобілізацією психічних процесів в організмі полярників у зв'язку з підготовкою до від'їзду з експедиції. Як видно, навіть аналіз тільки одного показника серцевого ритму – зміни RRNN надає цінну інформацію про процеси адаптації зимівників, що відбуваються в їх організмі. Виділені три фази адаптації якоюсь мірою є аналогами класичних фаз розвитку неспецифічної адаптації: «мобілізації», «стійкості» і «виснаження».

Додаткові дані про зміну функціонального стану учасників антарктичної експедиції дає значення SDNN, що відображає сумарний ефект вегетативної регуляції кровообігу, а також перша похідна функції $SDNN_t$ (рис. 2, а), що характеризує швидкість змін перебудови ритму (див. рис. 2,б). Як видно з рисунка, вона має нелінійний характер. Однофакторний дисперсійний аналіз цієї функції показав суттєвий вплив фактора часу на зміни $SDNN_t$ ($P<0,05$). У період з початку зимівлі до вересня функція $SDNN_t$ підвищується і вказує на поступове поліпшення регуляції серцево-судинної системи. Потім до кінця зимівлі спостерігається спочатку повільне, а далі достатньо різке зниження активності цієї

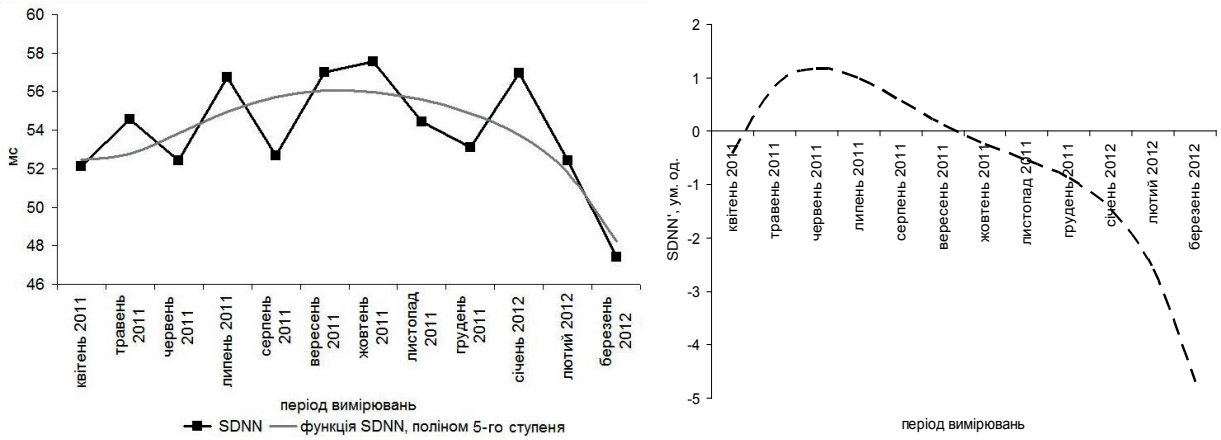


Рис.2. Динаміка стандартного відхилення кардіоінтервалів (SDNN) у антарктичних зимівників протягом експедиції. а – середньогрупове значення SDNN (емпіричні результати) і його опис за допомогою полінома; б – швидкість його змін

регуляції. Перша похідна функції $SDNN_t$ дає змогу визначити, що найбільша швидкість поліпшення сумарного ефекту вегетативної регуляції кровообігу проявляється в липні, а починаючи з січня, вона значно зменшується.

Зона переходу від поліпшення до погіршення ефекту вегетативної регуляції кровообігу охоплює вересень і жовтень, тобто весняні місяці в Південній півкулі та збігається з зоною максимального зниження активації організму зимівників (див. рис. 1, а). Наявність такого феномена може свідчити про поступове вичерпання фізіологічних резервів організму учасників експедиції (перехід від поліпшення до погіршення показників вегетативної регуляції) відбувається на фоні інтенсивного зниження активації фізіологічних процесів у їхньому організмі, що спостерігається у фазі «стабілізації адаптації». Іншими словами, негативні компоненти порушення адекватної адаптації та розвитку хронічного стомлення починають поволі проявлятися вже у вересні, коли швидкість зниження активації фізіологічних процесів поступово зменшується.

Уточнення механізмів адаптації організму учасників експедиції до професійної діяльності на станції «Академік Вернадський» можна отримати при аналізі динаміки ІН, що віддзеркалює рівень переваги активності центральних механізмів регуляції ритму серця над автономними. Графіки функції $ІН_t$ і її першої похідної представлено на рис. 3, а, б.

Аналіз цієї інформації дає можливість констатувати, що досить низький рівень централізації керування ритмом серця залишається більш-менш постійним протягом майже всієї зимівлі. Однак у період грудень – січень (літній місяць для Південної півкулі) спостерігається досить швидке зростання значень ІН, що свідчить про корінну перебудову механізмів адаптації на кінцевому етапі експедиції. Виражену активність розвитку стресового стану у зимівників, що пов'язаний із психологічною установкою на близькість закінчення експедиції, особливо демонструє динаміка швидкості функції $ІН_t$ (див. рис. 3, б), де з початку зимівлі і до січня швидкість коливалася в межах 2-5 ум. од. за модулем, а в місяці, наближені до від'їзду (лютий, березень), вона сягає 46 ум.од.

Якщо проаналізувати весь представлений матеріал, то можна відмітити, що значне підвищення $ІН_t$ спостерігається у фазу «напруження механізмів адаптації», яка характеризується збільшенням активації фізіологічних функцій організму зимівників, швидкості зміни цієї активації, а також до-

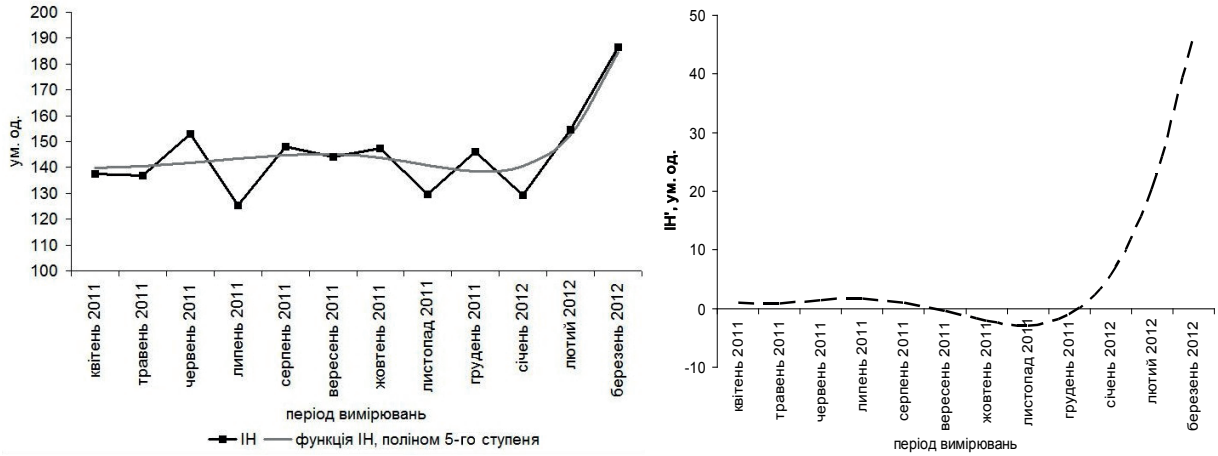


Рис.3. Динаміка індексу напруження (ІН) у антарктичних зимівників протягом експедиції. а – середньогрупове значення ІН (емпіричні результати) і його опис за допомогою полінома. б – швидкість його змін

статньо інтенсивним погіршенням вегетативної регуляції кровообігу. Все це свідчить про розвиток хронічного напруження та хронічного стомлення зимівників у завершальний період експедиції (грудень − березень), що супроводжується значною активацією механізмів адаптації до умов Антарктики.

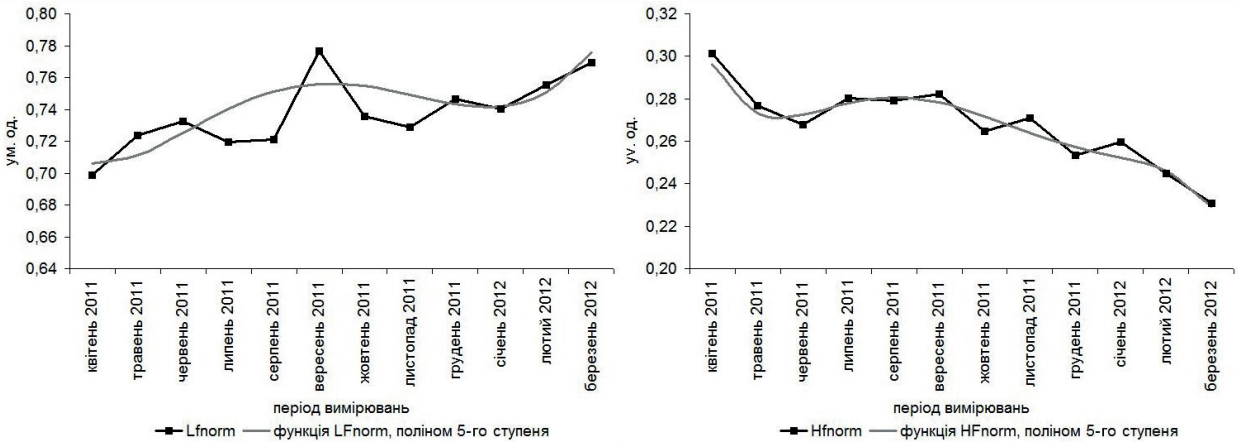
Подальше уточнення трансформації функціонального стану зимівників у процесі експедиції лежить у площині аналізу активності симпатичної та парасимпатичної ланки автономної нервової системи. Відображає активність симпатичної нервової системи нормований показник сумарної потужності спектра − LF. Незважаючи на слабо виражений коливальний характер змін LF, можна відзначити основну тенденцію його трансформації − близьке до лінійного підвищення його значень в процесі зимівлі, що свідчить про постійне зростання активності симпатичної ланки автономної нервової системи із квітня до березня наступного року (рис. 4, а).

Однофакторний дисперсійний аналіз представлених результатів показав суттєвий вплив фактора часу на активність симпатичної нервової системи (P<0,05). Фізіологічно таке збільшення активності вазомоторного центру можна інтерпретувати як уповільнення часу прийняття та переробки інформації в ньому, яке супроводжує формування хронічної втоми.

Відомо, що адаптація організму до впливу зовнішніх факторів забезпечується скоординованими між собою спеціалізованими функціональними системами організму, а також певним рівнем внутрішньосистемних кореляційних взаємозв'язків для підтримки гомеостазу. У літературі зміни вегетативного балансу у вигляді активації симпатичної ланки розглядаються як неспецифічний компонент адаптаційної реакції у відповідь на різні стресові впливи, що певною мірою пояснює отримані нами результати.

На виражену активність парасимпатичної ланки автономної нервової системи вказує HF, що представляє сумарну потужність високочастотної зони спектра ВСР. Динаміку цього показника також можна, в основному, описати лінійною функцією (див. рис. 4, б).

Однофакторний дисперсійний аналіз показав відчутний вплив фактора часу на активність парасимпатичного відділу (P<0,05). Причому, як видно з представленого рисунка, починаючи з першого місяця зимівлі, активність парасимпатичної ланки закономірно знижується. Значне зниження сумарної потужності дихальних хвиль свідчить про централізацію керування ритмом серця че-



а б

Рис.4. Динаміка показників потужності спектра хвиль варіабельності серцевого ритму у низькочастотному (LF) і високочастотному (HF) діапазонах у антарктичних зимівників протягом експедиції: а – середньогрупові значення LF; б – середньогрупові значення HF

рез залучення до процесу керування вищих відділів мозкових структур.

Відзначений феномен трансформації активності симпатичної та парасимпатичної ланки автономної нервової системи співвідноситься зі змінами сумарного ефекту вегетативної регуляції кровообігу (див. рис.2, а). Виходячи з отриманих результатів, можна спробувати пояснити достатньо складну динаміку цієї регуляції. Так, у першу половину зимівлі (до вересня) $SDNN_t$ зростає внаслідок значного підвищення активності симпатичної та поступового зниження парасимпатичної ланки. Надалі активність автономної нервової системи стабілізується з тенденцією зниження парасимпатичної ланки, що призводить до зменшення сумарної активності вегетативної регуляції кровообігу до кінця зимівлі.

Слід відзначити, що проведені тривалі дослідження змін серцевого ритму в осіб, що перебувають на Антарктичній станції, досить унікальні, оскільки в літературі не часто зустрічаються дані тривалої (протягом року) реєстрації серцевого ритму у однорідної групи осіб середнього віку. При цьому були виключені впливи багатьох соціальних факторів, які наявні при проведенні досліджень у звичайних умовах. Крім того, перебування в експедиції призводить до зрівняння у всіх зимівників режимів праці та відпочинку, дієти, умов проживання тощо. У цьому сенсі отримані матеріали можна вважати достатньо однорідними. З іншого боку, важко підібрати аналоги проведеного дослідження, що зареєстровані на інших контингентах обстежуваних.

Відомо, що серцево-судинна система є однією з основних «слабких» ланок, яка гостро реагує на стресові впливи. Контингент зимівників, насамперед, піддається дії факторів часу та монотонії або однорідності життєдіяльності, що спричинює виникнення функціонального напруження регуляторних систем організму. Найбільш вигідним для рішення завдання вивчення впливу цих факторів є аналіз динаміки показників ВСР, які першими включаються в процеси адаптації організму.

Для порівняння трансформації показників серцевого ритму з отриманими в цій роботі результатами, очевидно, у першому наближенні можна використовувати дані умов тривалого космічного польоту, де крім перелічених стрес-факторів додатково діє фактор невагомості [25]. Автори показали, що основна динаміка показників вегетативної регуляції кровообігу внаслідок тривалого перебування в невагомості, може бути описана такими положеннями. Під дією фактора часу (наприкінці польоту) відбувається зсув вегетативного балансу у бік посилення активності симпатичної ланки регуляції порівняно зі станом при одномісячному польоті, що підтверджується збільшенням частоти пульсу (на 11% від початкового рівня), зменшенням ВСР (на 30%), зростанням ІН (на 88%). Можливою причиною зазначеного зсуву вегетативного балансу, як зазначають автори, є активація вищих вегетативних центрів. Система регуляції в цей період перебуває в стані функціонального напруження, а новий рівень серцево-судинного гомеостазу закріплюється за допомогою формування нової функціональної системи регуляції автономною нервовою системою.

Звичайно, у разі розгляду фізіологічних показників у зимівників, схожий ефект спостерігається тільки в кінці експедиції, що можна пояснити відсутністю дії на них такого потужного стрес-фактора, як невагомість. Незважаючи на це тотожність зсувів у показниках регуляції ритму серця, ймовірно, може свідчити про певну тотожність механізмів адаптації в обох випадках.

Таким чином, антарктичні умови, як екстремальні для організму людини, дали змогу яскраво продемонструвати тісний зв'язок між регуляторними системами адаптації ЦНС і одним з найважливіших ефекторів життєзабезпечення організму людини - серцево-судинної системи. Результати дослідження показників ВСР свідчать про те, що протягом

перебування полярників в Антарктиці спостерігається зростання активності симпатичної та зниження активності парасимпатичної ланки автономної нервової системи, що приводить до значного напруження регуляторних механізмів.

ВИСНОВКИ

1. Показано, що під час річної експедиції на станції «Академік Вернадський» перебудови регуляції ритму серця антарктичних зимівників (за RRNN) характеризуються певними флуктуаціями посилення регуляторного напруження симпатоадреналової ланки. За результатами однофакторного дисперсійного аналізу встановлено домінуюче значення фактора часу на якісні перебудови адаптаційних процесів. В результаті виявлено фазні зміни регуляції серцевого ритму, які певною мірою відповідають класичним етапам розвитку процесів неспецифічної адаптації але зі значним подовженням тривалості: «мобілізації», «стійкості» і «виснаження», що розвивається протягом року експедиційної діяльності.

2. Динаміка ВСР має суттєво нелінійний характер. На початку і до середини зимівлі (до вересня) вона зростає, що вказує на поступове поліпшення збалансованості автономної регуляції кровообігу, але у другій половині року перебування в експедиції спостерігається спочатку повільне, а наприкінці зимівлі достатньо різке порушення регуляційної рівноваги.

3. Встановлено, що у завершальний період експедиції (грудень − березень) регуляція ритму серця антарктичних зимівників відбувається на фоні значного підвищення рівня ІН і такі зміни збігаються з проявами погіршення вегетативної регуляції кровообігу, що супроводжується виснаженням механізмів адаптації і потребує застосування методів корекції.

4. Спрямована трансформація активності симпатичної та парасимпатичної ланки автономної нервової системи збігається зі змінами сумарного ефекту вегетативної регуляції кровообігу, що дає змогу пояснити його досить складну динаміку. У першу половину зимівлі виявлено значне підвищення діяльності симпатичної ланки автономної нервової системи та поступового зниження парасимпатичної. Протягом зимівлі відбувається поступове зниження активності парасимпатичної ланки, що приводить до зниження сумарної активності вегетативної регуляції кровообігу до кінця зимівлі та може свідчити про наявність незавершеної адаптації організму до умов Антарктики.

[1]В.В. Кальниш, [1]Г.Ю. Пышнов, [2]Е.В. Моисеенко, [1]В.В. Опанасенко, [1]Л.М. Алексеева, [1]Л.Г. Высоцкая

ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛЯЦИИ РИТМА СЕРДЦА ПРИ АДАПТАЦИИ ЧЕЛОВЕКА К УСЛОВИЯМ АНТАРКТИКИ

В работе рассматриваются актуальные вопросы изучения механизмов адаптации человека к антаркическим условиям, в частности, особенностей регуляции сердечно-сосудистой системы в ходе экспедиционной деятельности на украинской антарктической станции «Академик Вернадский». Исследования выполнены непосредственно в Антарктиде при участии зимовщиков, которые на протяжении года ежемесячно обследовались методом электрокардиографии. По результатам вариационного анализа сердечного ритма в антарктических условиях выявлены некоторые особенности перестройки регуляции ритма сердца зимовщиков. В часности, показатель средней продолжительности RR-интервалов, который характеризует гуморальную регуляцию (RRNN), имеет фазную структуру и колеблется в диапазоне ±7-9 усл.ед. от начала зимовки, а в последней фазе увеличивается до -32 усл.ед. Активность развития стрессового состояния у зимовщиков отражает динамика скорости функции индекса напряженности ($IH_{t)}$, которая с начала зимовки и до ее завершения колебалась в пределах 2-5 усл.ед. по модулю, а в месяцы перед возвращением (февраль, март), скорость достигала 46 усл.ед. Полученные результаты расширяют понимание особенностей реализации резервов регуляции системы кровообращения в ходе изменений фаз адаптации. Установлено доминирующее значение фактора времени во влиянии на качественные перестройки адаптационных процессов – если по показателям вариабельности сердечного ритма в первом полугодии экспедиции выявлены сбалансированные регуляционные влияния, то в конце срока пребывания наблюдается возрастание активности симпатического отдела вегетативной нервной системы

и напряжение регуляторних механизмов, что может бать признаком незавершенной адаптации, которая требует применения методов коррекции функционального состояния.
Ключевые слова: антарктические зимовики; сердечная деятельность; вариабельность сердечного ритма; адаптація; украинская станция «Академик Вернадский».

[1]V.V. Kalnish, G. Yu. [1]Pyshnov, [2]E.V. Moiseyenko, [1]V.V. Opanasenko, [1]L.M. Alekseyeva, [1]L.G. Vysotska

HEART RATE REGULATION DURING ADAPTATION TO CONDITIONS IN ANTARCTICA

The article deals with topical issues of the problem of studying the mechanisms of human adaptation to Antarctic conditions, in particular, the characteristics of the restructuring regulation of cardiovascular system during expedition activity at the Ukrainian Antarctic Station «Academic Vernadsky». The studies were performed directly in Antarctica with the participation of winterers, who during a year were surveyed monthly by cardiointervalography and ECG. As a result of analysis of variance of heart rate in Antarctic conditions we identified the phasic restructuring of the regulation of heart rhythm of winterers. The findings extend the understanding of the peculiarities of realization of regulating the circulatory system during the change of adaptation phases. In particular, the RRNN index has a phasic structure and ranges ± 7-9 c.u. from the beginning of wintering, and in the last phase is increased to -32 c.u. The activity of the development of stress condition among winterers reflects the dynamics of changes in the rate IN_t function, which from the beginning of wintering till January ranged from 2-5 c.u. by modulo, and in the months before the return (February, March), the rate reached 46 c.u. It is established a dominant role of the time factor in influencing the quality adjustment of adaptation processes. While during the first half of the expedition heart rate variability had a balanced regulatory influence, at the end of the expedition an increased activity of the sympathetic division of the autonomic nervous system and stress regulatory mechanisms were observed. This may indicate for incomplete adaptation that requires the application of methods of correction of functional state.
Key words: Antarctic winterers; cardiac activity; heart rate variability; adaptation; Ukrainian Antarctic Station «Academic Vernadsky».

[1]State Institution Institute for Occupational Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv; [2]O.O.Bogomoletz Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

REFERENCES

1. Krivoshchekov S, Leutin V, Divert V, Divert G, Platonov Y et al. Systemic mechanisms of adaptation and compensation. Bul SB RAMS. 2004;2:148-54. [Russian].
2. Moiseenko E, Milinevsky G, Pishnov G. Social and psychological conditions at the Antarctic stations and their impact on the health of members of the expedition. Proceedings of the Institute of Psychology. GS Kostyuk APN Ukraine ed. Maksimenko SD.K. 2003;7(1): 286-94. [Ukrainian].
3. Ilyn V, Chernous S, Milinevsky G, Moiseenko E. The heart rhythm variation analysis at Auroral disturbances in the polar regions. Bul Ukr Antarct Centre. Release 4, Kiyv. 2002:212–6. [Ukrainian].
4. Moiseenko E. Disadaptation mechanisms and complex pathogenetic correction of functional systems of humans in Antarctica. [dissertation]. Kyiv: Inst Physiol. NAS. 2008. [Ukrainian]
5. Krivoshchekov S, Osipov V. Changes thermoregulation and respiratory systems in humans with adaptation to cold. Hum. Physiol. 1993;19(2):125-31. [Russian].
6. Kaznacheev V. “Polar tension syndrome” and some of the questions of human ecology at high latitudes. Bul USSR. 1980;1:74-83. [Russian].
7. Catalano F. Modern Technologies and New Perspectives for Antarctic Medicine. 2nd Italian workshop on “Human adaptation in Antarctica and extreme environments”, Leghorn, Naval Academy. 2001 September 24:133-4.
8. Bozhko AP, Gorodetskaya IV. The significance of the thyroid status of the body in the implementation of the cold adaptation effect. I.M. Sechenov’s Physiol 1994;80(3):28-37. [Russian].
9. Dygai A, Goldberg E. Humoral mechanisms of regulation of erythropoiesis in hypoxia. Bul of Experimental Biol and Med. 2005;139(2):133-7. [Russian].
10. Divert G., Disregulatory pathology. Edited by. Kryzhanovsky G. Moscow: Medicine. 2002. [Russian].
11. Moiseenko E. The functional state of the human circulatory system for the transatlantic flight conditions. Act Probl Transport Med. 2007;3(9):47–52. [Ukrainian].
12. Moiseenko E, Lyaschuk A, Trushin O, Gershun N. The influence of infrasound on circulatory function of winterers in the Antarctic Station “Academician Vernadsky”. Abstracts of the VII-th International Antarctic Conference “Antarctic research: new horizons and priorities.” VII MAC 2015 - Kyiv, Ukraine. Kyiv: 2015. May; 14:176-8. [Ukrainian].
13. Vasilevsky N, Soroko S, Bogoslovsky M. Psychophysiological aspects of human adaptation in Antarctica. Leningrad: Medicine. 1978. [Russian].
14. Moyseenko E. Features adaptation rights for terms Antarctic. Sci and educat. 2014;8:133-37. [Ukrainian].
15. Moiseenko E, Kachalin I, Yashchuk A, Lastovchenko V, Pishnov G, Demchenko M. Pecularities of adjustment of physiological functions of human in Antarctic conditions. Abstracts of symposium “Peculiarities of the formation and establishment of physiological functions in ontogenesis” Publisher of CSU. Kyiv, Cherkasy; 2003. [Ukrainian].
16. Chernouss S, Ilyin V, Milinevsky G, Moiseenko Y. Heart

rate variability parameters in variations at geomagnetic disturbances in Arctic and Antarctic regions. Physics of Auroral Phenomena. Proc. XXV Annual Seminar, Apatity. 2002:157–60.

17. Soroko S. Redevelopment of integrative mechanisms of regulation of physiological functions of the human body in experimental and high-altitude hypoxia. Problems: molecular, physiological and medical aspects: Edited by Lukyanov D and Ushakov I. - Moscow, Voronezh: Publishing house "Istoki". 2004:201-44. [Russian].
18. Cenni P, Peri A, Barbieri F, Suzzi E, Tuozzi G, Tonucci R, Berriozzi F, Zucconi S. The Psychophysiological Adaptation in Members of the 15th Italian Expedition in Antarctica. 2nd Italian workshop on "Human adaptation in Antarctica and extreme environments", Leghorn, Naval Academy. 2001 September 24:78–85.
19. The analysis of heart rate variability using different electrocardiographic systems: Method. Recommendations. Baevsky R. et al. Moscow. 2002. [Russian].
20. Zyuz'kov G, Iznak A, Zhurulevskaya S, Gorbachev N. EEG correlates of "soft" disorders of higher cortical functions. Hum physiol 2001;27(1):5-8. [Russian].
21. Cochina M, Kaminsky A. Computer rhythmograph. Radio engineering. 2010;160:263-7. [Russian].
22. Cochina M, Kaminsky A, Malenkin V. Information technology forecasting the functional state of the cardiovascular system. Cybernet and Compu Sci. 2012;170:15-27. [Russian].
23. Baevsky R. Heart rate variability: theoretical aspects and practical application. Proc rep IV All-Russia Symp Executive Editor Shlyk N. UdSU. Izhevsk. 2008:344. [Russian].
24. Lastovchenko V, Moiseenko E, Pishnov G. Psychophysiological indicators as criteria of fatigue in the professional activity of man in Antarctica. Labor hygiene: Anniversary Collection of the Institute of Occupational Medicine (the 75th anniversary). 2003;34(2):621-33. [Ukrainian].
25. Breus T, Chibisov S, Baevsky R, Shebzukhov K. Chronostructure of heart rhythms and environmental factors. Monograph. Moscow. Publisher of Russian Nations Friendship University. Polygraph service. 2002:232. [Russian].

Матеріал надійшов
до редакції 12.08.2015