

В.В. Кравчук, В.В. Кальниш

Особливості адаптації осіб льотного складу до гіпоксії

С помощью математического анализа сердечного ритма изучались особенности адаптации организма летчиков при адекватной для этой профессиональной группы гипоксической нагрузке. Установлена значительная перестройка структуры и количества корреляционных связей между показателями сердечного ритма у летчиков разного возраста и состояния здоровья.

ВСТУП

Нині актуальна проблема адаптації організму льотчиків до різноманітних факторів професійної діяльності. Для більш точного вивчення цього питання необхідно врахувати, що механізми адаптації до умов професійної діяльності серед осіб різного віку та стану здоров'я неоднакові. Обстеження людей інших спеціальностей (наприклад операторів електростанцій) показали складність змін, що здійснюються в організмі працюючих різного віку внаслідок дії значних нервово-психічних навантажень та інших факторів [4]. Аналізуючи умови професійної діяльності осіб льотного складу, можна говорити про те, що їх праця характеризується цілим комплексом фізіологічно незвичних і шкідливих факторів [1], серед яких важливе місце займає висотна гіпоксія [12, 16, 18]. Як показує досвід вітчизняних і зарубіжних авторів [15, 17, 23], такі умови діяльності висувають серйозні вимоги до функціональних можливостей авіаційних фахівців. У результаті дії комплексу професійно зумовлених факторів адаптаційні можливості льотчиків досить швидко знижуються, що істотно впливає на ефективність і надійність виконання ними службових обов'язків і значно погіршує стан їхнього здоров'я [3, 5, 7, 22]. Значною мірою ускладненню такої ситуації сприяє

складна соціально-економічна, демографічна та екологічна ситуація в Україні [9, 13].

Нині проблемі адаптації фахівців авіаційної справи до впливу гіпоксії присвячено багато уваги [6, 12, 16, 18]. Літературні дані досить повно висвітлюють вплив розрідженого повітря на окремі фізіологічні показники організму і весь організм у цілому. Однак особливості адаптації льотчиків до впливу гіпоксії помірних ступенів у сучасній фізіології та психофізіології військової праці висвітлені ще недостатньо.

Мета нашого дослідження полягала у виявленні особливостей адаптації військових льотчиків до гіпоксії помірних ступенів, залежно від їх віку та стану здоров'я.

МЕТОДИКА

Обстежено 111 осіб льотного складу (ЛС) Військово-повітряних сил (ВПС). Збройних Сил (ЗС) України в період проходження стаціонарної лікарсько-льотної комісії на базі Військово-медичного центру (ВМЦ) ВПС ЗС України. Обстежуваних було розділено за віком і станом здоров'я на 4 групи. До 1-ї і 2-ї груп увійшли особи з I групою здоров'я і віком від 30 років (1-ша); та від 31 до 40 років (2-га), а до 3-ї і 4-ї груп – з II групою здоров'я і віком до 30 років (3-тя) та від 31 до 40 років (4-та). Слід зауважити, що до I групи здоров'я

відносяться здорові особи ЛС, які не мають будь-яких захворювань або мають деякі відхилення в стані здоров'я, без тенденції до їх прогресування, що не впливає на працездатність. До II групи здоров'я відносяться практично здорові особи ЛС, які мають хронічні захворювання без порушення або з незначним порушенням функцій органів і систем, які не знижують працездатності [14]. Функціональний стан обстежуваних перебував на сталому рівні завдяки однаковим умовам і режимам перебування у медичному закладі.

Адаптацію вивчали за допомогою адекватного для цієї професії гіпоксичного навантаження. Вплив гіпоксії помірних ступенів було досліджено у барокамері УСБК-80 [8]. Підйом у барокамері здійснювали до висоти 5000 м зі швидкістю 10–15 м/с без додаткового кисневого забезпечення. Тривалість перебування на висоті 30 хв. Спуск до 3000 м здійснювали зі швидкістю 15 м/с, а згодом – 10 м/с.

Як індикатор адаптації використали серцевий ритм (СР). Вибір цього показника визначався його якістю: спрямований вплив на СР можливий тільки за наявності специфічних навичок, які були відсутні у досліджуваного контингенту. Окремо слід зазначити, що кожен із показників має свою специфіку і вказує на централізацію або децентралізацію управління СР. Однак, враховуючи те, що вони відображають різні аспекти регуляції СР, доцільно розглядати ці показники як єдиний комплекс, що характеризує резерви адаптації організму.

СР реєстрували в другому стандартному відведенні у два етапи: перший – до навантаження (у період відносного спокою) і другий – через 10 хв після навантаження (у період відновлення) у позі лежачи. Реєстрували 100 кардіоінтервалів.

Статистичний аналіз отриманих результатів здійснювали за допомогою методів варіаційної статистики, дисперсійного та кореляційного аналізу [10].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Слід зазначити, що по-перше, всі обстежені є діючими льотчиками і спроможні якісно виконувати свої професійні обов'язки, а їх функціональний стан зберігається на належному рівні. По-друге, виділені вікові групи є стандартними і відображають ті закономірні вікові зміни в організмі льотчиків, які здійснюються природним шляхом, але їх інтенсивність, ймовірно, пов'язана не тільки з віком, але і з певними відхиленнями стану здоров'я. По-третє, вікові зміни резервів адаптації льотчиків знаходяться під дією ще одного фактора, а саме тренуваності організму (залежно від стажу) до впливу специфічних льотних навантажень.

Враховуючи зроблені зауваження, стає можливим сформулювати робочу гіпотезу наших досліджень: адаптаційні резерви організму льотчиків, разом з наведеними раніше факторами, формуються за рахунок факторів віку, стану здоров'я та рівня тренуваності організму. Для адекватної оцінки цих резервів і практичного використання під час проведення заходів медико-психофізіологічного забезпечення діяльності спеціалістів необхідно враховувати дію згаданих факторів.

Для підтвердження сформульованої гіпотези та виявлення особливостей адаптації організму осіб ЛС різного віку і стану здоров'я до гіпоксії помірних ступенів було здійснено аналіз отриманих результатів, який складався з двох етапів:

- варіаційний і дисперсійний аналіз показників СР серед льотчиків, які мають різний вік (стаж) і стан здоров'я;
- кореляційний аналіз зв'язків між окремими показниками СР.

Результати першого етапу досліджень наведено у таблиці, де видно відсутність системних змін показників СР у відповідь на адекватне для даної професійної групи гіпоксичне навантаження. Достовірні зрушення тут встановлено тільки у 1-й і 4-й групах за індексом напруги (ІН).

Аналізуючи отримані результати, спостерігаємо появу певних однонаправлених тенденцій зрушень окремих показників СР при порівнянні вікових груп і груп з різним станом здоров'я. Серед здорових осіб ЛС такі тенденції прослідковуються за показниками асиметрії (As), коефіцієнтами варіації (V) та ІН. До навантаження ці показники більші в молодшій віковій групі і, навпаки, після навантаження – менші. Серед практично здорових осіб ЛС спостерігаються аналогічні тенденції за V та ІН (до і після навантаження), коефіцієнтом кореляції (m) і потужністю повільних хвиль (Sm) (до навантаження).

Однонаправлені зміни бачимо і при порівнянні груп здорових і практично здорових осіб ЛС віком до 30 років за показниками ІН, m і значеннями спектра на нульовій частоті (So) – до і після навантаження вони збільшуються, а також Sm – до

і після навантаження вони зменшуються. У віці від 31 до 40 років такі тенденції встановлено за показниками As – до і після навантаження вони зменшуються, V і ІН – до і після навантаження вони збільшуються.

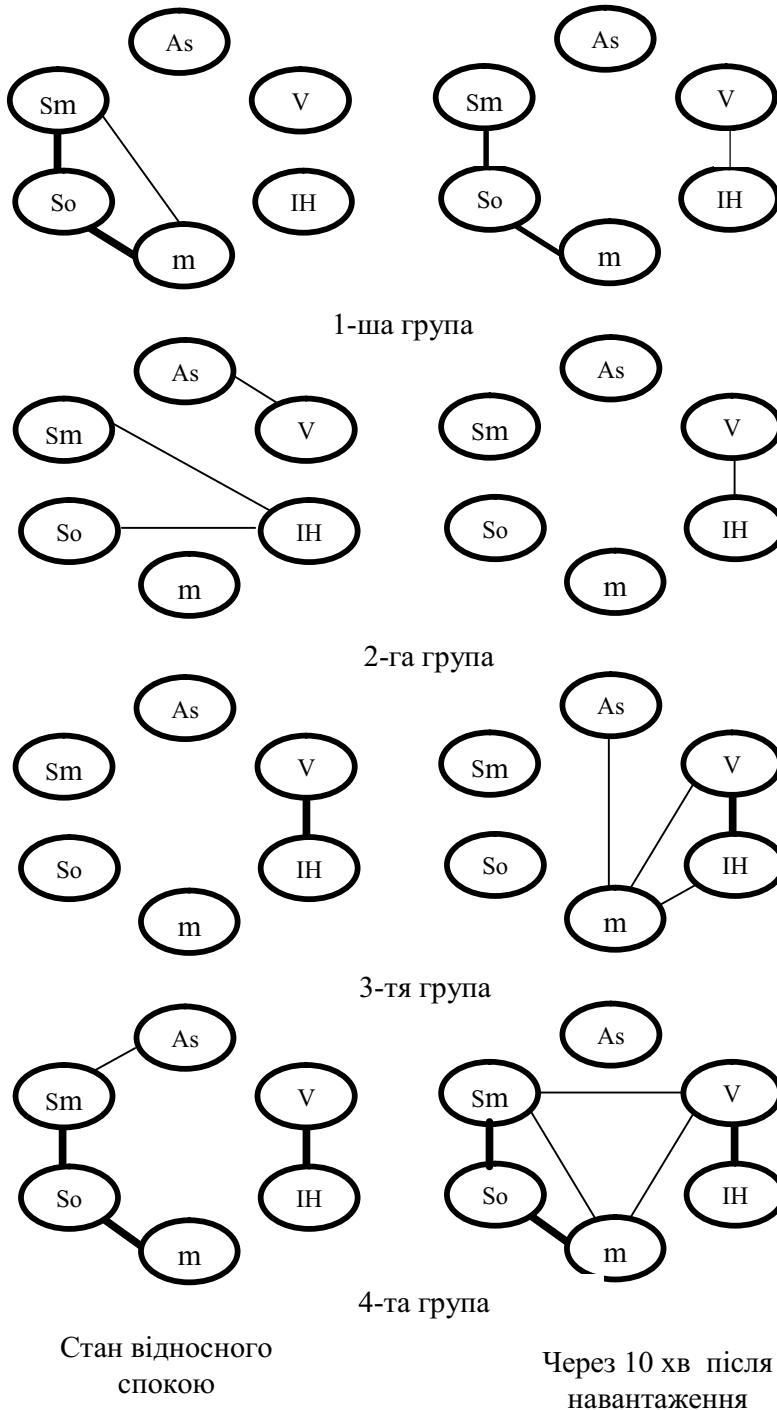
Таким чином, можна констатувати, що серед здорових льотчиків, на фоні зростання загальної тренуваності організму залежно від стажу до впливу гіпоксії помірних ступенів (про що свідчить деяке підвищення з віком впливу автономної регуляції СР у період відносного спокою), з віком спостерігається зростання нервово-емоційного напруження організму у відповідь на вплив адекватного гіпоксичного навантаження. Це, на нашу думку, зумовлено більш вираженими процесами напруження адаптаційних резервів організму у льотчиків з більшим стажем. У практично здорових осіб ЛС фактор такої тренуваності певним чином нівелюється порушенням регуляції,

Статистичні показники серцевого ритму осіб льотної складу залежно від віку та стану здоров'я

Показник	1-ша група	2-га група	3-тя група	4-та група
Асиметрія				
до навантаження	0,33±0,11	0,25±0,35	-0,3±0,38	0,04±0,11
після навантаження	0,12±0,12	0,37±0,15	0,15±0,13	0,26±0,12
Коефіцієнт варіації				
до навантаження	17,89±1,58	17,31±1,49	17,11±1,12	21,42±0,95*^
після навантаження	15,95±1,32	18,24±1,82	16,73±1,21	20,62±1,01*
Індекс напруги				
до навантаження	104,93±16,88	99,12±21,78	120,27±20,59^	178,5±25,17^
після навантаження	63,28±9,57°	98,23±38,83	72,85±12,33	103,2±11,23°
Кількість зрушень до першого негативного коефіцієнта кореляції				
до навантаження	6,48±1,91	13,13±2,88*	12,42±2,34^	8,88±1,19
після навантаження	6,17±1,58	7,5±2,18	10,53±2,06^	11,84±1,43
Значення спектра на нульовій частоті				
до навантаження	0,026±0,006	0,075±0,021	0,036±0,01	0,053±0,006
після навантаження	0,042±0,009	0,035±0,007	0,053±0,007^^	0,054±0,007^
Потужність повільних хвиль				
до навантаження	0,59±0,03	0,39±0,04	0,47±0,03	0,46±0,02
після навантаження	0,51±0,04	0,48±0,06	0,44±0,03^^	0,46±0,02

Примітка. * достовірність різниці між показниками серцевого ритму (СР) 1-ї та 2-ї; 3-ї та 4-ї груп на рівні $P < 0,05$, ° - на рівні $P < 0,01$;

^ 1-ї та 2-ї - на рівні $P < 0,01$; ° достовірність різниці між показниками СР і після навантаження на рівні $P < 0,05$, ° - на рівні $P < 0,01$.



Структура розподілу кореляційних зв'язків показників серцевого ритму серед різних груп льотчиків у різні періоди дослідження.

Жирні лінії – „жорсткі”, тонкі лінії – „пластичні” кореляційні зв'язки. As – асиметрія, V – індекс варіації, IH – індекс напруги Р.М. Баєвського, m - кількість зрушень до першого негативного коефіцієнта кореляції, So - значення спектра на нульовій частоті, Sm - потужність повільних хвиль

яке пов'язане з наявністю хронічних захворювань, що сприяє, навіть у період відносного спокою, зростанню нервово-емоційного напруження та зміщенню балансу регуляції СР у бік переважання керуючої дії центрального контуру. Такий вплив захворювань на резерви адаптації осіб ЛС і зниження їх функціонального стану, підтверджує і аналіз показників СР в однакових вікових групах, але різних за станом здоров'я. Однак достовірних зрушень досліджуваних показників СР спостерігається дуже мало, особливо серед здорових льотчиків, і в деяких випадках (див. таблицю) вони несистемні.

Не всі зміни показників СР були достовірними. Так, вплив фактора віку виявився достовірним ($P < 0,05$) за S_m (сила впливу на рівні 10 %) за умов відносного спокою. Достовірним ($P < 0,05$) є також комплексний вплив факторів віку і стану здоров'я за показником V до (сила впливу на рівні 11 %) і після (11 %) навантаження. Отримані результати свідчать про складні перебудови, що спостерігаються в організмі льотчиків з віком і зміною стану здоров'я. Однак ці перебудови не призводять до кардинальних зрушень їх резервів адаптації. За деякими показниками СР вони сягають тільки 10–11 %. Разом з тим спостерігається деяка тенденція змін зазначених показників, наявність яких дозволяє припустити, що для дослідження адаптаційних резервів організму інформативним є аналіз взаємозв'язків характеристик СР.

Результати кореляційного аналізу наведено на рисунку. Для аналізу отриманих результатів доцільно використовувати положення Н.І.Бехтєрової про існування в організмі „жорстких” і „пластичних” зв'язків [2]. „Жорсткими” можна вважати зв'язки, які не змінюються в результаті функціонального навантаження, а „пластичними” – зв'язки, які з'являються або зникають під дією цього навантаження.

Слід зазначити, що у льотчиків 1-ї групи

показники СР достатньо добре корелюють між собою (виділяються 27 % зв'язків від максимальної кількості), причому 75 % із них є „жорсткими”, оскільки після навантаження зберігаються. Крім того, відсутність достовірних змін структури взаємозв'язків в обох етапах дослідження, свідчить про стаціонарність механізмів регуляції процесів адаптації.

У льотчиків 2-ї групи до навантаження спостерігається 20 % кореляційних зв'язків від їх максимальної кількості. Після навантаження тут проявляється значне ($P < 0,001$) їх зменшення. Крім того, слід відмітити відсутність „жорстких” зв'язків.

Зміни регуляції СР серед здорових льотчиків (1-ша і 2-га групи) з віком призводять до значної перебудови структури взаємозв'язків у період відносного спокою, але їх кількість достовірно не змінюється. Після гіпоксичного навантаження спостерігається значне ($P < 0,001$) зменшення кількості таких зв'язків – від 20 до 7 %. Вірогідно, це відбувається через те, що молоді нестажовані льотчики за будь-яких умов діяльності реагують напруженням регуляторних механізмів, а у більш старших, які частіше були в різних складних професійних ситуаціях, тренування цих функцій призводить до оптимізації регуляторних процесів.

Таким чином, у здорових осіб ЛС з віком і тренуванням функцій організму зі збільшенням стажу, в результаті дії гіпоксичного навантаження відбувається формування відповідного „кореляційного каркасу”. Це забезпечує оптимальне функціонування організму під час пристосування до конкретних умов діяльності.

Дещо інша картина спостерігається у практично здорових осіб ЛС до 30 років (3-тя група). Тут у період відносного спокою виділяється 7 % „жорстких” зв'язків. Гіпоксичне навантаження призводить до появи ще чотирьох (26 % від максимальної кількості зв'язків) „пластичних” зв'язків, що

разом з „жорстким” зв’язком у сумі становить 33 %, тобто їх кількість достовірно ($P < 0,001$) зростає після навантаження. Порівнюючи 1-шу та 3-тю групи (групи одного віку, які відрізняються за станом здоров’я), встановлено достовірне ($P < 0,001$) зменшення кількості взаємозв’язків до навантаження і збільшення ($P < 0,05$) після навантаження внаслідок часткової перебудови їх структури.

У 4-й групі до навантаження встановлено 20 % „жорстких” зв’язків і 7 % „пластичних”, після навантаження збільшується кількість кореляційних зв’язків за рахунок 20 % „пластичних”. Таким чином, число усіх зв’язків після навантаження достовірно ($P < 0,05$) збільшується та сумарно становить 40 % від максимально можливих. Порівняння 2-ї та 4-ї груп (групи одного віку, які відрізняються за станом здоров’я) дозволило встановити значну перебудову структури взаємозв’язків при незначній зміні їх кількості до навантаження, а також достовірне ($P < 0,001$) збільшення цієї кількості після навантаження.

Така ситуація свідчить про те, що серед практично здорових осіб ЛС на фоні погіршення резервів адаптації організму, яке зумовлене наявністю хронічної патології, спостерігається значне їх напруження у відповідь на адекватне для цієї професійної групи гіпоксичне навантаження. Причому з віком відмічається підвищення цього напруження. Окремо слід звернути увагу на відсутність позитивного впливу тренуваності (залежно від стажу) на формування механізмів адаптації серед осіб ЛС з II групою здоров’я.

Питання комплексної оцінки резервів адаптації організму працівників різних спеціальностей, які відрізняються підвищеною важкістю та напруженістю праці, висвітлені досить добре [4, 11, 19–21]. Основним результатом цих досліджень є встановлення закономірностей змін цих резервів у різних умовах професійної

діяльності та виявлення зв’язку зі станом регуляторних систем організму працюючих залежно від віку. Разом з тим є певні протиріччя цих даних. У нашій роботі було сконцентровано увагу на адаптаційних перебудовах, які проявляються в організмі при дії завжди наявних факторів віку і стану здоров’я. Зазначені перебудови свідчать про упорядковані процеси, які характеризують адаптацію організму льотчиків до адекватного їх роботи гіпоксичного навантаження.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що інформативними індикаторами змін функціонального стану організму льотчиків з різним віком і станом здоров’я під час дії адекватного гіпоксичного навантаження є S_m і V , тобто ті показники СР, що відображають рівень централізації управління серцево-судинною системою.

2. Встановлено особливості адаптації організму льотчиків різного віку і стану здоров’я до адекватного для цієї професійної групи гіпоксичного навантаження, що полягають у значній перебудові структури та кількості кореляційних зв’язків між показниками СР. У здорових осіб ЛС до 40 років з віком відбувається достовірне зменшення кількості „пластичних” кореляційних взаємозв’язків від 20 до 7 %, а у практично здорових – їх достовірне збільшення від 7 до 20 %.

V.V. Kravchuk, V.V. Kalnysh

FEATURES OF ADAPTATION OF PILOTS TO THE MODERATE DEGREES OF OXYGEN INSUFFICIENCY

The features of pilot organism adaptation to the conventional for this professional group hypoxic load were studied by mathematical analysis of heart rate. Significant alteration of structure and amount of correlation intercommunications between the indices of the heart rate in pilots of different age and state of health was established.

Ukrainian Military Medical Academy, Kyiv

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Авиационная медицина: Учебник / Под ред. Н.М. Рудного, В.И. Копанева. – Л., 1984.-383 с.
2. Бехтерева Н.П. Здоровый и больной мозг человека. – Л.: Наука, 1988. – 262 с.
3. Бодров В.А. Медико-психологические вопросы восстановления профессиональной работоспособности летного состава // Профессиональное здоровье летчиков и летное долголетие: Тем. науч. зб. в/ч 64688 и ЦВНИАГ – М.: Воен. изд-во, 1989. – С. 50–59.
4. Бузунов В.А. Производственные факторы и возрастная работоспособность. – К.: Здоров'я, 1991. – 160 с.
5. Варус В.І. Фізіолого-гігієнічне обґрунтування превентивної реабілітації як напрямку в медичному забезпеченні професійної надійності і здоров'я льотного складу // Вісн. пробл. мед. реабілітації і фізіотерапії. – 1996. – Вип. 1, №1. – С. 179–186.
6. Караш Ю.М., Стрелков Р.Б., Чижов А.Я. Нормобарическая гипоксия в лечении, профилактике и реабилитации. – М.: Медицина, 1988. – С. 6–49.
7. Котуза А.С. Особливості та тенденції зміни стану здоров'я льотчиків та штурманів ВПС ЗС України. – В кн.: Сучасні аспекти військової медицини (Зб. наук. пр. ГВКГ). – 2001. – С. 51–56.
8. Керівництво з медичного забезпечення польотів авіації Збройних Сил України. – 1999 – 155 с.
9. Кундиев Ю.И., Нагорная А.М., Кальниш В.В. Структурный анализ формирования здоровья населения Украины в экологически неблагоприятных условиях // Журн. Академії мед. наук України. – 2003. – 9. – № 1. – С. 93–104.
10. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высш. школа, 1973. – 343 с.
11. Макаренко Н.В. Психофизиологические функции человека и операторский труд. – К.: Наук. думка, 1991. – 216 с.
12. Малкин В.Б., Гиппенрейтер Е.Б. Острая и хроническая гипоксия. – М.: Наука, 1977. – 317 с.
13. Нагорна А.М. Життя і здоров'я. – Донецьк: ТОВ “Лебідь”, 2001. – 362 с.
14. Руководство по медицинскому обеспечению Советской Армии и Военно-морского Флота. – М.: Воен. изд-во. – 1991. – 592 с.
15. Ушаков И.Б., Синопальников В.И., Рыжов А.Н. Этиологические факторы, особенности клиники и диагностики нейроциркуляторной дистонии у военных летчиков // ВМЖ. – 2001. – № 8. – С. 73–75.
16. Физиология летного труда / Под ред. акад. РАЕН, проф. В.В. Новикова. – СПб.: Наука, 1997. – 411 с.
17. Фролов Н.И. Профессиональные нагрузки и работоспособность летного состава: Справочник авиационного врача / Под ред. С.А. Бугрова и др. – М.: Воздуш. транспорт, 1993. – С. 89–100.
18. Физиология адаптационных процессов / Под ред. О.Г.Газенко и др. – М.: Наука, 1986. – С. 224–251.
19. Шалимов П.М., Усов В.М., Глухов Д.В., Измалков П.В. Автоматизированная система интегральной оценки функциональных резервов военнослужащих // ВМЖ. – 1999. – № 5. – С. 45–51.
20. Aldwin C.M., Sutton K.J., Chiara G. Age differences in stress, coping and appraisal: findings from the Aging Study // J. Gerontology. – 1996. – № 4. – P. 179–188.
21. King A.C., Oka R.K., Young D.R. Ambulatory blood pressure and heat rate responses to the stress of work and care giving in older women // J. Gerontology. – 1994. – № 6. – P. 239–245.
22. McCrery B. F., Van Syoc D.L. Permanent flying disqualifications of USAF pilots and navigators 1995-1999 // Aviat. Space Environ Med. – 2002. – № 73(11). – P. 1117–1121.
23. Pflanz S., Sonnek S. Work stress in the military: prevalence, causes, and relationship to emotional health // Mil. Med. – 2002. - № 167(11). – P. 877-882.

Укр. військ-мед. академія

Матеріал надійшов до редакції 28.12.2004