

В.І. Чобан,
Г.В. Цвігун,
Д.С. Мечев,
В.Г. Полежаєв

Головний військовий клінічний
госпіталь МО України,
м. Київ

Сцинтиграфія скелета з міченими фосфатами в діагностиці ранніх деструктивних змін опорно-рухового апарату при перевантажній хворобі

Scintigraphy of skeleton with labeled phosphates
in diagnosis of early destructive changes
of locomotor system with stress fracture

Цель работы: Оценка роли сцинтиграфии скелета в диагностике деструктивных изменений при перегрузочной болезни военнослужащих и изучение особенностей поражения костной системы в начальном периоде.

Материалы и методы: Сцинтиграфию с перегрузочными изменениями скелета проводили 105 военнослужащим в возрасте от 18 до 25 лет. Внутривенно болюсно вводили 800 МБк ^{99m}Tc-пирофосфата в 0,5–1 мл физиологического раствора. Исследования проводили на гамма-камере MB-9100 (Венгрия), оснащенной системой компьютерной обработки «Мигра» (Київ), с интервалом 1 кадр в секунду. Методику выполняли в два этапа: первый — в фазе кровотока в течение 240 секунд с получением суммарного сцинтиграфического кадра только одной заведомо интересующей проекции; второй — в фазе оптимального соотношения накопления РФП в мягких тканях и костях через 3–4 часа с возможностью полипозиционного исследования. Проведена качественная и количественная оценка пассажа РФП на этапах артериального микроциркуляторного кровотока, венозного оттока, а также выполнена статическая количественная сцинтиграфия в фазе максимального кровенаполнения тканей в конце 240-й секунды. Через 3–4 часа сцинтиграфически определены изменения в скелете на уровне костного метаболизма.

Результаты: Выделены варианты ангиосцинтиграфической картины изменений кровотока и перестройки скелета в раздельном и сочетанном отношении; определена степень нарушения показателей (индексов) на различных этапах перестроенного процесса.

Выводы: Диагностическая ценность и широкая доступность динамической и статической сцинтиграфии скелета позволяют рекомендовать их для выявления функциональных нарушений кровотока и ранних изменений костного метаболизма при перегрузочной болезни скелета как методы скрининга и мониторинга.

Ключевые слова: радионуклидное исследование, опорно-двигательный аппарат, ангиосцинтиграфия, статическая сцинтиграфия, перегрузочная болезнь скелета.

Objective: To assess the role of bone scan in the military men with stress fracture and to study the peculiarities of early bone stress.

Material and Methods: Scanning was used to investigate 105 military men with skeleton stress fracture, aged 18–25. A bolus intravenous injection of 800 MBq of ^{99m}Tc-pyrophosphate in 0,5 to 1 ml of normal saline was made. The investigation was carried out on gamma-camera MB-9100 (Hungary) equipped with a computer processor “Migra” (Kyiv) at 1 shot in 1 s. interval. The technique involved two stages: the first one in the phase of blood flow during 240 s resulted in the overall scintigraphy shot of only one projection of interest. The second stage in the phase of the optimum ratio of the RP accumulation in the soft tissues and bones in 3–4 hours enabled to carry out polypositional investigation. Qualitative and quantitative assessment of RP passage at the stages of arterial inflow, microcirculatory blood flow and venous outflow as well as static quantitative scintigraphy in the phase of tissue maximum blood pool at the end of the 240th s was made. In 3–4 hours the changes in the skeleton at the bone metabolism level were scintigraphically determined.

Results: Angioscintigraphic variants of separate and combined pictures of blood flow changes and skeleton rebuilding were singled out; the extent of disorders of indices at different stages of rebuilding process was determined.

Conclusion: High diagnostic value and availability of dynamic and static scintigraphy of skeleton allow to recommend this method for detection of functional disorders in blood flow and early changes of bone metabolism as the method of screening and monitoring of stress fracture.

Key words: radionuclide study, locomotor system, angioscintigraphy, static scintigraphy, stress fracture of skeleton

Перевантажна хвороба скелета (стресовий перелом) у військовослужбовців — захворювання зі складним і багатофакторним етіопатогенезом, яке, не зважаючи на численні дослідження [1–4], залишається недостатньо вивченим патологічним процесом. Особливо це стосується раннього періоду хвороби. Доведено, що саме в цей період патологічні зміни в кістках не виявляються, а в м'яких тканинах мають виражений характер [5–8]. Разом з тим

припускають і значні зміни в мікроциркуляторному руслі кровообігу ураженої ділянки [2, 9]. Інколи ці зміни двосторонні, але частіше зосереджені на одній кінцівці.

Загальновідоме використання радіонуклідних досліджень для ранньої діагностики захворювань, у тому числі й при дослідженні опорно-рухового апарату. В доступній літературі зустрічаються тільки поодинокі праці зарубіжних авторів [8, 10, 11], які використовували такі

дослідження при перевантажній хворобі скелета. Однак ці автори традиційно визначали результати досліджень якісними параметрами за відсутності кількісної оцінки остеосцинтиграфії. Ми не знайшли також інформації про стан кровотоку при різній активності перебудовного процесу, а також про те, який стан змін кровотоку сприяє формуванню кістково-деструктивного процесу. Діагностика ранніх, можливо доклінічних, ознак кісткової деструкції при перевантажній хворобі потребує вдосконалення сцинтиграфічної оцінки за рахунок розробки комплексу якісних і кількісних параметрів пасажу остеотропних радіофармпрепаратів.

Завданням нашої роботи стало вивчення сцинтиграфічних ознак при перевантажній хворобі скелета та вдосконалення методу остеосцинтиграфії у діагностиці початкового періоду хвороби.

Методика дослідження

Обстежено 105 військовослужбовців віком від 18 до 25 років з перевантажними змінами у скелеті. З патологічними змінами хребта було 3 пацієнти, кистей — 3, кісток таза — 2, шийки стегнової кістки — 5, стегнової кістки — 17, кісток гомілки — 20, п'яткової кістки — 3, плюсневих кісток — 52.

Для визначення ранніх поєднаних патологічних змін у м'яких тканинах і кістках виконували остеосцинтиграфію з використанням мічених фосфатних комплексів. Автори вирішили удосконалити дану методику остеосцинтиграфії при дослідженні військовослужбовців із перевантажною хворобою скелета, доповнюючи її ангіостеосцинтиграфічними дослідженнями шляхом вивчення пасажу остеотропного РФП протягом 3 годин з перших секунд дослідження.

Його проводили на гамма-камері МВ-9100 (Угорщина), оснащеної комп'ютерною системою збирання та обробки інформації «Мігра» (Київ) з інтервалом 1 кадр за секунду. Методику виконували в 2 етапи: перший (ангіографічний) — у фазі кровотоку протягом 240 секунд після внутрішньовенного введення 800 мБк ^{99m}Tc -пірофосфату з отриманням сумарного сцинтиграфічного кадру; другий (статичний) — у фазі оптимального співвідношення між накопиченням РФП у м'яких тканинах скелета і кістках, через 3–4 години.

Такий методичний порядок дозволяє на першому етапі дослідження проаналізувати характер пасажу РФП безпосередньо як в осередку перебудовного процесу, так і в ділянці найближчого регіонарного судинного басейну, з оцінкою артеріальної, мікроциркуляторної та венозної фаз кровотоку; на другому етапі — виявити зміни в скелеті на рівні кісткового метаболізму.

Результати та їх обговорення

Результати першого та другого етапів дослідження визначали якісними та кількісними

параметрами пасажу РФП. Якісна оцінка полягала у візуалізації ангіо- і остеосцинтиграфічних кадрів з вивченням спектра розподілу РФП на боці ураження та в ділянці без його ознак (рис. 1); кількісна — в наступній побудові динамічних кривих пасажу РФП з визначенням параметрів кровотоку у відповідних зонах інтересу. Визначено 3 типи кривих: нормальні, змішані, обтураційні (рис. 2).

Нормальні — це криві, зняті в зоні інтересу з фоновим розподілом РФП. Вони характеризувались однорівневим пасажем із візуалізацією стадій артеріального притоку, мікроциркуляторного кровотоку і венозного відтоку РФП з чіткою часовою градацією (рис. 2, а). Змішані — криві зони інтересу з помірно вираженим дифузно-осередковим розподілом РФП. Вони характеризувались дворівневим пасажем РФП з візуалізацією стадій артеріального притоку, мікроциркуляторного кровотоку і венозного відтоку, але без чіткої часової градації, як результат помірного підйому кривої і змішування стадій мікроциркуляторного кровотоку з венозним відтоком (рис. 2, б). Обтураційні — це криві зони інтересу з вираженим осередковим накопиченням РФП, що характеризувались трирівневим пасажем

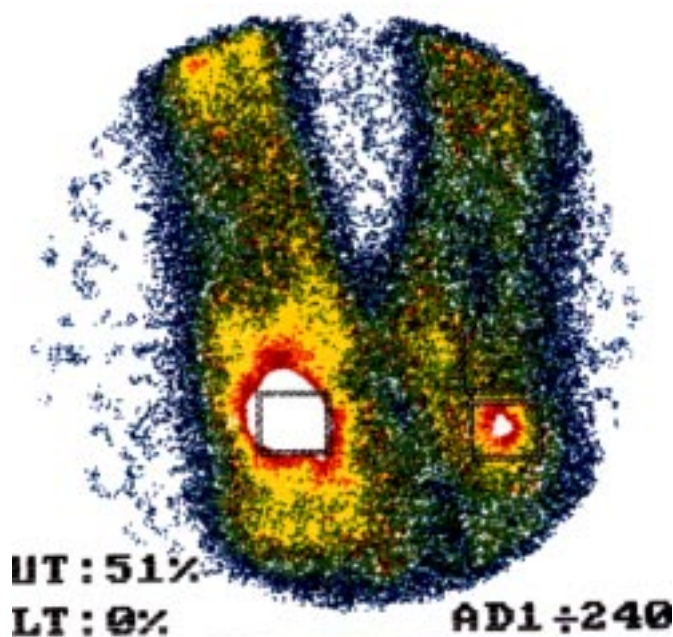


Рис. 1 — Якісна оцінка ангіостеосцинтиграфії хворого П.; діагноз — перевантажна хвороба правої гомілки

Fig. 1 — Qualitative assessment of angiosteatoscintigraphy of patient P., diagnosis: stress fracture of the right leg

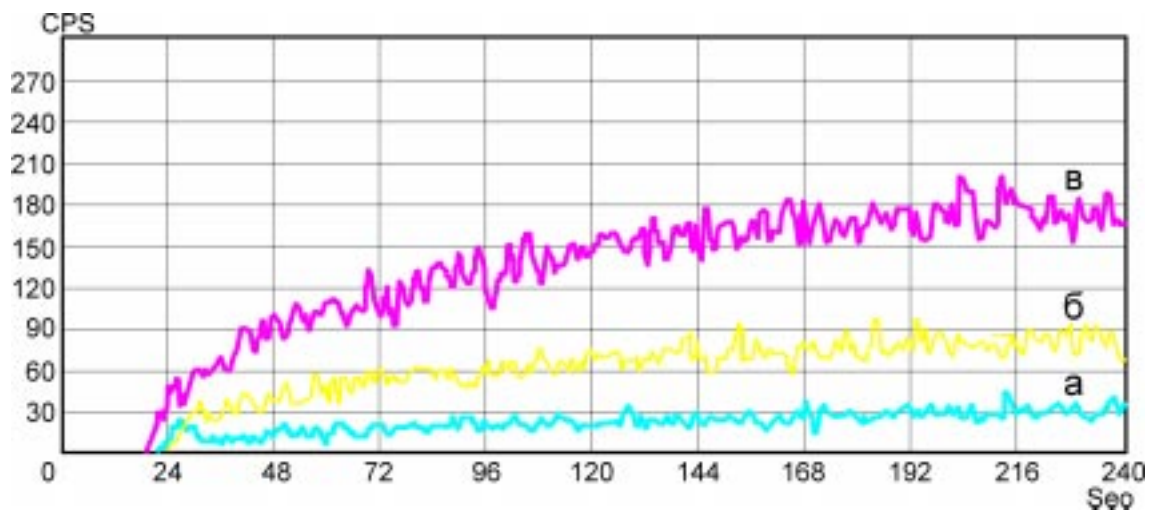


Рис. 2 — Кількісна оцінка ангіоостеосцинтиграфії того ж хворого; динамічні криві пасажу РФП: а — нормальна; б — змішана обтураційна; в — обтураційна

Fig. 2 — Qualitative assessment of angioosteoscintigraphy of the same patient, dynamic curves of Rp passage: a — norm; б — mixed obturation; в — background

РФП без формування плато і візуалізації стадій артеріального, мікроциркуляторного і венозного кровотоку, у вигляді єдиного пасажу РФП з кривою різко вираженого підйому з перших і до останніх секунд дослідження (рис. 2, в).

Крім ангіографічних кривих, якісно і кількісно оцінювали осередки перевантаженої хвороби в ангіографічній фазі на етапі максимального кровонаповнення тканини. Сумарну візуалізацію кадрів відтворювали на 240-й секунді (рис. 3).

На кадрах проявлялися осередки різної активності розподілу РФП:

а) виражені — відображені в різноманітній кольоровій гамі за шкалою активності на 100 % (рис. 3, а);

б) помірні, за шкалою активності на 55 % (рис. 3, б);

в) фонові — безосередкові з одноколірним розподілом за шкалою активності на 12 % (рис. 3, в).

Виражені осередки кваліфіковано нами, як споріднений судинно-кістковий деструктивний процес, підтверджений на відстроченій остеосцинтиграфії осередком кісткової перебудови. Помірні осередки кваліфіковано як чисто судинний процес перебудови кровотоку, що ще не визначався на відстроченій остеосцинтиграфії осередком кісткової перебудови.

Беручи до уваги, що група хворих із патологічними змінами стопи найчисленніша, дані

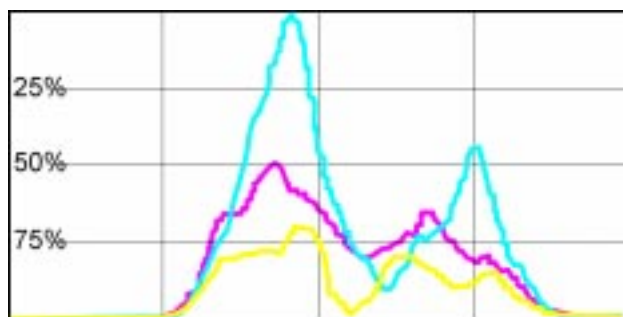
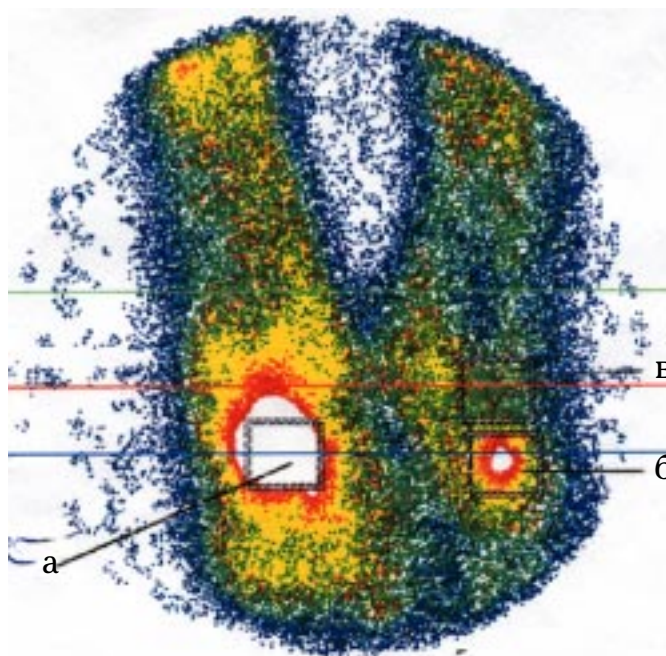


Рис. 3 — Кількісна оцінка осередку хвороби того ж хворого в ангіографічній фазі на етапі максимального кровонаповнення тканини; осередки різкої активності розподілу: а — виражені; б — помірні; в — фонові

Fig. 3 — Qualitative assessment of the disease focus in the same patient at angiographic phase at maximum blood filling of the tissue, foci of increased activity of distribution: а — marked; б — moderate; в — background

досліджень у нашій роботі характеризуються, виходячи з аналізу пасажу РФП в цій групі.

При кількісній обробці пасажу РФП в нормі фаза артеріального припливу візуалізувалася протягом 7–8 секунд, капілярного кровотоку ще через 3–4 секунди, рівень венозного відтоку — з 12-ї секунди від початку дослідження, що збігається з даними рентгеноконтрастної ангіографії на стопі [12]. Обробку кривих пасажу РФП проводили, використовуючи впроваджені нами параметри: індекси — артеріокапілярний, артеріовенозний та кровонаповнення тканини. Індекси — це відношення болюсної активності РФП артеріального притоку до мікроциркуляторного кровотоку і венозного відтоку. За основу обчислення брали відрізки кривої на 6, 12, 18-й секундах. Індекс кровонаповнення визначали співвідношенням концентрації РФП на перших і останніх секундах динамічного дослідження.

В нормі індекси становлять: артеріальний — $0,5 \pm 0,16$ од., артеріовенозний — $0,5 \pm 0,19$ од., індекс кровонаповнення — $1,1 \pm 0,43$ од. При помірно вираженому дифузно-осередковому розподілі РФП артеріальна фаза кровотоку проявлялась у скороченому вигляді протягом 3–4 секунд у зв'язку з накладанням на неї активності капілярної і венозної фаз, які представлялися домінуючим підйомом рівня сегмента кривої над артеріальною фазою. Артеріокапілярний індекс варіював у діапазоні $1,3 \pm 0,3$ од., артеріовенозний — $1,7 \pm 0,5$ од., індекс кровонаповнення — $2,6 \pm 0,7$ од. При вираженому осередковому розподілі РФП артеріальна фаза проявлялась тільки в перші секунди, зливаючись із мікроциркуляторною, а мікроциркуляторна — з венозною. Всі відділи кривої візуалізувались як єдиний високий підйомний сегмент. Артеріокапілярний індекс відповідав діапазону $2,5 \pm 0,9$ од., артеріовенозний — $3,5 \pm 1,1$ од., кровонаповнення — $5,1 \pm 1,4$ од.

У відстрочений період (через 3–4 години) виконували статичну остеосцинтиграфію (рис. 4).

Обробка досліджень статичної остеосцинтиграфії включала контрастування, згладжування, визначення ізорозрахункових рівнів, виділення зон інтересу з наступною побудовою

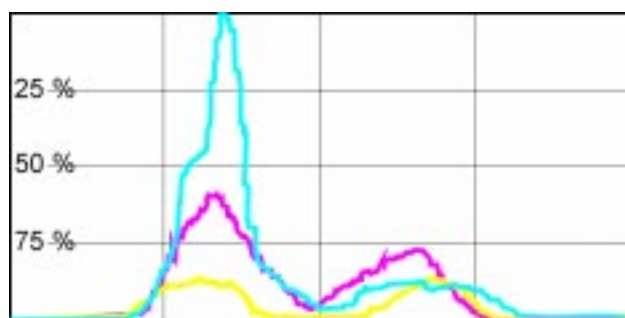
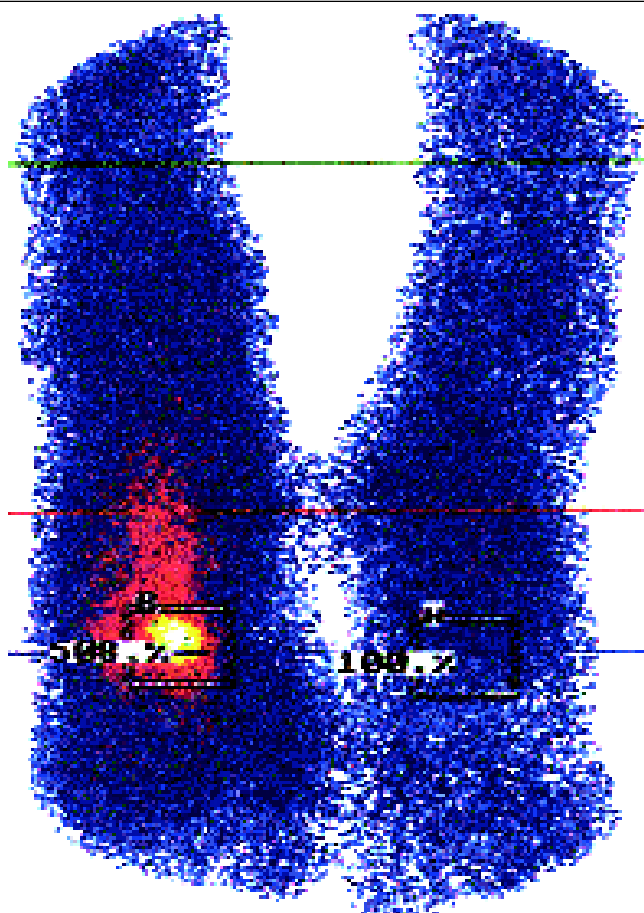


Рис. 4 — Статична остеосцинтиграфія того ж хворого через 3,5 години після введення 800 МБк ^{99m}Tc -пірофосфату

Fig. 4 — Static osteoscintigraphy of the same patient 3.5 hours after infection of 800 MBq Tc-99m pyrophosphate

гістограм. Характеризуючи якісні параметри відстроченої остеосцинтиграфії, слід указати на наявність різного ступеня інтенсивності осередкового накопичування РФП у кістках. Однак площа осередків кісткової гіперфіксації була значно меншою порівняно з осередками судинної сцинтиграфії, і вони не завжди проявлялись, хоч на судинних сцинтиграмах були виражені.

Проводячи аналіз ангіо- і статичних остеосцинтиграм, ми виявили такі закономірності візуалізації при відстроченій остеосцинтиграфії:

а) осередки кісткової перебудови візуалізуються лише в тих випадках, коли індекси кровонаповнення, виявлені за даними ангіоостеосцинтиграфії, лежать в діапазоні $5,1 \pm 1,4$ од.;

б) показники кровонаповнення в діапазоні $2,6 \pm 0,7$ од. і нижче осередками кісткової гіперфіксації РФП не визначаються.

Наступним критерієм оцінки патологічних процесів були кількісні параметри обробки осередок / фон з обчисленням відсотка накопичення РФП в осередку порівняно із симетричною ділянкою нормальної кісткової тканини. Спостереження, в яких цей показник перевищував 25 %, вважали позитивними. При цьому осередок гіперфіксації від 125 до 150 % оцінювали як неактивний, 150—200 % — як проміжний, понад 200 % — активний тип накопичення.

Рентгенологічно перевантажна хвороба визначалась у групах хворих з активним типом накопичення РФП — тільки в 65 % спостережень; з проміжним типом — в 35 %; з неактивним — не визначалась зовсім.

Отже, як показують наші дослідження, радіонуклідна діагностика з міченими фосфатами, особливо ангіоостеосцинтиграфія — високочутливий і інформативний тест, що дозволяє діагностувати патологічні осередки судинної перебудови раніше, ніж рентгенологічний метод, даючи тим самим можливість медичної корекції кровотоку, запобігання розвитку кісткової перебудови (так званого «стресового перелому»), що важливо в реабілітації осіб із даною патологією.

ВИСНОВКИ

1. Радіонуклідні дослідження з ^{99m}Tc -пірофосфатом при перевантажній хворобі («стресовому переломі») доцільно починати з ангіоостеосцинтиграфії з наступною остеосцинтиграфією. Таке поєднання методів дає можливість виявити зміни в скелеті на рівні мікроциркуляторних змін кровотоку.

2. Така зміна в діапазоні кровонаповнення $2,6 \pm 0,7$ од. є пограничним станом змін ланки мікроциркуляції, за яким розвиваються кістково-деструктивні зміни скелета, що потребують відповідної лікувальної корекції.

3. Застосування ангіоостеосцинтиграфії з фосфатами забезпечує ранню діагностику патологічної функціональної перебудови скелета будь-якої локалізації з мінімальними променевими навантаженнями.

4. За підозри на перевантажну хворобу скелета комплексну діагностику слід починати з радіонуклідної діагностики (система скринінгу). Зважаючи на простоту, атравматичність і низькі променеві навантаження, метод стає визначальним у спостереженні за динамікою ефективності лікувального процесу (система моніторингу).

Література

1. Богоявленский И.Ф. Патологическая функциональная перестройка костей скелета. — Л.: Медицина, Ленингр. отд-ние, 1976.
2. Зедгенидзе Г.А., Жарков П.Л. Регионарные дистрофические поражения костей и суставов // Клиническая рентгенодиагностика (руководство) / Под ред. Г.А. Зедгенидзе. — М.: Медицина, 1984. — Т. 3. — С. 310—316.
3. Полежаев В.Г., Губенко В.П., Кудь Е.Д. // Воен.-мед. журн. — 1978. — С. 69—71.
4. Попов В.С. Изменения формы костей под влиянием ненормальных механических условий в окружающей среде: Дис. ... д-ра мед. наук. — СПб, 1980.
5. Миронов С.П., Циркунов А.И. // Вестн. травматол. и ортоп. — 1998. — № 4. — С. 65—67.
6. Назаренко Г.П., Канючевский А.Г., Литосян А.М. и др. // Там же. — 1999. — № 3. — С. 3—11.
7. Свешников А.А., Смотрова А.А., Мингазова Н.В. // Мед. радиол. — 1985. — № 6. — С. 62—66.
8. Gestien G., Thrall J., Espinosa J. // Radiol. — 1986. — Vol. 121. — P. 683—687.
9. Полежаев В. Г. Перегрузочная болезнь. — К.: Здоровье. — 1991.
10. Миронов С.П., Лонтатидзе Е.Ш. Стрессовые переломы у спортсменов и артистов балета. — М., 1989.
11. Knoury G.I. et al. // Skelet. Radiol. — 1981. — Vol. 6, № 4. — P. 271—273.
12. Беляева А.А. Ангиография в клинике травматологии и ортопедии. — М.: Медицина, 1993.

Дата надходження: 18.03.2003.

Адреса для листування:
Чобан Володимир Ілліч,
Головний військовий клінічний госпіталь МО України,
вул. Госпітальна, 18, Київ, 01133, Україна