

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА “X-Rays”

О. П. Тимошенко, М. Ю. Карпинский, А. Л. Верещун  
Институт патологии позвоночника и суставов им. проф. М.И.Ситенко АМН Украины

Ежегодно возрастающая частота заболеваемости остеопорозом обращает на себя внимание врачей всего мира. В Украине особую остроту эта проблема приобретает в связи с отсутствием средств диагностики, позволяющих выявить данное заболевание на ранней стадии. В настоящее время для этой цели используются однофотонные и ультразвуковые денситометры иностранного производства. Однако высокая стоимость делает их практически недоступными для подавляющего большинства медицинских учреждений Украины. Вселяет оптимизм тот факт, что отечественные разработчики медицинской техники обратили внимание на эту проблему. Специалистами Харьковского национального университета радиоэлектроники совместно с Харьковской медицинской академией последипломного образования разработан программный комплекс “X-Rays”, позволяющий диагностировать остеопороз путем анализа рентгеновских снимков. Копия программы была любезно предоставлена авторами в редакцию журнала “Медицина и ...” для тестирования в клинических условиях.

### Материалы и методы

Тестирования диагностических возможностей программного комплекса “X-Rays” проводили в два этапа на базе лаборатории биомеханики Института патологии позвоночника и суставов им. проф. М.И. Ситенко АМН Украины.

На первом этапе материалом исследований служили 56 лабораторных крыс линии Вистар, которым в средней трети бедренной кости зубоврачебным бором создавали дефект стенки 3x0,5 мм проникающий до костномозгового канала и моделирующий остеопороз. Животные были разделены на две группы: в первой заживление дефекта протекало естественным путем, второй группе вводили препарат оксидат торфа (гумат аммония), стимулирующий процесс регенерации костной ткани. В качестве контроля использовали не оперированную конечность. Вывод животных из эксперимента осуществлялся на 14 и 28 сутки. Оценка

состояния костной ткани проводилось по изменению оптической плотности изображения кости на рентгеновском снимке. Для чистоты эксперимента все исследуемые объекты снимались одновременно на одну кассету, чтобы исключить искажения, связанные с разным качеством пленки и обработки снимков.

На втором этапе материалом служили рентгенограммы 16 больных. Для сравнения проводились измерения морфометрических размеров костей, как с помощью программного комплекса “X-Rays”, так и вручную, после чего определялись морфометрические индексы остеопороза (по Barnet-Nordin и Головенко). Кроме того, группе больных были выполнены рентгенограммы совместно с тест-объектом со ступенчато изменяющейся толщиной, что на рентгеновском снимке позволяло получить 20 градаций яркости изображения (рис. 1). Тест-объект играл роль эталона, позволяющего обеспечить идентичность измерений при разном качестве рентгеновских снимков.

Рентгенограммы вводились в компьютер с помощью сканера UMAX ASTRA-1220P со слайд-модулем. Сканирование проводилось с оптическим разрешением 600 dpi в формате BMP.

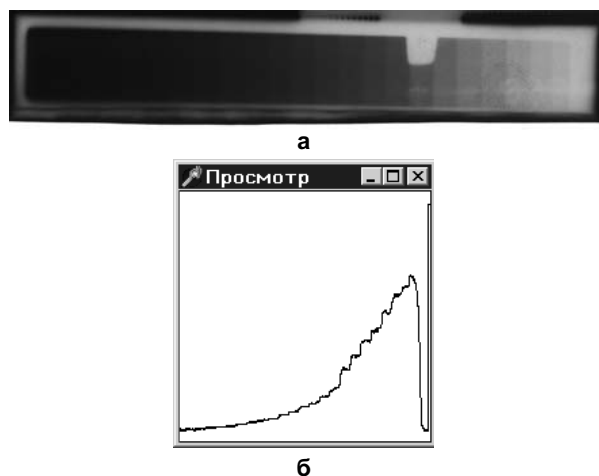


Рисунок 1.

Рентгеновский снимок тест-объекта:  
а – тест-объект; б – кривая изменения оптической плотности тест-объекта.

## Результаты

Проведенное тестирование показало, что программный комплекс "X-Rays" является эффективным средством диагностики остеопороза. Оптическое разрешение в 256 оттенков серого цвета позволяет различать разницу оптической плотности в невидимой глазом части снимка тест-объекта. Это хорошо видно на кривой изменения его оптической плотности (зона ограничена вертикальными маркерами), которая приведена на рис. 1, б. Как показал эксперимент на животных, оптического разрешения в 256 градаций оттенков серого цвета вполне достаточно для определения довольно тонких отличий в плотности костной ткани. Такие отличия были достоверно выявлены в обеих группах животных как по времени течения репаративных процессов в костной ткани, так и между группами на всех контролируемых стадиях регенерации (табл. 1). Это позволило сделать вывод об эффективности использованного препарата гумат натрия при лечении травматических повреждений костей скелета у животных.

Использование кривой изменения яркости

изображения для определения границ морфометрических зон позволяет значительно повысить точность измерения размеров морфометрических зон, которые используются при расчете метакарпальных индексов остеопороза. Результаты автоматического и ручного определения указанных выше индексов приведены в табл. 2. Средняя погрешности при определении размеров костей вручную и последующим расчете индексов остеопороза определялась неоднозначностью критерия границы морфометрических структур при визуальном способе измерения и составила:

- для индекса Barnet-Nordin -  $\pm 14,6 \pm 3,9$  %,
- индекса Головенко -  $\pm 17,6 \pm 4,0$  %.

Знак  $\pm$  перед первой цифрой говорит о том, что имела место погрешность как в сторону уменьшения размеров измеряемой зоны, так и в сторону увеличения. Информативная ценность индекса Головенко выше, поскольку диапазон диагностических значений этого индекса шире. Полученный интервал значений индекса Barnet-Nordin составляет  $D_{Ina} = 0,462 - 0,301 = 0,161$ , а индекса Головенко -  $D_{Gla} = 1,375 - 0,826 = 0,549$ , т.е. они отличаются примерно в 3 раза (табл. 2).

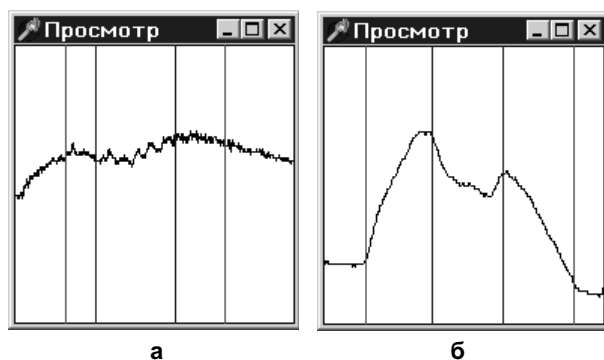
Таблица 1

	1 сутки	14 сутки		28 сутки	
		контроль	опыт	контроль	опыт
Разность оптической плотности между оперированной костью в зоне дефекта и здоровой в той же области, ед.	12 $\pm$ 7	9 $\pm$ 4	7 $\pm$ 3	6 $\pm$ 3	5 $\pm$ 1

Таблица 2

### Результаты определения метакарпальных индексов остеопороза

Индекс Barnet-Nordin (IN)				Индекс Головенко (GI)			
INa авт.	INp ручн.	разность	%	Gla авт.	Glp ручн.	разность	%
0,413	0,495	+0,0826	20,0	0,962	0,743	-0,2185	22,7
0,361	0,44	+0,0789	21,8	1,13	0,883	-0,2475	21,9
0,314	0,304	-0,0102	3,2	1,316	0,985	-0,3308	25,1
0,452	0,361	-0,0909	20,1	0,852	1,032	+0,1804	21,2
0,325	0,385	+0,0596	18,3	1,271	1,049	-0,2213	17,4
0,358	0,362	+0,0041	1,1	1,141	1,126	-0,0149	1,3
0,4	0,354	-0,0456	11,4	1	1,155	+0,1547	15,5
0,37	0,429	+0,0582	15,7	1,098	0,915	-0,1827	16,6
0,393	0,342	-0,0508	12,9	1,023	1,201	+0,1788	17,5
0,352	0,287	-0,0642	18,3	1,165	1,441	+0,2762	23,7
0,321	0,393	+0,0723	22,5	1,287	1,021	-0,2658	20,7
0,361	0,345	-0,0162	4,5	1,129	1,19	+0,0603	5,3
0,301	0,305	+0,0041	1,4	1,375	1,353	-0,0215	1,6
0,321	0,25	-0,071	22,1	1,287	1,646	+0,3587	27,9
0,305	0,36	+0,0551	18,1	1,358	1,135	-0,2231	16,4
0,462	0,358	-0,1036	22,4	0,826	1,042	+0,2163	26,2
$\Delta=0,161$	$\Delta=0,245$			$\Delta=0,549$	$\Delta=0,903$		
Ср. погрешность			14,6 $\pm$ 3,9				17,6 $\pm$ 4,0



**Рисунок 2.**

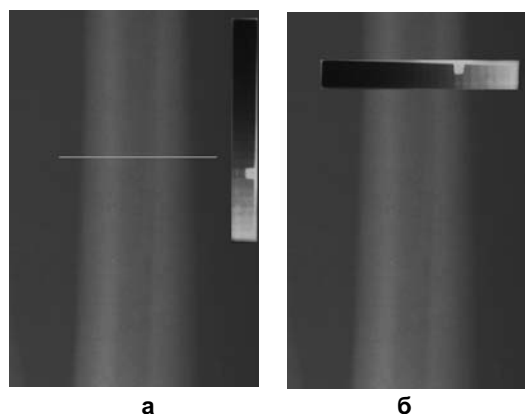
Кривая изменения оптической плотности изображения трубчатой кости:

а – на рентгенограмме с низкой контрастностью;  
б – на снимке с хорошей контрастностью.

Однако следует отметить ряд недоработок, ограничивающих функциональные возможности комплекса и затрудняющих работу врача. Во-первых, результаты измерений зависят от качества рентгеновских снимков. Это связано с тем, что при низкой контрастности изображения разность оптической плотности различных морфометрических зон невелика, и это затрудняет точное определение их границ даже в ручном режиме (рис. 2).

Во-вторых, разработчики значительно сузили возможности комплекса, ограничившись определением индексов, основанных только на измерении геометрических размеров объекта. Включение в программу автоматического расчета показателей основанных на определении оптической плотности объекта, позволит использовать для диагностики практически любой сегмент опорно-двигательного аппарата, тем более, что такие возможности уже заложены в программном обеспечении.

Некоторые неудобства вызывает ограничение возможности построения кривой изменения оптической плотности изображения только горизонтальной плоскостью. При использовании тест-объекта, его удобно располагать вдоль снимаемой кости, однако при работе с программой тест-объект оказывается расположенным перпендикулярно плоскости, в которой строится кривая изменения оптической плотности (рис. 3, а). Приходится либо учитывать этот факт во время съемки, либо использовать стандартный графический пакет для вырезания и поворота тест-объекта (рис. 3, б).



**Рисунок 3.**

Варианты расположения тест-объекта.

## Выводы

Программный комплекс “X-Rays” является эффективным средством диагностики остеопороза. Комплекс обладает большой универсальностью, что значительно расширяет диапазон его использования. В отличие от традиционных ультразвуковых и однофотонных денситометров, диагностические возможности которых ограничены 1-3 сегментами скелета (причем их стоимость возрастает пропорционально количеству диагностируемых сегментов), диагностика, основанная на анализе рентгенограмм, позволяет ставить диагноз на любом сегменте, без дополнительных воздействий на организм, и без увеличения стоимости исследований. Возможность проведения линейных и угловых измерений дает возможность использовать пакет при планировании реконструктивно-восстановительных операций, а удобный пользовательский интерфейс с минимальным количеством элементов управления – свести до минимума время освоения работы с комплексом. Затраты на оборудование также не велики. Для успешной работы вполне достаточно компьютера с процессором Celeron в минимальной конфигурации, а самым дорогим устройством является сканер со слайд-модулем.

При подготовке коммерческой версии целесообразно комплектовать комплекс стандартизованным тест-объектом, а в пакет программ заложить модуль для расчета плотности кости в единицах тест-объекта