

БЕЗПЕКА АВІАЦІЇ

УДК 613.693:57.081.23:519.23.001.57(045)

Р 278.063-433.867328+
Р 124.526-426.2**В.І. Варус, М.Г. Ахаладзе, І.Г. Прокопенко,
О.М. Волянський, Й.Р. Левіт, О.Й. Чуріна****ОСОБЛИВОСТІ ВЕГЕТАТИВНОЇ РЕГУЛЯЦІЇ
ПРИ ПАСИВНІЙ ОРТОСТАТИЧНІЙ ПРОБІ У ПІЛОТІВ
ВИНИЩУВАЛЬНОЇ АВІАЦІЇ З ПОЧАТКОВИМИ ПРОЯВАМИ
НЕДОСТАТНОСТІ КРОВОПОСТАЧАННЯ МОЗКУ**

Проведено дослідження мозкового кровотоку і вегетативної нервової системи у 34 пілотів з початковими проявами недостатності кровопостачання мозку. Вегетативні зміни у пілотів з такими проявами мали гіперсимпатиконічний характер, що призводило до підвищення тону мозкових судин і погіршення кровопостачання мозку. Тому своєчасне виявлення синдромів вегетативної дистонії із застосуванням спектрального аналізу варіативності ритму серця має важливе значення для профілактики ранніх форм порушення мозкового кровотоку.

Польоти на високоманеврових літаках четвертого покоління супроводжуються частим впливом на організм пілота гравітаційних перевантажень в напрямку голова–ноги [1]. Збільшення градієнта гідростатичного тиску між верхньою і нижньою половинами тіла призводить до перерозподілу крові із збільшенням її об'єму в судинах нижніх кінцівок і зменшенням в порожнині черепа. В нормі рефлекторні реакції із синокаротидних зон викликають підвищення тону судин головного мозку і посилення роботи серця, що сприяє стабілізації церебральної гемодинаміки [2]. Але наявність вегетативних дистоній спричинює порушення компенсаторних механізмів ауторегуляції церебральної гемодинаміки і розвитку початкових проявів недостатності кровопостачання мозку (ППНКМ) [3], що в 11,5% випадків супроводжувалось пароксизмом втрати свідомості в польоті [4].

Характер вегетативних порушень у хворих з ППНКМ в літературних джерелах описувався уже при наявності клінічних проявів захворювання [5;6,7]. Проте в літературі недостатньо висвітлені питання особливостей вегетативної регуляції при гравітаційних навантаженнях льотного складу з ППНКМ без клініко-неврологічного еквівалента, тобто на першій стадії захворювання [8].

У зв'язку з цим мета роботи полягала у вивченні особливостей вегетативної регуляції за даними аналізу варіабельності серцевого ритму при пасивній ортопробі у пілотів винищувальної авіації з ППНКМ в донозологічній стадії.

Об'єктом дослідження стали 57 осіб льотного складу винищувальної авіації, які проходили стаціонарну лікарсько-льотну комісію (ЛЛК). В основну групу увійшли 34 пілоти віком 28–39 років з ППНКМ першої стадії. Діагноз встановлювався методом ультразвукової доплерографії екстракраніальних судин головного мозку за допомогою апарата LOGIQ-500MD (Японія). За діагностично значимі критерії ППНКМ приймалися зниження загального мозкового кровотоку в стані спокою до 550 мл/хв і нижче.

У 12 пілотів основної групи виявлено наявність супутних захворювань – дегенеративно-дистрофічних змін шийного відділу хребта, а у шести – хронічного гастриту в стадії ремісії. Патології серцево-судинної системи, атеросклерозу, клінічно виражених вегетативних розладів у цієї категорії обстежуваних не виявлено. Контрольну групу склали 23 здорових пілоти у віці 26–38 років. Достовірної різниці у віці між групами не було.

Цереброваскулярну реактивність визначали за даними зміни діаметра екстракраніальних артерій при пасивній ортостатичній пробі. Діаметри внутрішніх сонних артерій (на 1-2 см дистальніше біфуркації загальної сонної артерії) та хребцевих артерій (в кістковому каналі між поперечними відростками третього та четвертого шийних хребців) вимірювалися в М-режимі (триразовими вимірами мінімального значення з подальшим усередненням отриманих даних). Крім діаметра оцінювалися пікова систолічна швидкість, усереднена за часом середня швидкість та пульсативний індекс, які використовувались для визначення об'ємної швидкості кровотоку в досліджуваній артерії. Сума об'ємних швидкостей кровотоку в обох внутрішніх сонних та хребцевих артеріях складала тотальний (загальний) церебральний кровоток [9].

Для оцінки вегетативного тону виконувався запис електрокардіограми у другому стандартному відведенні й за методом Короткова на правому плечі вимірювався артеріальний тиск. Результати досліджень оцінювались за допомогою спектрального аналізу варіабельності R-R-інтервалів за короткими (5 хв) записами електрокардіограми. Фізіологічна інтерпретація варіабельності ритму серця провадилася у відповідності з загальноприйнятими в 1996 р. на сумісному засіданні Європейської та Північноамериканської кардіологічних асоціацій стандартами [10].

Для моделювання спектральних оцінок кардіоритму застосовується алгоритм блочної обробки даних методом параметричного авторегресійного спектрального оцінювання [11; 12]. Блочні методи обробки інформації адекватні алгоритмам із фіксованим часом, рекурсивним відносно порядку авторегресійної моделі досліджуваного фізіологічного процесу. Використання цих методів в аналізі фіксованих блоків часових значень функцій (дискретизованих медичних сигналів) дозволяють рекурсивним методом оцінювати параметри моделі авторегресії (АР) вищого порядку, визначати оптимальний порядок АР-моделі, який забезпечує потрібне частотне розділення процесу (процедура закриття порядку моделі).

Визначалися такі показники: TP – інтегральна потужність спектральної щільності; LF – потужність спектральної щільності в діапазоні низьких частот 0,04 – 0,15 Гц; HF – потужність спектральної щільності в діапазоні високих частот 0,15-0,4 Гц, а також відсотковий вклад LF і HF спектральних складових в загальну дисперсію спектральної щільності ритму серця, прийнятому за 100 %. Приклади параметричного авторегресивного спектрального аналізу кардіоритму наведені на рисунку.

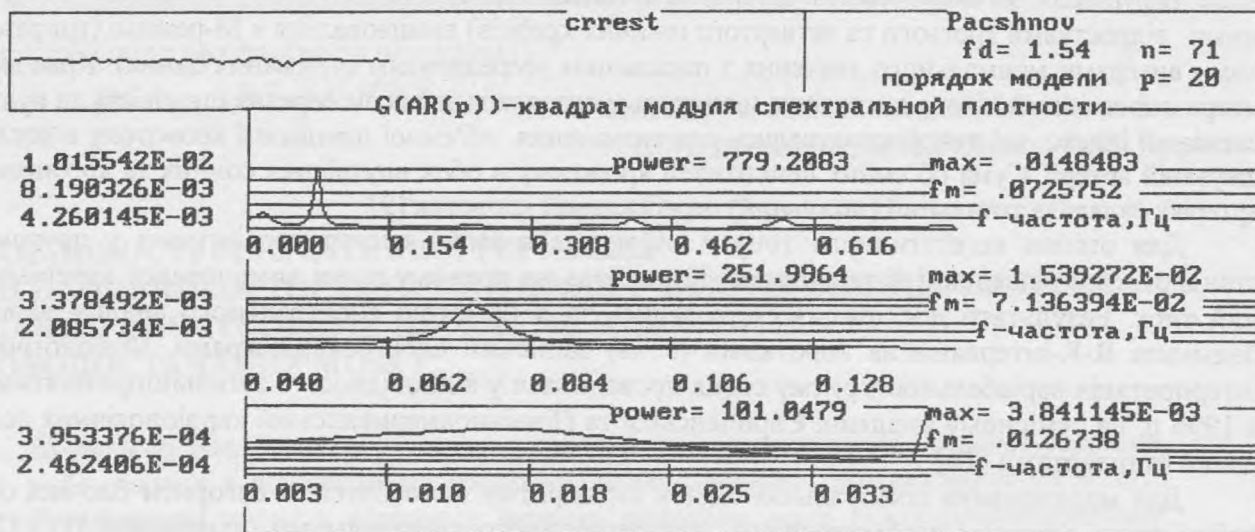
На теперішній час вважають, що діапазон HF відображує парасимпатичну активність, пов'язану з дихальною аритмією, а діапазон LF – переважно симпатичну, барорефлекторну активність сегментарних механізмів регуляції ритму серця. Взаємовідношення діапазонів LF і HF характеризує симпатико-парасимпатичний баланс (вегетативний тонус). Виконано також розрахунок вегетативного індексу Кердо [13]. Дослідження здійснювалися в положенні обстежуваного лежачи в стані розслабленої бадьорості та в ортостазі.

За даними динаміки частоти серцевих скорочень у спокої і при пробі Даньїні - Ашнера вивчали стан вегетативної реактивності. Вегетативне забезпечення діяльності при пасивній ортоклиностатичній пробі провадилася за методом Z.Servit [13].

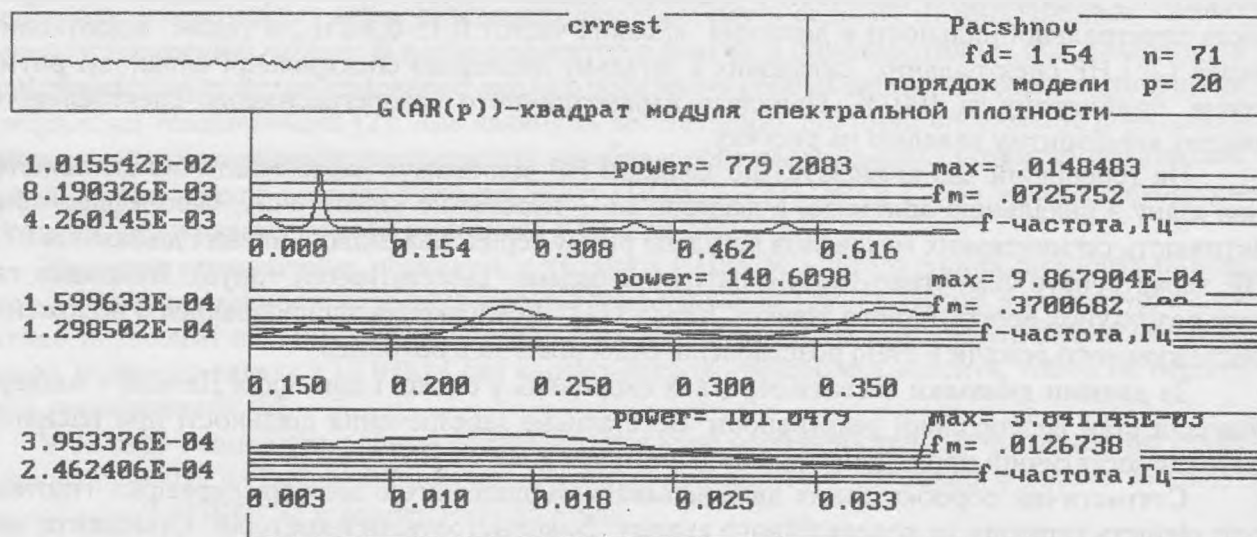
Статистична обробка даних здійснювалася за допомогою методів перевірки гіпотези про рівність середніх та кореляційного аналізу Використовуючи *t*-критерій Стьюдента, визначали середню арифметичну, стандартну похибку середньої і ступінь достовірності різниці. В усіх випадках перевірялася нормальність розподілу досліджуваних ознак.

При опитуванні льотного складу ніхто із пілотів не скаржився на стан здоров'я.

Клініко-неврологічне обстеження льотчиків основної групи виявило наявність у них поодинокі мікросимптоматики. Причому, в одного пацієнта було не більше 1-2 ознак, які заважали встановлювати певний діагноз у відповідності з розкладом хвороб [14]. У 53 % випадків відзначалася наявність м'язових валиків і болісності точок проекції хребцевих артерій; в 28% – вегетативних порушень у вигляді дистального гіпергідрозу, охолодження кінцівок, змін дермографізму; в 14% – тремору повій і пальців рук; в 3% – атаксії в позі Ромберга; в 2% – рівномірного оживлення сухожильних рефлексів.



LFn.u. = 37.15882
 введите имя файла , порядок модели введите f_{min},f_{max} HF ? 0.04,0.15
 ? eaa.aaa,20 введите f_{min},f_{max} VLF ? 0.003,0.04



LF/HF = 1.792168
 ? введите имя файла , порядок модели введите f_{min},f_{max} HF ? 0.15,0.40
 ? eaa.aaa,20 введите f_{min},f_{max} VLF ? 0.003,0.04
 HFn.u. = 20.73401

Параметричний авторегресивний спектральний аналіз кардіоритму

Дані спектрального аналізу варіативності ритму серця показали достовірне збільшення абсолютної і відносної дисперсії складової LF в осіб основної групи (табл. 1). У цієї категорії обстежуваних показник відношення LF/HF був також вище (рівень значущості $p < 0.05$), що свідчить про гіперсимпатикотонію серцево-судинної системи. Ортостатичне навантаження компенсаторно посилювало активність симпатичної ланки вегетативної нервової системи (ВНС) в обох групах. Більш інтенсивне реагування ерготропної системи у пілотів з ППНКМ є ознакою напруги механізмів адаптації до гравітаційного навантаження.

Таблиця 1

**Показники варіабельності ритму серця (вегетативного тонусу)
при пасивній ортопробі у пілотів з ППНКМ**

Показник	Положення досліджуваного	Групи пілотів	
		здорових	з ППНКМ
TP, ms^2	Горизонтальне	2505 ± 196	3212 ± 503
	Вертикальне	3105 ± 196	3912 ± 503
LF, ms^2	Горизонтальне	290,8 ± 59,1	487,3 ± 34,1*
	Вертикальне	575,8 ± 59,1	821,3 ± 34,1*
HF, ms^2	Горизонтальне	437,2 ± 78,4	428,1 ± 69,5
	Вертикальне	497,2 ± 78,4	391,1 ± 69,5
LFn, %	Горизонтальне	31,4 ± 1,3	36,2 ± 1,1 *
	Вертикальне	33,4 ± 1,3	39,2 ± 1,1*
HFfn, %	Горизонтальне	37,3 ± 3,6	23,6 ± 3,1
	Вертикальне	19,3 ± 3,6	21,6 ± 3,1
LF/HF	Горизонтальне	0,91 ± 0,1	2,5 ± 0,1*
	Вертикальне	1,91 ± 0,1	2,6 ± 0,1*

Примітка. LFn – відсотковий вклад низькочастотної коливальної складової в загальну потужність спектру; HFfn – відсотковий вклад високочастотної коливальної складової в загальну потужність спектру; * – різниця між групами достовірна ($p < 0.05$).

Про наявність підвищеного тонусу симпатичної ланки ВНС свідчить також збільшений показник вегетативного індексу Кердо в пілотів з ППНКМ, який в стані спокою складав $4,5 \pm 0,7$, а в здорових $1,3 \pm 0,3$ ($p < 0,05$). В ортостатичному положенні він дорівнював $27,4 \pm 4,3$ і $14,2 \pm 2,7$ ($p < 0,05$) відповідно.

Уповільнення частоти серцевих скорочень у відповідь на окосерцевий рефлекс у пацієнтів основної групи було незначним (табл.2). В окремих пілотів з порушенням мозкового кровотоку реакція серця виявилася “парадоксальною”, тобто частота серцевих скорочень після проби збільшувалась, що оцінювалось, як зниження вегетативної реактивності.

Як видно з табл. 2, у цієї категорії осіб відбувалося значне зменшення отроклиностатичної різниці й індексів лабільності серцевої діяльності. Подібні зміни в роботі серця при пасивній ортоклиностатичній пробі вказували на надмірне вегетативне забезпечення переходу з одного положення в інше. А включення в процес управління більш високих рівнів регуляції ритму серця приводило до напруги адаптаційних механізмів порівняно з пацієнтами контрольної групи.

Діаметр внутрішніх сонних артерій (ВСА) складав $5,4 \pm 0,2$ мм в досліджуваних контрольної групи і $4,6 \pm 0,2$ мм - з ППНКМ ($p < 0.05$). У вертикальному положенні просвіт судин зменшувався до $4,7 \pm 0,15$ мм і $4,3 \pm 0,2$ мм ($p < 0,05$) відповідно. У хребцевих артеріях така тенденція зберігалась: горизонтально $3,1 \pm 0,2$ мм і $2,6 \pm 0,15$ мм, вертикально $2,6 \pm 0,15$ мм і $2,2 \pm 0,2$ мм ($p < 0,05$). Коефіцієнт реактивності ВСА, як відношення діаметрів в горизонтальному положенні пацієнта до вертикального, дорівнював $1,26 \pm 0,08$ у здорових пілотів і $1,04 \pm 0,06$ – з ППНКМ ($p < 0,05$), у хребцевих артеріях – $1,26 \pm 0,04$ і $1,1 \pm 0,05$ ($p < 0,05$). Наведені дані свідчать про значне зменшення просвіту судин, що вказує на підвищення тонусу екстракраніальних артерій у досліджуваних основної групи. А зниження реактивності у відповідь на гравітаційне навантаження свідчить про неадекватність роботи механізмів адаптації церебральної гемодинаміки. Отже, судинна система головного мозку у цієї категорії об-

стежуваних знаходилась в більш напруженому вихідному стані, що супроводжувалося зниженою реакцією судин при ортостатичному впливі. Подібний механізм судинної регуляції відповідає "закону вихідного рівня" [13], тобто чим в більш напруженому (діяльному) вихідному стані знаходиться система, тим менша відповідь можлива при дії обурюючих стимулів.

Таблиця 2

Показники вегетативної реактивності та вегетативного забезпечення діяльності при пасивній ортопробі у льотного складу з ППНКМ

Показник	Групи пілотів	
	здорових	з ППНКМ
Вегетативна реактивність – коефіцієнт Ашнера	-5,9 ± 1,2	-1,8 ± 0,96*
Вегетативне забезпечення діяльності		
Середнє ортостатичне прискорення	12,9 ± 0,54	15,4 ± 0,68*
Ортостатичний індекс лабільності	5,6 ± 0,7	2,17 ± 0,17*
Кліно статичне уповільнення	5,2 ± 0,64	3,57 ± 0,41
Ортокліно статична різниця	7,7 ± 0,88	3,09 ± 0,97*
Кліно статичний індекс лабільності	3,2 ± 0,87	1,4 ± 0,52*

* Різниця між групами достовірна ($p < 0.05$).

Як відомо, при ортостазі за рахунок дії гідростатичного тиску відбувається перерозподіл крові із збільшенням її об'єму в судинах черевної порожнини і нижніх кінцівок і як наслідок – зменшення венозного повернення і серцевого викиду. Це, в свою чергу, спричинює зниження мозкового кровотоку і зменшення гемоперфузії головного мозку. Для підтримки стабільності церебральної гемодинаміки при ортостатичних впливах відбувається ціла низка компенсаторних реакцій, головною з яких є рефлекторна вазоконстрикція резистивних судин. Пусковою ланкою компенсаторних механізмів є барорецептори аорти, каротидного синусу та твердої мозкової оболонки. Пресорна дія з яких на судини проходить через утворення симпатичної нервової системи [2].

Реакція ВНС у стані гіперсимпатикотонії виявилась неадекватною у відповідь на гравітаційне навантаження, що в цілому спричинювало зниження компенсаторних резервів ауторегуляції мозкового кровотоку у пілотів з ППНКМ.

Три пілоти основної групи погано перенесли ортостатичне випробування. У вертикальному положенні в них значно підвищувалися частоти серцевих скорочень (120 уд/хв і вище), вегетативний індекс до 30 та відношення LF/HF більше 4, що характеризувало наявність високого ступеня напруги вегетативної регуляції. На 15-20 хв ортостазу відбувався зрив механізмів адаптації, розвивалася брадикардія, зменшувався пульсовий артеріальний тиск до 10 мм рт.ст., значно підвищувався тонус екстракраніальних артерій і більше, ніж на 40% знижувався об'ємний мозковий кровотік, що в кінцевому підсумку призводило до колаптоїдного стану. Подібні зміни системної та церебральної гемодинаміки характерні для симпатико-астеничного типу патологічних реакцій симпатико-адреналової системи на ортопробу.

Кореляційний аналіз між показником відношення LF/HF і вегетативним індексом Кердо виявив наявність тісного зв'язку ($r = 0.72$), що дає можливість використовувати вегетативний індекс для скрінінгового відбору та спостереження в міжкомісійний період льотного складу із синдромом вегетативної дистонії.

Отже, як свідчать результати досліджень, у пілотів з ППНКМ виявлено порушення функції ВНС з перевагою симпатичної направленості вегетативних реакцій. Під дією гіперсимпатикотонії відбувається підвищення судинного тону, що призводить до зниження мозкового кровотоку в магістральних судинах головного мозку. Дисфункція ВНС призводить до порушення авторегуляції церебральної гемодинаміки при ортостатичних навантаженнях та

зниження адаптаційних резервів кровопостачання мозку, що може стати причиною втрати працездатності в польоті.

Тому, на наш погляд, своєчасна діагностика порушень ВНС з використанням вегетативного індексу при проведенні ортопроби в умовах військової ланки є важливим для профілактики ППНКМ. Льотний склад винищувальної авіації із синдромом вегетативної дистонії та ППНКМ підлягає превентивній реабілітації з визначенням функціонального резерву мозкового кровотоку. Подальший огляд ЛЛК цим пілотам доцільно здійснювати в стаціонарних умовах. А під час динамічного спостереження в міжкомісійний період лікар частини при перед-, між- та післяпольотних оглядах повинен не менше ніж один раз на місяць проводити дослідження ВНС шляхом визначення вегетативного індексу Кердо в стані спокою та при активній ортопробі.

Таким чином, вегетативні зміни при ППНКМ мають гіперсимпатикотонічний характер, які в стані спокою і, особливо в умовах гравітаційних навантажень, сприяють розладам судинного тонуусу з перевагою констрикторних реакцій і зниженню кровопостачання головного мозку, що справляє негативний вплив на професійну придатність льотного складу.

Застосування авторегресійного спектрального аналізу варіативності серцевого ритму при пасивній ортопробі має важливе значення для профілактики ранніх форм порушення мозкового кровотоку та відновлення професійного здоров'я льотного складу і сприяє своєчасному виявленню та превентивній реабілітації пілотів з синдромом вегетативної дистонії.

Список літератури

1. *Физиология летного труда: Учебник / Под ред. проф. В.С.Новикова.*—Спб.: Наука, 1997.—411 с.
2. *Осадчий Л.И.* Положение тела и регуляция кровообращения.—Л.: Наука, 1982.—143 с.
3. *Акимов Г.А.* Начальные проявления сосудистых заболеваний головного мозга. — М.: Медицина, 1983.— 186 с.
4. *Воронин Т.С., Власов В.Д.* Вегетативная дистония в практике врачебно-лётной экспертизы // Медицина и авиация.—1997.—№1.—С.111—119.
5. *Миртовская В.Н., Лошкарева Н.Н.* Вегетативные нарушения у больных с начальными признаками недостаточности кровоснабжения мозга при гипертонической болезни, атеросклерозе и их немедикаментозная коррекция // Невропатология и психиатрия. — 1991—№5.— С.16—19.
6. *Печеркин В.Ф.* Вегетативно-сосудистая дистония и начальные проявления недостаточности кровоснабжения мозга: Автореф. дис... канд.мед. наук.—Казань: КМИ, 1990.—16 с.
7. *Роль синдрома вегетативной дистонии в генезе доинсультных форм цереброваскулярной патологии у женщин молодого возраста / А.Р.Рахимджанов, Б.Г.Гафуров, Я.Н. Маджидова и др.*//Невропатология и психиатрия— 1997.—№6 — С.19—21.
8. *Одинак М.М., Михайленко А.А., Иванов Ю.С., Семин Г.Ф.* Сосудистые заболевания головного мозга - Спб.: Гиппократ, 1997— 159 с.
9. *Клиническое руководство по ультразвуковой диагностике. Т4 / Под ред. В.В.Митькова.* - М.: ВИДАР, 1997. - 387 с.
10. *Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use* //Circulation—1996— Vol.93.—Р.1043—1065.
11. *Марпл-мл. С.Л.* Цифровой спектральный анализ и его приложения — М.: Мир; 1990.— 520 с.
12. *Прокопенко И.Г., Чурина А.И.* Параметрический спектральный анализ биомедицинских сигналов //Материалы междунар. науч.-техн. конф. “Аэронавигация и авионика-98”. — К.: КМУГА, 1998. — С. 174, 175.
13. *Вегетативные расстройства: Клиника, лечение, диагностика / Под ред. А.М.Вейна.* - М.: Мед. информ. агентство, 1998. — 752 с.
14. *Наказ МО України №2 від 4 січня 1994 року “Про затвердження Положення про військово-лікарську експертизу та медичний огляд у Збройних Силах України”.*— К.: Варта, 1995.—448 с.

Стаття надійшла до редакції 4 грудня 2000 року.