

© Группа авторов, 2002

Состояние кровообращения, костеобразования и плотность минеральных веществ в области коленного сустава у больных с деформирующими артрозами

А.А. Свешников, В.Д. Макушин, А.А. Ларионов, Т.А. Ларионова, Л.А. Смотров, С.В. Ральникова, Г.П. Иванов

The condition of circulation, osteogenesis and mineral density in the knee of patients with deforming arthroses

A.A. Sveshnikov, V.D. Makushin, A.A. Larionov, T.A. Larionova, L.A. Smotrova, S.V. Ralnikova, G.P. Ivanov

Государственное учреждение науки

Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г. А. Илизарова, г. Курган (генеральный директор — заслуженный деятель науки РФ, член-корреспондент РАМН, д.м.н., профессор В.И. Шевцов)

С помощью радионуклидных методов и костной денситометрии обследовали 101 больного с гонартрозами. Из них у 18 пациентов было двустороннее поражение коленных суставов. С целью улучшения внутрикостной гемодинамики, усиления восстановительных процессов в костной ткани была применена методика повторяющихся остеоперфораций в проекции очагов максимальной фиксации меченого технефора (наружные и внутренние мыщелки бедра и голени). Радионуклидные методы позволили выявлять латентные, рентгенологически не обнаруживаемые на ранних стадиях, участки перестройки костной ткани, а также регенеративно-гипертрофические изменения в процессе лечения. Через 1,5-2 месяца после операции у большинства пациентов со II-III стадиями артроза рентгенологически наблюдали равномерное восстановление эпифизарного хряща с увеличением его высоты.

Ключевые слова: гонартрозы, радионуклидные методы, костная денситометрия, остеоперфорации.

101 patients with gonarthroses were examined using radionuclide methods and bone densitometry. Among them 18 patients had bilateral involvement of the knees. The technique of repeating osteoperforations of labelled technephore in the projection of maximal fixation foci (lateral and medial condyles of femur and leg) was used to improve the intraosseous hemodynamics, to enhance the restorative processes in bone tissue. The radionuclide methods allowed to reveal latent parts of bone tissue reorganization, which couldn't be detected at the early stages by x-rays, and also regenerative-and-hypertrophic changes during treatment. Uniform restoration of epiphyseal cartilage and its height increase were noted by x-rays in most patients with arthrosis of II-III stages 1,5-2 months after surgery.

Keywords: gonarthroses, radionuclide methods, bone densitometry, osteoperforations.

Артрозы — наиболее распространенные заболевания суставов, поэтому изучение их патогенеза и разработка способов лечения имеют исключительно большое практическое значение. В возрасте 55-64 лет они встречаются в 83-87% случаев. При деформирующих артрозах коленного сустава наряду с разработкой методик лечения постоянно ведется поиск методов ранней диагностики. Установлено, в частности, что метод двуфотонной абсорбциометрии позволяет определить минеральную плотность (МП) при ошибке измерения $\pm 2\%$. Наши предварительные исследования показали ее исключительно высокую информативность в условиях костно-

суставной патологии [1-3].

Для диагностики дегенеративно-дистрофических заболеваний при артрозе коленных суставов высокоэффективной была и остеосцинтиграфия [4]. Это обусловлено тем, что она наряду с изучением структуры позволяет получить представление об активности обменных процессов минеральных веществ в области суставов, особенно на начальных стадиях заболевания. Есть возможность оценить и состояние кровоснабжения пораженного сустава, уточнить локализацию изменений и определить их точный размер, а затем контролировать интенсивность восстановительных процессов [4].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Всего обследовано - 101 человек, из них с первой стадией заболевания - 33 человека, со второй -

34, с третьей - 34. Из них у 18 больных было двустороннее поражение коленных суставов.

У больных с целью нормализации внутрикостной гемодинамики, усиления восстановительных процессов в костной ткани была применена методика повторяющихся остеоперфораций в проекции очагов максимальной фиксации РФП (наружные и внутренние мыщелки бедра и голени)

Исследования костеобразования и кровообращения в области коленных суставов проводили на эмиссионном компьютерном томографе фирмы "Нуклеар Чикаго" /США/. Измерения минеральной плотности (МП) проводили на дихроматическом костном денситометре фирмы "Норлэнд" (США). Существенное значение придавалось исследованию костной ткани с по-

мощью ультразвука.

Для остеосцинтиграфии применяли фосфатные соединения (технефор), меченные ^{99m}Tc , которые, циркулируя в сосудистом русле сразу после инъекции, быстро включаются в минеральный обмен и активно накапливаются в деминерализованных костных структурах или во вновь формируемой кости. На начальных этапах кинетики радиофармпрепарат (РФП) находится в сосудистом русле и дает возможность провести динамическую ангиосцинтиграфию. Затем, через 2,5 часа после введения препарата и накопления в кости, регистрировали статическую фазу (остеосцинтиграфия).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

До лечения. При обследовании суставов в случаях подозрения на начальные стадии болезни были выявлены следующие изменения: при сохранении гомогенности экоструктуры эпифиза отмечено умеренное снижение эхоплотности всей кортикальной пластинки с 39,7 до 51,3 условных единиц. По латеральному и медиальному краям выявляли участки разрыхления на протяжении 0,2-0,4 см. В эпифизе были мелкие, неправильной формы эхоплотные участки.

В сосудистую фазу при радионуклидном исследовании определялась гипervasкулярная зона (табл. 1) вследствие повышения притока крови, наличия венозного застоя в субхондральных слоях и прилежащих частях костной ткани.

В костную фазу радионуклидного исследования при первой стадии артроза (рис. 1) накопление остеотропного РФП в очагах повышенной фиксации в области мыщелков коленного сустава отражало степень деминерализации и составляло $142,2 \pm 18\%$ ($P < 0,05$). На рентгенограммах изменения структуры костной ткани практически отсутствовали. При второй стадии накопление РФП было равно $239,8 \pm 21\%$ ($P < 0,01$). При третьей стадии в очагах гиперфиксации значение РФП было самым высоким и составляло $398,2 \pm 32\%$ ($P < 0,001$).

Изменения во время лечения. После первой остеоперфорации в оперированном коленном суставе отмечали следующие значения включения РФП: при первой стадии - 185,4%, при второй - 280,3%, при третьей - 400,5%, что связано со стимуляцией кровоснабжения и усилением репаративных процессов в измененных тканях (рис. 2).

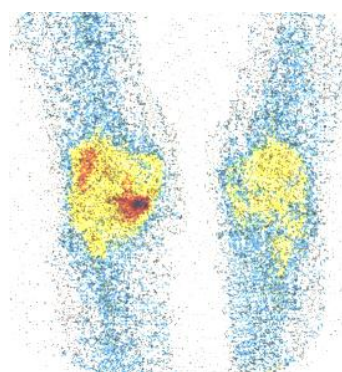


Рис. 1. Остеосцинтиграмма области коленных суставов до операции (первая стадия артроза), на которой слева определяется повышенный уровень накопления ^{99m}Tc -технефора, указывающий на активно протекающие перестроительные процессы с деминерализацией ткани.

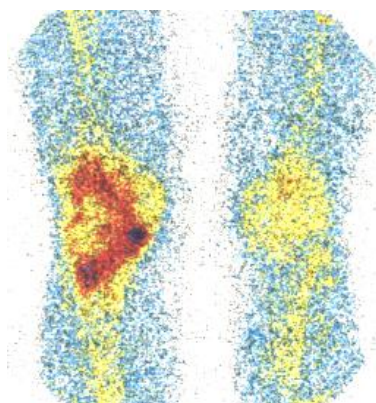


Рис. 2. Остеосцинтиграмма, выполненная на 14 день после остеоперфорации (первая стадия артроза). В пораженном суставе (слева) повышенное накопление меченого технефора, свидетельствующее о существенном усилении репаративных процессов в костной ткани.

Через 14-16 дней выполняли повторные остеоперфорации коленного сустава. Это приводило к дальнейшему усилению кровообращения (табл. 1) и увеличению накопления РФП в зоне остеоперфораций в костную фазу исследования: при первой стадии - 224,3%, при второй - 335,3%, при третьей - 435,5%, что расценивалось как ускорение репаративных процессов после оперативных вмешательств.

Через 3 месяца после остеоперфораций интенсивность кровообращения (табл. 1) и активность репаративных процессов в костной ткани области очага поражения уменьшалась, вследствие чего интенсивность накопления РФП при первой стадии составляла 145,3%, при второй - 222,5%, при третьей - 380,5%.

После комплексного консервативного лечения и уменьшения клинических проявлений артроза уровень кровотока приближался к нормальным значениям, а интенсивность репаративных процессов снижалась в еще большей мере и составляла при первой стадии 135,5%, при второй - 205,3%, при третьей - 322,3% (табл. 1 и 2).

Через 1,5-2 месяца после операции у большинства пациентов со II-III стадиями патологического процесса рентгенологически и с помощью УЗИ наблюдали равномерное восстановление структуры эпифизарного хряща с увеличением его высоты. Сохранялась ростковая пластинка с тенденцией к восстановлению ее правильной ориентации. Меченый пирофосфат накапливался в незначительных количествах (рис. 3).

Через 6-9 месяцев после проведения лечебно-восстановительных мероприятий у пациентов с III и IV стадиями заболевания на уровне зоны роста эпифиза накопление РФП восстанавливалось уже к 5-му месяцу после операции.

Плотность минеральных веществ. Больные были подразделены на две группы (женщины и мужчины), так как в возрасте после 50 лет у них разная МП (у женщин она меньше) и по-разному она убывает в дальнейшем. В дистальном метафизе бедренной кости МП выше по сравнению с метафизом большеберцовой кости. В мышечках плотность минералов больше, чем в центре метафиза (табл. 3).

Таблица 1.

Динамика накопления ^{99m}Tc -технефора (%) в сосудистую фазу при лечении гонартроза

Стадии гонартроза	До лечения	После I остеоперфорации	После II остеоперфорации	Через 3 месяца после остеоперфораций	После консервативного лечения
I	115,5±9 n=28	166,4±11* n=28	182,3±21* n=28	135,2±8* n=25	110,1±8 n=22
II	130,6±12 n=36	181,2±13* n=36	204,8±24* n=36	162,3±11 n=32	122,6±10 n=30
III	180,8±21 n=37	200,6±18 n=37	223,4±25 n=37	186,7±14 n=34	140,6±11 n=31

Примечание: здесь, а так же в табл. 2 – 4 знаком «*» обозначены статистически достоверные данные ($p < 0,05$).

Таблица 2.

Динамика накопления ^{99m}Tc -технефора (%) в костную фазу при лечении гонартроза

Стадии гонартроза	До лечения	После I остеоперфорации	После II остеоперфорации	Через 3 месяца после остеоперфораций	После консервативного лечения
I	142,2±18 n=28	185,4±24* n=28	224,3±30* n=28	145,3±23 n=25	135,5±20 n=22
II	239,8±21 n=36	280,3±25 n=36	335,3±23* n=36	222,5±30 n=32	205,3±22 n=30
III	398±32 n=37	400,5±20 n=37	435,5±36 n=37	380±42 n=34	322,3±52 n=31

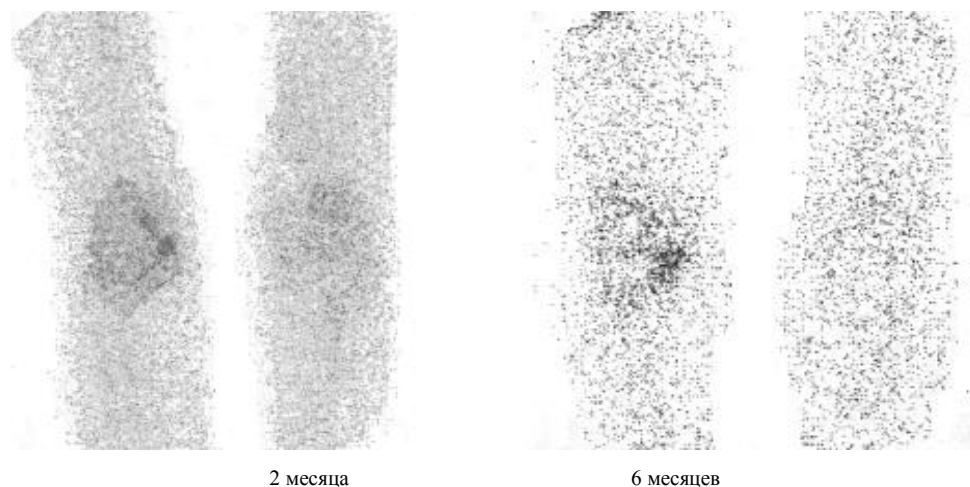


Рис. 3. Остеосцинтиграммы больного с III стадией гонартроза через 2 и 6 месяцев после окончания лечения. В связи с восстановлением структуры эпифизарного хряща накопление меченого технефора существенно уменьшилось.

Таблица 3.

Плотность минеральных веществ (г/см²) в коленном суставе в процессе лечения деформирующего артроза у женщин 41-70 лет

Место измерения	До операции	Дни после операции				
		14	45	150	420	540
Женщины 41-50 лет						
Дистальный метафиз бедра	1,79±0,018 n=17	1,52±0,028* n=17	1,29±0,025* n=17	1,54±0,036* n=15	1,95±0,027 n=14	1,85±0,021 n=12
Мышечки: медиальный	1,60±0,014	1,42±0,022*	1,19±0,019*	1,36±0,029*	1,71±0,026	1,63±0,032
латеральный	1,55±0,017	1,35±0,025*	1,22±0,022*	1,32±0,035*	1,66±0,051	1,53±0,042
Проксимальный метафиз голени	1,63±0,018	1,48±0,017*	1,31±0,014*	1,37±0,028*	1,62±0,031	1,60±0,032
Мышечки: медиальный	1,51±0,016	1,35±0,012*	1,29±0,012*	1,39±0,026*	1,45±0,025	1,54±0,032
латеральный	1,46±0,012	1,34±0,016*	1,14±0,022*	1,29±0,014*	1,37±0,012*	1,47±0,011
Надколенник	0,78±0,011	0,62±0,010*	0,50±0,008*	0,59±0,012*	0,63±0,018*	0,73±0,014
Женщины 51-60 лет						
Дистальный метафиз бедра	1,60±0,026 n=19	1,48±0,032* n=19	1,24±0,007* n=19	1,36±0,025* n=16	1,47±0,016* n=15	1,62±0,011 n=12
Мышечки: медиальный	1,45±0,019	1,29±0,013*	1,04±0,008*	1,12±0,011*	1,25±0,011*	1,38±0,001
латеральный	1,47±0,022	1,24±0,015*	1,17±0,013*	1,35±0,012*	1,47±0,016	1,45±0,029
Проксимальный метафиз голени	1,50±0,018	1,33±0,014*	0,84±0,014*	1,05±0,009*	1,32±0,012*	1,54±0,017
Мышечки: медиальный	1,45±0,022	1,29±0,016*	0,98±0,012*	1,10±0,008*	1,34±0,013*	1,47±0,016
латеральный	1,41±0,016	1,24±0,019*	1,00±0,006*	1,18±0,010*	1,31±0,015*	1,39±0,016
Надколенник	0,63±0,008	0,46±0,008*	0,36±0,005*	0,42±0,019*	0,55±0,009	0,67±0,006
Женщины 61-70 лет						
Дистальный метафиз бедра	1,47±0,032 n=17	1,23±0,024* n=17	0,90±0,015* n=17	1,15±0,012* n=15	1,32±0,017* n=12	1,31±0,014 n=11
Мышечки: медиальный	1,34±0,022	1,11±0,014*	0,83±0,010*	1,02±0,014*	1,17±0,022*	1,22±0,017
латеральный	1,33±0,031	1,08±0,028*	0,93±0,010*	1,09±0,009*	1,18±0,026	1,25±0,028
Проксимальный метафиз голени	1,20±0,013	1,05±0,022* P<0,01	0,89±0,019* P<0,001	1,14±0,027* P<0,01	1,19±0,017 P>0,1	1,24±0,023 P>0,1
Мышечки: медиальный	1,29±0,017	1,08±0,019*	0,93±0,018*	1,10±0,012*	1,20±0,022	1,31±0,015
латеральный	1,23±0,011	0,96±0,014*	0,89±0,012*	0,95±0,016*	1,28±0,024	1,26±0,019
Надколенник	0,57±0,008	0,40±0,005*	0,35±0,002*	0,41±0,003*	0,48±0,004*	0,52±0,004

Общим в обеих группах было то, что после проведения спиц в метафизах МП на 14-45 дни снижалась, наиболее заметно на 45-й день. На 150-й день отмечено отчетливое увеличение плотности. Через 420 дней у женщин в возрастной группе 41-50 лет в метафизах, где проводились спицы, МП была выше, чем в исходном состоянии, а на 540-й - возвращалась к исходному состоянию (табл. 3).

У женщин в возрасте 51-60 лет МП до опе-

рации меньше, чем в 41-50 лет, в то время как у мужчин в этом возрасте изменений еще не наблюдалось (табл. 4). В 51-60 лет увеличения МП на 420-й день не происходило.

У женщин в 61-70 лет на 540-й день МП была ниже исходных значений. У мужчин в этой же возрастной группе снижения плотности (по сравнению с исходным состоянием) не отмечено.

Таблица 4.

Плотность минеральных веществ (г/см^2) в коленном суставе в процессе лечения деформирующего артроза у мужчин 41-70 лет

Место измерения	До операции	Дни после операции				
		14	45	150	420	540
Мужчины 41-50 лет						
Дистальный метафиз бедра	2,02±0,032 n=16	1,85±0,036* n=16	1,65±0,025* n=16	1,78±0,026* n=15	1,99±0,032 n=14	2,15±0,026 n=12
Мышечки: медиальный	1,93±0,035	1,68±0,028*	1,46±0,029*	1,71±0,022*	1,95±0,019	2,06±0,034
латеральный	1,91±0,034	1,72±0,022*	1,41±0,033*	1,68±0,025*	1,90±0,026	2,05±0,037
Проксимальный метафиз голени	1,79±0,021	1,62±0,019*	1,45±0,028*	1,65±0,029*	1,73±0,024	1,88±0,025
Мышечки: медиальный	1,67±0,024	1,52±0,026*	1,31±0,034*	1,54±0,035*	1,78±0,034	1,74±0,036
латеральный	1,88±0,029	1,67±0,038*	1,48±0,024*	1,61±0,031*	1,90±0,037	1,93±0,031
Надколенник	0,91±0,017	0,73±0,012*	0,62±0,016*	0,70±0,010*	0,83±0,018	0,96±0,015
Мужчины 51-60 лет						
Дистальный метафиз бедра	1,90±0,032 n=15	1,71±0,024* n=15	1,62±0,018* n=15	1,76±0,021* n=14	1,85±0,027 n=12	1,99±0,030 n=11
Мышечки: медиальный	1,82±0,020	1,74±0,014*	1,45±0,012	1,66±0,010	1,72±0,014	1,92±0,017
латеральный	1,85±0,020	1,76±0,017*	1,56±0,014*	1,79±0,012*	1,85±0,020	1,91±0,024
Проксимальный метафиз голени	1,74±0,018	1,51±0,024*	1,32±0,021*	1,54±0,016*	1,69±0,014	1,80±0,019
Мышечки: медиальный	1,69±0,022	1,54±0,019*	1,38±0,011*	1,59±0,013*	1,65±0,010	1,75±0,014
латеральный	1,62±0,017	1,46±0,014*	1,37±0,011*	1,45±0,009*	1,58±0,011	1,79±0,019
Надколенник	0,84±0,005	0,69±0,003*	0,57±0,004*	0,77±0,003*	0,85±0,004	0,89±0,005
			Мужчины	61-70 лет		
Дистальный метафиз бедра	1,86±0,032 n=17	1,74±0,022* n=17	1,55±0,028* n=17	1,66±0,019* n=15	1,74±0,014 n=14	1,90±0,018 n=11
Мышечки: медиальный	1,78±0,028	1,62±0,032*	1,42±0,024*	1,51±0,017*	1,72±0,026	1,75±0,022
латеральный	1,72±0,023	1,63±0,024*	1,52±0,023*	1,60±0,028*	1,69±0,021	1,73±0,022
Проксимальный метафиз голени	1,65±0,012	1,56±0,021*	1,51±0,017*	1,58±0,018*	1,61±0,022	1,66±0,024
Мышечки: медиальный	1,60±0,018	1,48±0,019*	1,35±0,016*	1,45±0,019*	1,54±0,018	1,59±0,021
латеральный	1,55±0,020	1,42±0,015*	1,28±0,016*	1,40±0,021*	1,48±0,014	1,53±0,021
Надколенник	0,73±0,019	0,62±0,018*	0,52±0,011*	0,58±0,010*	0,64±0,018	0,75±0,026

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В данной работе применены самые современные методы исследования: костная денситометрия и остеотропные меченые соединения. Это дало возможность выявлять рентгенологически не обнаруживаемые на ранних стадиях участки перестройки костной ткани, а также регенеративно-гипертрофические изменения в процессе лечения. Благодаря этим методам мы имели возможность контролировать процесс коррекции, прогнозировать эффективность оперативного лечения и оценивать результат ком-

плексной терапии.

Остеотропные препараты (в данном исследовании $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -технефор) позволяли контролировать репаративный процесс в связи с тем, что они накапливаются в костном межклеточном пространстве, окружая сеть вновь образовавшихся капилляров, и на прилежащих поверхностях остеоида. Степень поглощения остеотропного соединения связана, прежде всего, с большей поверхностью незрелого фосфата кальция в образующемся регенерате, то есть с малым раз-

мером кристалла. Имеет значение и то, что создается повышенная васкуляризация тканей и изменяется их проницаемость.

У большинства больных со II-III стадиями артроза уже через 1,5-2 месяца после операции отмечено улучшение кровообращения и усиление обменных процессов в области коленного сустава. Следствием этого было рентгенологически определяемое равномерное восстановление структуры эпифизарного хряща с увеличением его высоты. Сохранялась ростковая пластинка с тенденцией к восстановлению ее правильной ориентации. После уменьшения клинических проявлений артроза уровень кровотока приближался к нормальным значениям.

При III-IV стадиях заболевания лечебно-восстановительные мероприятия привели к положительным изменениям на уровне зоны роста через 6-9 месяцев.

Положительный эффект после остеоперфораций создается лучшими условиями кровообращения, что сопровождается усилением обменных процессов, способствующих регенерации тканей. Обнаруженные нами однонаправленные изменения кровотока и накопления технефора говорят о том, что образуются новые сосуды и коллатерали между ними, иначе эффекта накопления его не наблюдалось бы, так как ускорение кровотока приводит к уменьшению времени нахождения меченого соединения

в сосудах, прилежащих к месту регенерации.

Белки стенки капилляров и протекающей по ним крови обладают свойством полупроводимости, что создает необходимый для физиологии кости электрический потенциал [5]. В образованных на месте остеоперфораций кости капиллярах заряд отрицательный. В месте перехода артерий в вены - положительный. Вены каналов остеона также заряжены положительно. Кровотоком создается электрохимический потенциал электронной проводимости, при котором возможна преципитация солей [5]. Роль инициальных факторов ее играют также пептиды костного коллагена, богатые отрицательно заряженными аминокислотами и органический фосфор, которые отсутствуют в коллагене мягких тканей. В месте соединения гидроксиапатита и коллагена также создается электрический потенциал. Образующиеся кристаллы начинают функционировать как пьезоэлектрические датчики, со своей стороны усиливающие отложение солей в регенерате. Необходимо иметь в виду, что при уменьшении мышечной активности ослабляется прямое нервное влияние на кость, нарушается проницаемость сосудов, изменяются механические свойства кости [6].

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда фундаментальных исследований, грант № 01-04-96422.

ЛИТЕРАТУРА

1. Свешников А.А., Попков А.В., Смотров Л.А. / Рентгеноденситометрические и радиоизотопные исследования репаративного костеобразования при дистракционном остеосинтезе // Ортопед. травматол. - 1987. - № 5. - С. 47-50.
2. Свешников А.А., Офицерова Н.В., Мингазова Н.Б. / Содержание минералов кости по данным фотонной абсорбциометрии при лечении переломов методом чрескостного остеосинтеза // Ортопед. травматол. - 1985. - № 1. - С. 40-42.
3. Svashnikov A.A., Oficerova N.V. Mineralstoffwechsel bei Knochenbrüchen nach den Ergebnissen der Photonenabsorptionsmessung // Radiol. Diagn. (Berlin). - 1985. - Bd. 26. - № 3. - S. 389-395.
4. 2. Материалы к разработке комплексной схемы коррективки функционального состояния внутренних органов при чрескостном остеосинтезе // Гений ортопедии. - 1999. - № 1. - С. 48-53.
5. Montoye H. J., McCabe J.F., Metzner H.L., Garn S.H. Physical activity and bone density // Human Biology. - 1976. - v. 48. - P. 599-610.
6. Prediction of body composition by age, height, weight and skinfold thickness in normal adults / C.Hassager, A.Gotfredsen, J.Jensen, C.Christiansen // Metabolism. - 1986. - v.35. - P. 1081-1084.

Рукопись поступила 21.11.00.