

Випробування фізичних властивостей кісткової тканини проксимального кінця стегна у осіб похилого і старечого віку

Є. П. Подрушняк

Інститут геронтології АМН СРСР, Київ

Стійкість кісткової тканини з віком і при різних захворюваннях може значно змінюватись, що часто супроводжується перегрупуванням колоїдів кістки. Тільки дуже тонкі її зміни не можуть бути виявлені при патоморфологічному дослідженні. Звертаючи на це увагу, А. В. Русаков [2] писав, що такі зрушення в кістці можна вловити тільки безпосереднім випробуванням механічних властивостей хрящової і кісткової речовини. Механічні властивості опорних структур були предметом вивчення кількох авторів [5, 6]. Надаючи великого значення з'ясуванню вікових особливостей фізичних властивостей кісткової тканини, ми, зокрема, вирішили вивчити їх на проксимальному відділі стегнової кістки, одержаної на трупах осіб, що померли в результаті травми і від різних причин, не пов'язаних з ураженням кістково-суглобового апарата.

Методика одержання кісткових об'єктів і випробування їх фізичних властивостей

Проксимальний кінець стегнової кістки розпилювали по осі у фронтальній площині. Для випробувань брали зразки кістки розмірами 1 см^3 з верхньої, середньої, нижньої зон головки (по два-три кусочки), верхньої частини шийки (два кусочки), а також по одній ділянці з кортикального шару дуги Адамса; крім цього випилювали по одному-два кусочки з губчатого шару метафіза стегнової кістки. Отже, з кожного препарату було досліджено 15—17 кусочків кісткової тканини. Всього було вивчено 50 препаратів верхніх відділів стегнової кістки, з яких взято для випробування близько 850 зразків.

Визначення основних механічних властивостей матеріалів (розтягнення, стиснення і витягу) може бути виконане на різних випробних машинах, оснащених діаграмними приладами для автоматичного запису. Серед приладів такого роду кращим є прес силою в п'ять тонн системи А. Г. Гагаріна (рис. 1).

Зразок кістки розміром $10 \times 10 \times 10\text{ мм}$ встановлюється на столику (7) для стиснення. Гвинтовий механізм з барабаном (1, 5) здійснює стиснення і деформацію зразка, а важільний вимірювач (6) показує діючу на кістку силу. Електромотор (2) через шківи обертає черв'як (3), який примушує обертатись черв'ячне колесо з насадженням на нього циліндром навколо вертикальної осі. В середині черв'ячного колеса є отвір з гвинтовою нарізкою, який служить гайкою для вертикального гвинта (4). При обертанні гайки цей гвинт не обертається разом з нею, а з'єднаний із станиною за допомогою шпонки, рухається поступально вниз і при цьому стискає зразок. Для вимірювання навантаження служить нерівноплечний важіль (важільний вимірювач — 6), розміщений на опорі. При відсутності навантаження вага довгого плеча важеля разом з кареткою (8) і вантажем (9, 10) зрівноважується вагою короткого плеча важеля, на якому встановлений столик (7) із зразком кістки і противага (12). Коли на зразок діє стискаюча сила, довгий кінець важеля піднімається вгору і замикає контакт (16); за допомогою другого мотора (13) система передач (14, 15) постійно перебуває в обертанні. Наявність автоматики примушує каретку (8) пересуватись з вантажем, збільшуючи плече і відновлюючи цим рівновагу важеля.

Як тільки встановлюється рівновага між силою (P), яка стискає зразок, і вагою візка з вантажем (Q), важіль повертається в горизонтальне положення. Якщо при своєму переміщенні каретка пройшла відстань X , то $Q \cdot X = P$, де Q — вантажі (9, 10), X — відстань, на яку перемістився візок, P — навантаження на зразок.

В зв'язку з тим, що Q під час досліду не змінюється ($Q = \text{const.}$), тоді $P = Q \cdot X$, тобто величина горизонтального переміщення каретки пропорційна величині сили, яка стискає зразок. З кареткою зв'язаний самопишучий прилад (11), який на обертовому барабані (5) креслить діаграму залежності між стискаючою силою та абсолютною деформацією зразка.

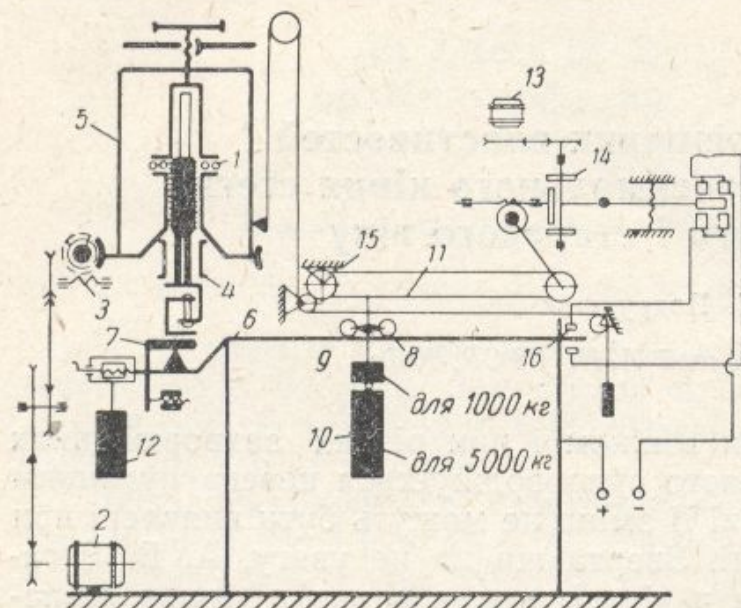


Рис. 1. Визначення механічних властивостей кісткової тканини на пресі системи А. Г. Гагаріна силою 5 тонн.

В тексті дано детальний опис преса.

Діаграма стиснення, записана на пресі Гагаріна, для наших зразків кісткової тканини має вигляд, схематично показаний на рис. 2. Масштаб для кривої на діаграмі, як було раніше встановлено, дорівнює 1 см, ординати на діаграмі — 100 кг зусилля стиснення і 10 мм абсциси на діаграмі дорівнює 1 мм абсолютного стиснення зразка.

Звідси масштаб роботи, необхідної для деформації, визначається площею, обмеженою віссю абсцис і кривою стиснення, тобто в кожному квадратному сантиметрі площі діаграми міститься робота, яка дорівнює добутку 100 кг на 0,01 см або 1,0 кг.

Ділянка кривої від O до B (рис. 2) майже прямолінійна і відображає пропорційну залежність між силою P і деформацією зразка кістки. Ордината точки B в масштабі діаграми дорівнює навантаженню, яке відповідає межі пропорційності, що позначається $R_{пц}$. Напруження, яке відповідає межі пропорційності ($\sigma_{пц}$), дорівнює:

$$\sigma_{пц} = \frac{R_{пц}}{F} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}.$$

Треба зважити, що на початку застосування навантаження є невелике відхилення від прямої лінії OB , яка не є відхиленням від закону Гука, згідно з яким відносне подовження в межах пружності — величина деформації, прямо пропорційна показнику деформуючої сили.

Ділянка кривої від B до B (рис. 2) є більш похилою по відношенню до осі абсцис і відповідає стану, який у техніці називають «плинність матеріалу» при стисненні (розтягненні). Цей показник вказує на залежність, при якій навантаження є постійним, а досліджуваний об'єкт вкорочується — «тече». Характерною особливістю цієї ділянки діаграми є те, що наростання деформації кісткового зразка відбувається приблизно з однаковим навантаженням, яке коливається в межах, близьких до певного рівня. Ординати точок на даній ділянці визначають навантаження, що відповідає межі «плинності», яка позначена літерами P_m . Звідси можна визначити напруження, яке відповідає межі «плинності»:

$$\sigma_m = \frac{P_m}{F} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}.$$

Ділянка від B до Γ простягається від кінця плинності « B » до максимуму кривої в точці « Γ », яка має найбільшу ординату. Останній відповідає і найбільшій силі P_b , яка була прикладена до зразка кістки під час випробування. Відповідно до неї і визначається те максимальне напруження, яке узгоджується з межею міцності при стисненні (розтягненні) σ_b :

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}.$$

Отже, межа міцності — це те максимальне навантаження, яке витримав зразок до зруйнування. Відрізок OK , виміряний по абсцисі у відповідному масштабі, дає уявлення про величину повної деформації — стиснення (розтягнення) кісткової тканини.

Для повної характеристики випробування кісткової тканини.

ваного об'єкта, графічно зображено на масштаб роботи для

Лінія DE проводиться за законом Гука. Для обчислення простіших структур — паралелограми. Підсумовуючи площу

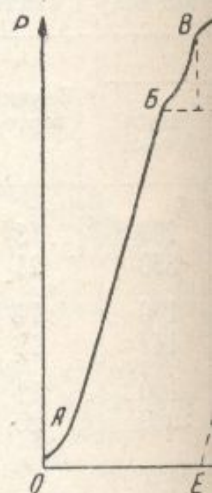


Рис. 2. Діаграма стиснення зразків кісткової тканини, записана на пресі Гагаріна.

шу, яка й характеризує наслідок випробування зразка кісткової тканини, для кожного конкретного випадку розриву зразка.

Наведемо конкретний приклад. Площу фігури $OЕАВСД$ розбито на три частини: трапеції $OЕАВ$ і $ABCD$ та паралелограма $ABCD$.

$$OЕАВСД = OЕАВ + ABCD.$$

$OЕАВ$, A — висота трапеції.

Необхідно помножити висоту на ширину. Необхідно помножити $\frac{P}{\text{см}} \cdot \frac{e}{\text{см}}$; в розглядуваному випадку абсолютного подовження зразка $A = \int OЕАВСД \cdot m = 33,92$.

За наведеною вище формулою можна визначити фізичні властивості кісткової тканини.

Для зручності зіставлення результатів дослідження властивості були піддані статистичній обробці такі величини показників: пружності, плинності, міцності досліджуваного зразка.

Результати дослідження кісткової тканини

Значення величин механічного відділу стегна для зруйнування досліджуваного кінця стегнової кістки

Для повної характеристики необхідно ще визначити роботу, витрачену на зруйнування кісткової тканини. Робота A , витрачена на пластичну деформацію досліджуваного об'єкта, графічно зображується площею фігури $OABVГДЕ$ (рис. 2), помноженою на масштаб роботи для кожного конкретного випадку.

Лінія DE проводиться паралельно ділянці пропорційності, у відповідності із законом Гука. Для обчислення величини роботи фігуру $OABVГДЕ$ поділяють на ряд простіших структур — паралелограмів, трапецій тощо і обчислюють для кожної з них площу. Підсумовуючи площу одержаних простіших фігур, визначають загальну пло-

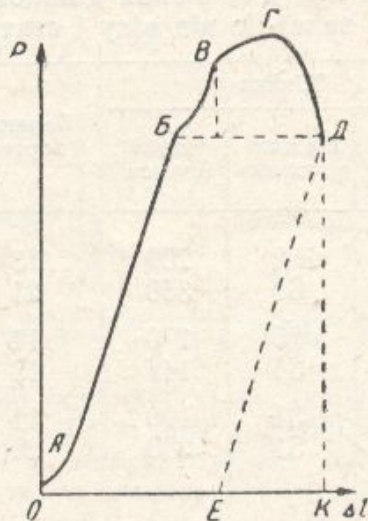


Рис. 2. Діаграма стиснення зразків кісткової тканини, записана на пресі Гагаріна.

Решта позначень в тексті.

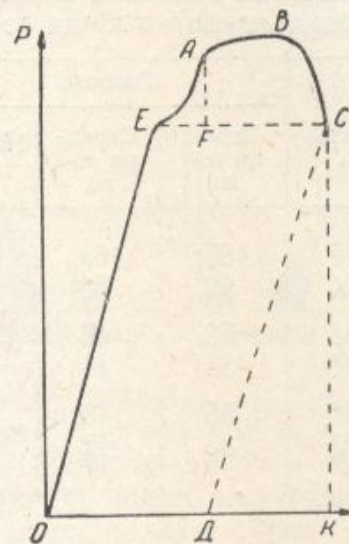


Рис. 3. Діаграма стисненої кісткової тканини кортикального шару дуги Адамса (спостереження № 488, жінка 23 років).

Решта позначень в тексті.

щу, яка й характеризує на графіку виконану роботу, витрачену для зруйнування досліджуваного зразка кістки. Помножуючи одержану площу в мм^2 на масштаб роботи для кожного конкретного випробування, встановлюють усю роботу, витрачену на стиснення (розрив) зразка.

Наведемо конкретний приклад (спостереження № 488, рис. 3).

Площу фігури $OЕАВСД$ наближено можна уявити як таку, що складається з трапеції $ЕАВС$ і паралелограма $ОЕСД$.

$$OЕАВСД = OЕСД + ЕАВС = OD \times CK + \frac{AB \cdot EC}{2}, \text{ де } CK — \text{висота паралелограма}$$

$$OЕСД, A — \text{висота трапеції } ЕАВС; OЕАВСД = 1,4; 23,2 + \frac{1,4 + 0,4}{2} \cdot 1,6 = 33,92 \text{ см}^2.$$

Необхідно помножити одержану площу на масштаб роботи даного графіка $m = \frac{P}{\text{см}} \cdot \frac{e}{\text{см}}$; в розглядуваному прикладі $\frac{P}{\text{см}} = 20 \text{ кг}$. Подовження на 1 см абсциси — 0,01 см абсолютного подовження зразка. Отже, в 1 см^2 площі буде $20 \cdot 0,01 = 0,2 \text{ кг} \cdot \text{см}$. Звідси $A = \int OЕАВСД \cdot m = 33,92 \cdot 0,2 = 6,784$; $A = 6,784 \text{ кг} \cdot \text{см}$.

За наведеною вище формулою були визначені всі показники, що характеризують фізичні властивості кісткової тканини на стиснення.

Для зручності зіставлення результатів досліджень усі одержані дані про фізичні властивості були піддані статистичній обробці. Обчислювались також середні арифметичні величини показників навантаження напружень, що відповідають межі пропорційності, плинності, міцності, відносного стиснення і роботи, витраченої для деформації досліджуваного зразка.

Результати випробування механічних властивостей кісткової тканини на стиснення проксимального відділу стегнової кістки

Значення величини навантаження P для різних ділянок проксимального відділу стегнової кістки. Навантаження, застосоване для зруйнування досліджуваних зразків кісткової тканини проксимального кінця стегнової кістки, було неоднаковим (табл. 1). Порівнюючи

між собою величини навантаження P , можна бачити, що вони різні залежно від тієї ділянки, з якої взято для випробування зразок кісткової тканини. Найменш міцна ділянка стегнової кістки розташовується поблизу великого вертела, навантаження в 11–20 кг уже руйнує тут кістку.

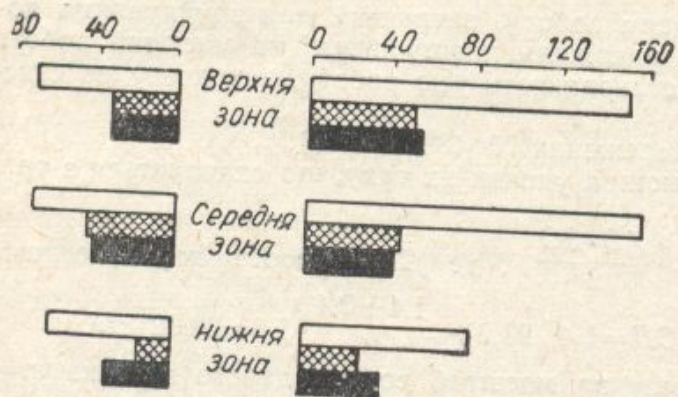
Значення величини навантаження P (в кг) для різних ділянок проксимального кінця стегнової кістки залежно від віку і статі

Вік, роки	Стать	Головка			Шийка			Великий вертел	Кортикальний шар
		Верхня зона	Середня зона	Нижня зона	Верхня половина	Нижня половина	Дуга Адамса		
23–35	Ч	151	159	79	81	182	209	13	693
	Ж	72	70	63	25	68	350	21	564
60–74	Ч	53	46	27	49	75	170	11	542
	Ж	35	44	18	21	34	147	13	296
75–95	Ч	55	43	36	30	31	190	11	473
	Ж	35	42	34	30	51	280	20	495

Зразки кісткової тканини з головки стегнової кістки

Верхня зона (рис. 4). В молодому віці — 25–35 років — кісткова тканина цієї зони має найвищі показники навантаження P : у чоловіків — 151 кг, у жінок — 72 кг. У чоловіків похилого віку (60–75 років) у три рази менше (53 кг), а у жінок (35 кг) — в два рази менше. В старечому віці (75–90 років) величина навантаження P приблизно така сама, як і в похилому віці, — 55 кг у чоловіків і 35 кг — у жінок. Кусочки кісткової тканини верхньої зони головки у жінок відзначаються механічними властивостями, величина навантаження P яких у молодому, похилому і старечому віці (72, 35 і 35 кг) вдвоє менша, ніж у чоловіків відповідного віку (151, 53, 55 кг).

Рис. 4. Значення величини навантаження P (в кг) для верхньої, середньої і нижньої зон головки в залежності від віку і статі. Умовні позначення вікових груп (роки): білі прямокутники — особи 23–35 років, перехрещені — особи 60–74 років, чорні — 75–95 років. Ліворуч — жінки, праворуч — чоловіки.



Середня зона (рис. 4). В молодому віці, так само як і у верхній частині головки, показники навантаження P найвищі: 159 кг у чоловіків і 70 кг у жінок. Похилий і старечий вік характеризуються у чоловіків (46 і 43 кг) тричі меншими величинами навантаження P , ніж у молодому віці (159 кг) і вдвоє меншими показниками (44 і 42 кг) у жінок, ніж у молодому віці (70 кг). Ці показники приблизно такі самі, як і для верхньої зони головки.

Інші показники навантаження P (у порівнянні з верхньою зоною головки) одержані у чоловіків і жінок в похилому і старечому віці: величина навантаження P майже однакова: 42–46 кг.

Отже, в молодому віці верхня і середня зони спонгіозного шару головки мають аналогічні механічні властивості: навантаження P у чоловіків вдвоє більше, ніж у жінок (рис. 4). В похилому і старечому віці

верхня зона відрізняється вдвоє меншою величиною. Нижня зона (рис. 5) похилому і старечому віку а у жінок — 63, 18, 34

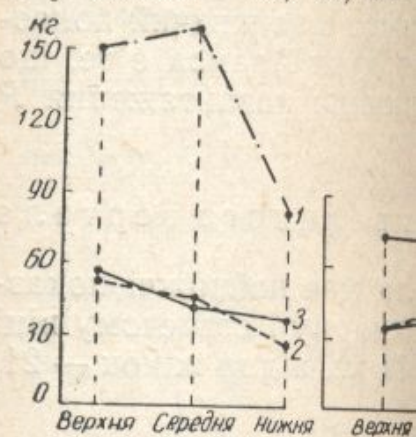


Рис. 5. Вікові особливості навантаження P (в кг) для нижньої зони головки в залежності від віку і статі. Ліворуч — чоловіки, праворуч — жінки.

величина навантаження P з цієї зони кістки, порівняно з верхньої і середньої зони, менша. Отже, на стиснення кістки в цій зоні менш міцною.

Зразки кісткової тканини з шийки стегнової кістки

Верхня половина шийки (рис. 6). Величина навантаження P для чоловіків в похилому і старечому віці (49, 30 кг) менша, ніж у молодому віці (182 кг). Величина навантаження P майже вдвоє менша, ніж у старшому віці (рис. 6).

У жінок найнижчий показник навантаження P в похилому віці (21 кг), тоді як в молодому віці вищий і становить 25–34 кг.

Нижня половина шийки (рис. 6). Значення величини навантаження P для чоловіків в похилому і старечому віці (30 і 51 кг) менші, ніж у молодому віці (182 кг), а у жінок — 68 кг. Величина навантаження P відповідно становить 34 і 51 кг. Вдвоє менша величина навантаження P у жінок, ніж у чоловіків. Отже, в нижній частині шийки стегнової кістки в два рази менша величина навантаження P у жінок майже вдвоє менша, ніж у чоловіків (рис. 6).

Дуга Адамса (рис. 6). Величина навантаження P в похилому і старечому віці у чоловіків (190 і 280 кг) менша, ніж у молодому віці (209 кг), а у жінок — 350, 147, 280

верхня зона відрізняється від середньої тим, що у жінок відзначається вдвоє менша величина навантаження P .

Нижня зона (рис. 4). Величина навантаження P в молодому, похилому і старечому віці була: відповідно у чоловіків 79, 27, 36 кг, а у жінок — 63, 18, 34 кг. Особливістю для цих вікових груп є те, що

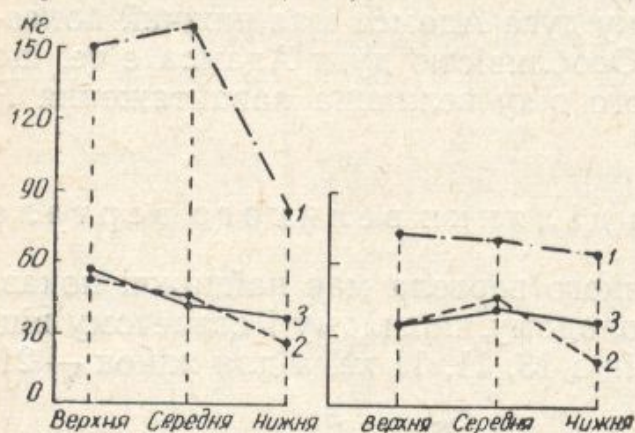


Рис. 5. Вікові особливості величини навантаження P (в кг) для головки стегнової кістки в залежності від зони, з якої взято зразок, і статі.

Ліворуч — чоловіки, праворуч — жінки.

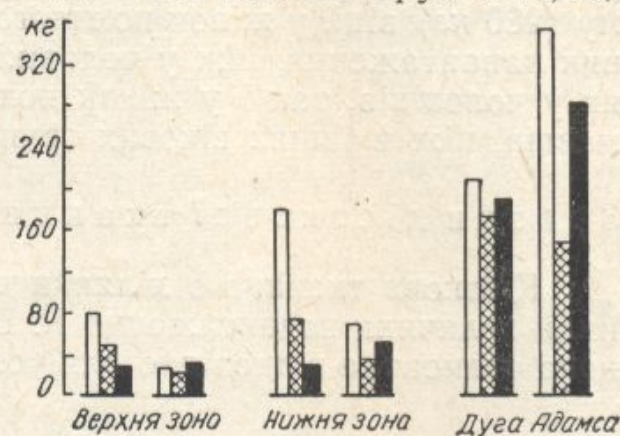


Рис. 6. Значення величини навантаження P (в кг) для верхньої і нижньої половини шийки і дуги Адамса стегнової кістки в залежності від віку і статі.

Перша пара стовпчиків — чоловіки, друга пара — жінки. Решта позначень такі самі, як і на рис. 4.

величина навантаження P , необхідного для зруйнування зразка, взятого з цієї зони кістки, приблизно вдвоє менша, ніж для кусочків кістки з верхньої і середньої зон головки (рис. 5).

Отже, на стиснення ця ділянка головки стегнової кістки є найменш міцною.

Зразки кісткової тканини з шийки стегнової кістки

Верхня половина. В молодому віці значення величини навантаження P для чоловіків дорівнює 81 кг, для жінок — 25 кг. В похилому і старечому віці ця величина відповідно дорівнює для чоловіків 49, 30 кг і для жінок — 21, 30 кг.

Величина навантаження P для чоловіків похилого віку (49 кг) майже вдвоє менша, ніж для молодих (81 кг) і ще менша (30 кг) у віці старше 75 років (рис. 6).

У жінок найнижчий показник навантаження P належить до похилого віку (21 кг), тоді як у молодому і старечому цей показник трохи вищий і становить 25—30 кг (рис. 6).

Нижня половина шийки стегнової кістки (біля головки). Значення величини навантаження P у молодих чоловіків дорівнює 182 кг, а у жінок — 68 кг. У похилому і старечому віці величина навантаження P відповідно становить: у чоловіків 75, 31 кг, а у жінок — 34, 51 кг. Вдвоє менша величина навантаження P у жінок похилого віку, ніж у чоловіків. Отже, в похилому віці у жінок нижня половина шийки стегнової кістки в два рази менш міцна, ніж у чоловіків того самого віку. В старечому віці спостерігається інша картина: величина навантаження P у жінок майже в два рази перевищує відповідний показник у чоловіків (рис. 6).

Дуга Адамса. Значення навантаження P для молодого, похилого і старечого віку у чоловіків відповідно становить: 209, 170, 190 кг і у жінок — 350, 147, 280 кг.

При розгляді величини навантаження P для досліджуваних зразків, взятих з цих ділянок, вперше виявляється, що у жінок величина навантаження P більша, ніж у чоловіків майже у всіх вікових групах за винятком похилого віку (рис. 6). З цього графіка випливає, що хоч у жінок величини навантаження більші в молодому (350 кг) і старечому (280 кг) віці, у жінок похилого віку дуга Адамса має нижчий показник навантаження, ніж у чоловіків. Особливістю дуги Адамса є те, що як у чоловіків, так і у жінок похилого віку величина навантаження P менша, ніж в інших вікових групах.

Зразки кісткової тканини з ділянки великого вертела

Кісткова тканина з ділянки великого вертела має найнижчі показники величини навантаження P . В молодому, похилому і старечому віці вона становила відповідно для чоловіків 13, 11, 11 кг, а для жінок — 21,

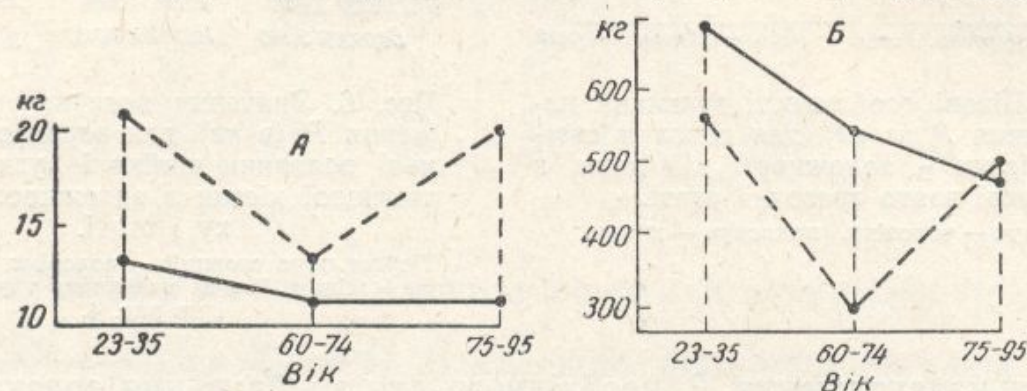


Рис. 7. Значення величини навантаження P для зразків кісткової тканини з ділянки великого вертела (А) і кортикального шару (Б) стегнової кістки (в кг).

Суцільна лінія — чоловіки, переривиста — жінки.

13, 20 кг. Характерною особливістю цієї ділянки стегнової кістки є те, що у жінок вона міцніша, ніж у чоловіків (рис. 7). Майже вдвоє міцніші зразки кісткової тканини, взятої з ділянки великого вертела жінок у старечому віці, ніж у чоловіків у цьому ж віці.

Зразки кісткової тканини з кортикального шару проксимального метафіза стегнової кістки

Ця ділянка кісткової тканини має найвищі показники навантаження P в усіх вікових групах: у чоловіків вони становлять у молодому віці 693 кг, у жінок — 564 кг (рис. 7). У похилому і старечому віці цей показник значно менший: у чоловіків відповідно 542, 473 кг, а у жінок — 296, 495 кг. Отже, у чоловіків, з віком іде рівномірне зниження межі міцності цієї ділянки кістки (6,93; 5,42; 4,73 кг/мм²), а у жінок у похилому віці цей показник найнижчий (5,64; 2,96; 4,95 кг/мм²).

Напруження $\sigma_{пц}$ для різних ділянок проксимального відділу стегнової кістки. Ми визначали також другий важливий показник механічної характеристики кісткової тканини — напруження, яке відповідає межі пропорційності. Відомо, що є пряма залежність між силою P і деформацією досліджуваного зразка кісткової тканини. Межа пропорційності відображає те зусилля, яке необхідно прикласти, щоб перебороти пружинячі властивості зразка, і виражається в кг/мм². Межа пропорційності відбиває те зусилля, коли ще не настає зруйнування зразка: якщо докладуване зусилля зняти, кістковий зразок повернеться до вихідного стану.

Дані середньоарифметичні межі пропорційності кової тканини проксимального

Напруження $\sigma_{пц}$ (в кг/мм²), проксимального

Вік, роки	Стать	Верхня зона	Середня зона
23—35	Ч	1,22	
	Ж	0,59	
60—74	Ч	0,35	
	Ж	0,29	
75—95	Ч	0,41	
	Ж	0,24	

Розглядаючи значення статтю, можна відзначити, що віку воно збігається із пруження, яке відповідає завжди менше, ніж у м

Напруження $\sigma_{пц}$ для різних ділянок проксимального відділу стегнової кістки. Ми визначали також другий важливий показник механічної характеристики кісткової тканини — напруження, яке відповідає межі пропорційності. Відомо, що є пряма залежність між силою P і деформацією досліджуваного зразка кісткової тканини. Межа пропорційності відображає те зусилля, яке необхідно прикласти, щоб перебороти пружинячі властивості зразка, і виражається в кг/мм². Межа пропорційності відбиває те зусилля, коли ще не настає зруйнування зразка: якщо докладуване зусилля зняти, кістковий зразок повернеться до вихідного стану.

Напруження $\sigma_{пц}$ (в кг/мм²), проксимального

Вік, роки	Стать	Верхня зона	Середня зона
25—35	Ч	1,47	
	Ж	0,69	
60—74	Ч	0,51	
	Ж	0,34	
75—95	Ч	0,53	
	Ж	0,33	

Межа міцності ($\sigma_{в}$) зруйнувати (зламати) зразка відповідає межі міцності межі плинності ($\sigma_{п}$). Відомо, що є пряма залежність між силою P і деформацією досліджуваного зразка кісткової тканини. Межа пропорційності відображає те зусилля, яке необхідно прикласти, щоб перебороти пружинячі властивості зразка, і виражається в кг/мм². Межа пропорційності відбиває те зусилля, коли ще не настає зруйнування зразка: якщо докладуване зусилля зняти, кістковий зразок повернеться до вихідного стану.

Дані середньоарифметичної величини напруження, які відповідають межі пропорціональності ($\sigma_{пц}$ в кг/мм^2) для різних ділянок кісткової тканини проксимального кінця стегнової кістки, наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Напруження $\sigma_{пц}$ (в кг/мм^2), яке відповідає межі пропорціональності для різних ділянок проксимального кінця стегнової кістки залежно від віку і статі

Вік, роки	Стать	Головка			Шийка			Великий вертел	Кортикальний шар
		Верхня зона	Середня зона	Нижня зона	Верхня половина	Нижня половина	Дуга Адамса		
23—35	Ч	1,22	1,00	0,60	0,50	1,60	2,90	0,17	6,93
	Ж	0,59	0,47	0,47	0,18	0,52	3,50	0,35	5,64
60—74	Ч	0,35	0,32	0,19	0,30	0,57	1,70	0,07	5,42
	Ж	0,29	0,30	0,10	0,15	0,27	1,47	0,09	2,96
75—95	Ч	0,41	0,29	0,22	0,22	0,16	1,90	0,07	4,73
	Ж	0,24	0,30	0,22	0,17	0,40	2,80	0,12	4,95

Розглядаючи значення величини $\sigma_{пц}$ у віковому відношенні і за статтю, можна відзначити, що у переважній більшості жінок похилого віку воно збігається із значенням величини навантаження P , тобто напруження, яке відповідає межі пропорціональності, в цьому віці також завжди менше, ніж у молодому і старечому.

Напруження σ для різних ділянок проксимального відділу стегнової кістки. Межа плинності (σ_t) характеризує силу, потрібну для зруйнування кісткового зразка. Це те зусилля (в кг/мм^2), яке треба докласти, щоб випробуваний зразок почав руйнуватись. Аналізуючи величину межі плинності залежно від віку і статі, слід зазначити, що показники їх дещо перевищують межу пропорціональності. Це природно, бо для зруйнування кістки необхідно застосувати те чи інше зусилля (табл. 3).

Таблиця 3

Напруження σ_t , яке відповідає межі плинності для різних ділянок проксимального кінця стегнової кістки залежно від віку і статі

Вік, роки	Стать	Головка			Шийка			Великий вертел	Кортикальний шар
		Верхня зона	Середня зона	Нижня зона	Верхня половина	Нижня половина	Дуга Адамса		
25—35	Ч	1,47	1,59	0,74	0,73	1,76	2,9	0,29	н/о
	Ж	0,69	0,62	0,62	0,23	0,61	н/о	0,42	н/о
60—74	Ч	0,51	0,45	0,25	0,48	0,74	н/о	0,10	н/о
	Ж	0,34	0,40	0,17	0,17	0,33	н/о	0,12	н/о
75—95	Ч	0,53	0,40	0,32	0,28	0,25	н/о	0,10	н/о
	Ж	0,33	0,31	0,31	0,29	0,45	н/о	0,19	н/о

Межа міцності (σ_b) показує те зусилля, яке треба докласти, щоб зруйнувати (зламати) зразок, і виражається в кг/мм^2 . Напруження, яке відповідає межі міцності (σ_b), за своїм значенням близьке до показника межі плинності (σ_t). Всі ті закономірності, які були встановлені для діючої на зразок кістки сили P , стосуються також і межі міцності (табл. 4).

Таблиця 4

Напруження $\sigma\beta$ (в кг/мм^2), яке відповідає межі міцності для різних ділянок проксимального кінця стегнової кістки залежно від віку і статі

Вік, роки	Стать	Головка			Шийка			Великий вертел	Кортикальний шар
		Верхня зона	Середня зона	Нижня зона	Верхня половина	Нижня половина	Дуга Адамса		
25—35	Ч	1,51	1,60	0,79	0,81	1,82	2,90	0,33	6,93
	Ж	0,72	0,70	0,63	0,25	0,68	3,50	0,45	5,64
60—74	Ч	0,53	0,46	0,27	0,49	0,75	1,70	0,11	5,42
	Ж	0,35	0,44	0,18	0,21	0,34	1,47	0,13	2,96
75—95	Ч	0,55	0,43	0,36	0,30	0,31	1,90	0,11	4,73
	Ж	0,35	0,42	0,34	0,30	0,51	2,80	0,20	4,95

Величина відносного стиснення (δ) для різних ділянок проксимального відділу стегнової кістки. Далі наводиться ще одна характеристика механічних властивостей кісткової тканини проксимального відділу стегнової кістки (так звана дельта-ель), яка виражає межу стиснення в мм , необхідну для зруйнування кістки. Фактично це та величина (в мм), на яку випробуваний зразок кістки треба стиснути, щоб він зруйнувався. Знаючи початкову довжину випробуваного зразка (l_0) та його довжину після зруйнування (l_1), можна визначити абсолютне стиснення (Δl) за формулою: $\Delta l = l_1 - l_0 \text{ мм}$.

Для зручного аналізу одержаних величин межі абсолютного стиснення (Δl) ми користувались величиною відносного стиснення (δ) в процентному виразі. Відносне стиснення в процентах обчислюється за формулою: $\delta = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100 \frac{l_1 - l_0}{l_0} \cdot 100 \text{ в } \%$.

Знаючи початкову довжину випробуваного зразка кістки (l_0) і довжину його після зруйнування (l_1), за наведеною вище формулою обчислювали величину відносного стиснення усіх досліджуваних зразків кістки.

Зразки кісткової тканини з головки стегнової кістки

Аналізуючи показники відносного стиснення для головки стегнової кістки (табл. 5), слід сказати, що межа стиснення (в мм), яка необхідна для зруйнування зразка, для різних ділянок кістки не однакова.

Верхня зона. Кістка з цих ділянок у осіб молодого віку легше піддається стисненню до моменту зруйнування: δ в процентному виразі для чоловіків становить 1,7%, для жінок — 1,5%. У похилому і старечому віці δ дещо менша — 1,2—1,9% у чоловіків та 1,2—1,6% у жінок. Це свідчить про те, що з віком кістка стає більш ламкою (вона слабше пружинить, менше стискається до моменту зруйнування). Загалом верхня зона головки стегнової кістки у чоловіків і жінок похилого віку має однакові властивості при стисканні їх до моменту зруйнування.

Середня зона. В молодому віці спостерігається порівняно не однакова величина δ : у чоловіків — 1,9%; у жінок — 1,5%; у похилому віці δ у чоловіків менша — 1,5%, у жінок — 2,1%. В старечому віці — навпаки: δ у чоловіків дорівнює 1,8%, у жінок — 1,3%. Отже, пружинячі властивості кісткової тканини із середньої зони головки майже не відрізняються у осіб різної статі і віку.

Величини відносного стиснення стегнової кістки

Вік, роки	Стать	Верхня зона	
		Ч	Ж
25—35	Ч	1,7	1,5
	Ж	1,5	1,5
60—74	Ч	1,2	1,2
	Ж	1,2	1,2
75—95	Ч	1,9	1,6
	Ж	1,6	1,6

Нижня зона. Величина δ становить 1,5% і для жінок — 1,3%, у жінок збільшується — у чоловіків становить 1,3%.

Порівнюючи величини стиснення головки стегнової кістки, «нижня зона» є середня зона майже однакові «пружинячі» властивості.

Зразки кісткової тканини з шийки стегнової кістки

Межа відносного стиснення ділянок шийки стегнової кістки.

Верхня половина шийки. Величина δ тут найвища: у чоловіків становить 1,7%, у жінок — 1,5%. У похилому і старечому віці δ знижується: у чоловіків спостерігається показник більший — 1,7%.

Нижня медіальна половина шийки. Величина δ , примірно, однакова: у чоловіків — 1,2%; у похилому віці у чоловіків — 1,1% (1,1%); в старечому віці у чоловіків — 1,4% (у чоловіків вона дорівнює 1,4%).

Нижня латеральна половина шийки. В молодому віці «пружинячі» властивості са найнижчі в порівнянні з іншими ділянками проксимального кінця стегнової кістки. Отже, у жінок кістка в молодому віці найменше піддається стисненню або дуже малі. В старечому віці дуги Адамса в порівнянні з іншими ділянками стиснення і більш «пружинячі» властивості у похилому віці і 1,5—1,5%.

Особливістю механічних властивостей взятої з ділянки Адамса, кістки з віком не зменшуються.

Таблиця 5

Величини відносного стиснення (в %) для різних ділянок проксимального кінця стегнової кістки залежно від віку і статі

Вік, роки	Стать	Головка			Шийка			Великий вертел	Кортикальний шар
		Верхня зона	Середня зона	Нижня зона	Верхня половина	Нижня половина	Дуга Адамса		
25—35	Ч	1,7	1,9	1,5	2,0	1,3	1,17	1,3	0,6
	Ж	1,5	1,5	1,7	1,4	1,2	0,9	2,1	0,4
60—74	Ч	1,2	1,5	1,3	1,8	1,4	1,5	0,7	1,2
	Ж	1,2	2,1	1,4	1,1	1,1	1,0	—	1,0
75—95	Ч	1,9	1,8	1,4	1,0	1,3	1,5	1,3	0,6
	Ж	1,6	1,3	1,5	1,7	1,4	1,5	1,0	1,6

Нижня зона. Величина δ для чоловіків молодого віку становить 1,5% і для жінок — 1,7%. У похилому віці δ дещо знижується — у чоловіків — 1,3%, у жінок — 1,4%. В старечому віці δ знову трохи збільшується — у чоловіків — 1,4%, а у жінок — 1,5%.

Порівнюючи величини δ кістки верхньої, середньої і нижньої зон головки стегнової кістки, можна зробити висновок, що найбільш «пружинячою» є середня зона кістки головки, а верхня і нижня зони мають майже однакові «пружинячі» властивості.

Зразки кісткової тканини з шийки стегнової кістки

Межа відносного стиснення δ для зразків кісткової тканини з різних ділянок шийки стегнової кістки також неоднакова (табл. 5).

Верхня половина шийки. В молодому віці межа стиснення тут найвища: у чоловіків — 2%, у жінок — 1,4%; у похилому віці величина δ знижується: у чоловіків — 1,8%, у жінок — 1,1%, в старечому віці у чоловіків спостерігається дальше зниження — 1,0%, а у жінок цей показник більший — 1,7%.

Нижня медіальна половина шийки. В молодому віці величина δ , примірно, однакова у чоловіків і жінок і становить 1,3—1,2%; у похилому віці у чоловіків вона більша (1,4%), ніж у жінок (1,1%); в старечому віці у жінок більша, ніж у похилому віці, а саме — 1,4% (у чоловіків вона дорівнює 1,3%).

Нижня латеральна половина шийки (в дузі Адамса). В молодому віці «пружинячі» властивості кістки в ділянці дуги Адамса найнижчі в порівнянні з усіма іншими дослідженими ділянками проксимального кінця стегнової кістки — 0,7% у чоловіків і 0,9% у жінок. Отже, у жінок кісткова тканина в ділянці дуги Адамса в молодому віці найменше піддається стисненню — «пружинячі» властивості у них відсутні або дуже малі. В похилому і старечому віці кістка з ділянки дуги Адамса в порівнянні з молодим віком більш піддатлива до стиснення і більш «пружиняча» як у чоловіків, так і у жінок (1,5—1,0% у похилому віці і 1,5—1,5% — у старечому).

Особливістю механічної характеристики зразків кісткової тканини, взятої з ділянки Адамса, є те, що межа стиснення кістки δ для даних ділянок з віком не зменшується, а збільшується.

Зразки кісткової тканини з ділянки великого вертела

Особливістю межі стиснення (δ) цієї ділянки стегнової кістки є те, що у молодих жінок кісткова тканина тут дуже «пружиняча» — 2,1%, а у чоловіків вона дорівнює 1,3% (табл. 5). З віком у кістці такі властивості не спостерігаються: значення δ для кістки у людей похилого і старечого віку перебуває в межах 1,0—1,3%.

Зразки кісткової тканини з ділянки кортикального шару стегнової кістки

Межа стиснення δ цієї ділянки кістки ще менша і дорівнює у молодих чоловіків 0,6%, а у жінок — 0,4%. З віком показник δ збільшується у чоловіків до 1,2% і у жінок — до 1,6% (табл. 5).

Робота, витрачена на зруйнування зразків кісткової тканини різних ділянок стегнової кістки. Механічна характеристика кісткової тканини може визначатись також роботою, яка витрачається для зруйнування взятого на дослідження зразка кістки. Загальні показники величини роботи, витраченої для зруйнування кусочків кістки, наведені в табл. 6.

Робота, виконана на зруйнування кісткових зразків, взятих у верхній зоні головки стегнової кістки, характеризується деякими особливостями (рис. 8): якщо у чоловіків вона з віком зменшується (3,2—2,8—1,9 кг/см), то у жінок вона збільшується (1,12—1,15—2,7 кг/см).

Робота витрачена для зруйнування кісткових зразків, взятих із середньої зони головки, у чоловіків більша в молодому і похилому віці (5,0—3,8 кг/см), тоді як у старечому віці вона значно менша (0,72 кг/см). Зовсім інше спостерігається у жінок: в молодому і старечому віці робота, витрачена на зруйнування досліджуваного зразка кістки, приблизно, однакова (1,9—1,8 кг/см), а у жінок похилого віку на це витрачається лише 0,94 кг/см (табл. 6).

Таблиця 6

Робота А (в кг/см) витрачена на зруйнування для різних ділянок проксимального кінця стегнової кістки залежно від віку і статі

Вік, роки	Стать	Головка			Шийка			Великий вертел	Кортикальний шар
		Верхня зона	Середня зона	Нижня зона	Верхня половина	Нижня половина	Дуга Адамса		
25—35	Ч	3,2	5,0	2,4	2,35	5,5	5,0	1,57	6,85
	Ж	1,12	1,9	0,85	2,66	1,43	—	0,16	4,2
60—74	Ч	2,8	3,8	1,02	1,93	2,8	—	0,56	5,15
	Ж	1,15	0,94	0,72	1,0	0,8	—	0,2	2,25
75—95	Ч	1,9	0,72	1,34	2,47	1,45	5,7	0,37	2,46
	Ж	2,7	1,80	0,9	1,7	1,43	1,3	0,17	4,1

Особливість кісткових зразків з нижньої зони полягає у великій різниці роботи, потрібної для їх зруйнування, залежно від статі і віку: у чоловіків — 2,4—1,02—1,34 кг/см і у жінок відповідно 0,85—0,72—0,9 кг/см.

В молодому, похилому і старечому віці робота, витрачена на зруйнування зразків кісткової тканини, взятих з верхньої половини шийки стегнової кістки, відповідно становить: у чоловіків 2,35—1,93—2,47 кг/см; у жінок — 2,66, 1,0—1,7 кг/см. Як у чоловіків, так і у жінок

похилого віку робота, по ділянки, виявилась менш

Робота, витрачена взятих з нижньої медіальовіків — 5,5—2,8—1,45

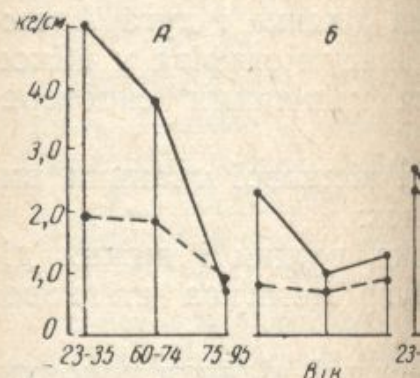


Рис. 8. Робота (в кг/см), на зруйнування кісткової головки і шийки стегнової кістки залежності від віку і статі. Умовні позначення: А — середня зона, В — верхня половина. Суцільна лінія — чоловіки, пунктирна — жінки.

В молодому, похилому і старечому віці робота, витрачена на зруйнування кісткових зразків, взятих з середньої зони головки, у чоловіків більша в молодому і похилому віці (5,0—3,8 кг/см), тоді як у старечому віці вона значно менша (0,72 кг/см).

Зовсім інше спостерігається у жінок: в молодому і старечому віці робота, витрачена на зруйнування досліджуваного зразка кістки, приблизно, однакова (1,9—1,8 кг/см), а у жінок похилого віку на це витрачається лише 0,94 кг/см (табл. 6).

На підставі викладеного

1. Кісткові зразки, взяті з верхньої половини шийки у жінок різного віку, витримують меншу роботу, ніж у чоловіків такого ж віку.

2. Кісткові зразки, взяті з середньої зони головки у чоловіків менш міцними, ніж у жінок.

3. В молодому віці роботи на зруйнування кусочків кісткової тканини з верхньої половини шийки Адамса і великого вертела у чоловіків менше, ніж у жінок.

4. В похилому віці роботи на зруйнування кісткових зразків, взятих з верхньої половини шийки, характеризується більшою величиною, ніж у молодому віці, включаючи і дугу Адамса.

похилого віку робота, потрібна для зруйнування кісткових зразків цієї ділянки, виявилась меншою, ніж у молодому та старечому віці.

Робота, витрачена на зруйнування зразків кісткової тканини, взятих з нижньої медіальної половини шийки, відповідно дорівнює: у чоловіків — 5,5—2,8—1,45 кг/см, у жінок — 1,43—0,8—1,43 кг/см.

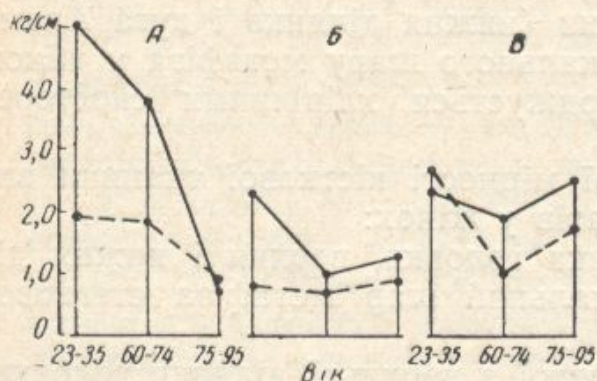


Рис. 8. Робота (в кг/см), витрачена на зруйнування кісткової тканини головки і шийки стегнової кістки в залежності від віку і статі.

Умовні позначення: А — середня зона, Б — нижня зона, В — верхня половина шийки. Суцільна лінія — чоловіки, переривиста — жінки.

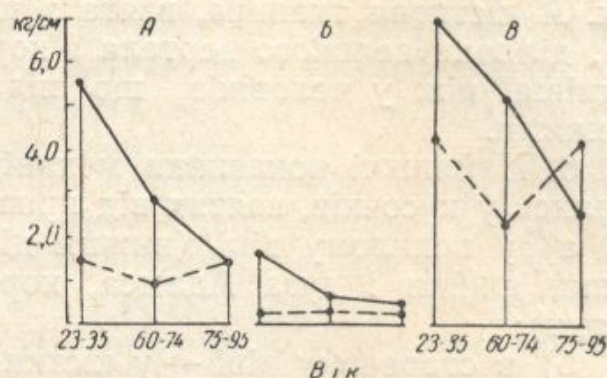


Рис. 9. Робота (в кг/см), витрачена на зруйнування кісткової тканини з нижньої половини шийки, ділянки великого вертела і кортикального шару стегнової кістки.

Умовні позначення: А — нижня половина шийки, Б — великий вертел, В — кортикальний шар стегнової кістки. Суцільна лінія — чоловіки, переривиста — жінки.

В молодому, похилому і старечому віці робота, витрачена на зруйнування кісткових зразків, взятих з ділянки великого вертела, відповідно дорівнює: у чоловіків — 1,57—0,56—0,37 кг/см, а у жінок — 0,16—0,2—0,17 кг/см.

Для зруйнування кісткових зразків, взятих у кортикальному шарі стегнової кістки в ділянці проксимального метафіза, довелося виконати роботу, яка характеризується такими показниками: у чоловіків (залежно від віку): 6,86—5,15, 2,46 кг/см і у жінок — 4,2—2,25—4,1 кг/см. Отже, у чоловіків всіх вікових груп спостерігається поступове зменшення величини роботи, потрібної для зруйнування кісткового зразка: у жінок, робота витрачена для зруйнування зразка кістки в молодому і старечому віці, майже однакова — 4,25—4,1 кг/см, а в похилому віці цей показник різко зменшується (до 2,25 кг/см).

Висновки

На підставі викладених даних можна зробити такі висновки:

1. Кісткові зразки, взяті в дослідів з різних ділянок стегнової кістки у жінок різного віку, здебільшого виявились менш міцними, ніж у чоловіків такого ж віку.

2. Кісткові зразки, взяті з ділянки великого вертела, виявились у чоловіків менш міцними, ніж у жінок.

3. В молодому віці основні показники механічної характеристики кусочків кісткової тканини, взятих з проксимального кінця стегна, виявились більшими у чоловіків у порівнянні з жінками, за винятком дуги Адамса і великого вертела, де у чоловіків вони були менш міцними, ніж у жінок.

4. В похилому віці кісткова тканина, взята від препаратів чоловіків, характеризується більшими показниками міцності, ніж у жінок, включаючи і дугу Адамса, тобто в похилому віці, на відміну від моло-

дого, дуга Адамса міцніша у чоловіків, ніж у жінок. Виняток становлять лише кусочки кісткової тканини, взяті з ділянки великого вертела: їх механічна характеристика на стиснення у чоловіків нижча, ніж у жінок.

5. В старечому віці спостерігається двояка картина: кісткова тканина, взята з головки стегнової кістки, міцніша у чоловіків, ніж у жінок. А кісткова тканина, взята з шийки (нижня ділянка і дуга Адамса), ділянки великого вертела і кортикального шару метафіза у жінок міцніша, ніж у чоловіків, що підтверджується клінічними спостереженнями.

6. Найнижчі показники механічної міцності кісткової тканини виявились у кусочків, взятих від препаратів у жінок:

а) у похилому віці (нижня ділянка головки, верхня і нижня ділянки шийки і дуга Адамса, кортикальний шар метафіза стегнової кістки);

б) в старечому віці — у кістки, взятої з верхньої ділянки головки.

7. У чоловіків кісткова тканина виявилась найменш міцною у похилому віці в ділянці верхньої і нижньої зон головки, дуги Адамса, великого вертела; у старечому віці — в ділянці середньої зони головки, верхньої та нижньої зон шийки, кортикального шару метафіза стегна.

8. Кісткова тканина людини в ділянці проксимального кінця стегна особливо неміцна в похилому віці.

9. Найвищі показники механічної міцності проксимального кінця стегнової кістки стосуються кортикального шару метафіза і дуги Адамса, а найнижчі — ділянки великого вертела, верхньої ділянки шийки і нижньої ділянки головки.

Література

1. Беляев Н. М.—Лабораторные работы по сопротивлению материалов. Издание 4-е, 1951, 95.
2. Русаков А. В.—Патол. анатомия болезней костной системы, 1959, 5, 134.
3. Тимошенко С. П.—Сопротивление материалов, 1961, 1, 40, 85, 350.
4. Филоненко-Бородач М. М., Изюмов С. М., Элисов Б. А., Кудрявцев И. Н., Мальгин Л. И.—Курс сопротивления материалов, 1956, 1, 32, 57, 38, 193, 202, 236.
5. Göke C.—Beitrage zur Druckfestigkeit des Spongiosen Knochens., Beitr. z. Klin. chir., 1928, 143.
6. Rössle R.—Untersuchungen über Knochenhärte, Beitr. Pathol. Anat., 1927, 77.

Надійшла до редакції
10.VI 1966 р.

Испытание физических свойств костной ткани проксимального конца бедра у лиц пожилого и старческого возраста

Е. П. Подрушняк

Институт геронтологии АМН СССР, Киев

Резюме

В работе изложены результаты исследований физических свойств костной ткани проксимального конца бедра у людей среднего, пожилого и старческого возраста, умерших в результате травмы или от причин, не связанных с заболеванием костно-суставного аппарата. Для испытания взято около 850 кусочков кости из участков головки, шейки и верхнего метафиза бедренной кости; эти образцы подвергались сжатию прес-

сом, силой в 5 тонн, систематически. Основные показатели ее прочности.

Кусочки кости, взятые из образцов ратов женщин в молодом, показали, оказались менее прочными, чем образцы костной ткани.

Образцы костной ткани, взятые у мужчин, оказались менее прочными, чем образцы костной ткани.

В молодом возрасте кости имеют более высокие основные показатели прочности: исключением являются образцы, взятые у мужчин, где они у мужчин оказались менее прочными.

В пожилом возрасте кости имеют более высокие основные показатели прочности. Адамса. Таким образом, в образцах, взятых у мужчин, прочнее у мужчин, чем у женщин. Взятая из области большого вертела, сжатие у мужчин ниже, чем у женщин.

В старческом возрасте кости имеют более высокие основные показатели прочности. Адамса. Таким образом, в образцах, взятых у мужчин, прочнее у мужчин, чем у женщин. Взятая из области большого вертела, сжатие у мужчин ниже, чем у женщин.

Самые низкие показатели прочности, взятые от препаратов, взятых у мужчин, прочнее у мужчин, чем у женщин. Взятая из области большого вертела, сжатие у мужчин ниже, чем у женщин.

а) в пожилом возрасте образцы, взятые у мужчин, прочнее у мужчин, чем у женщин. Взятая из области большого вертела, сжатие у мужчин ниже, чем у женщин.

б) в старческом возрасте образцы, взятые у мужчин, прочнее у мужчин, чем у женщин. Взятая из области большого вертела, сжатие у мужчин ниже, чем у женщин.

У мужчин костная ткань имеет более высокие основные показатели прочности. Адамса. Таким образом, в образцах, взятых у мужчин, прочнее у мужчин, чем у женщин. Взятая из области большого вертела, сжатие у мужчин ниже, чем у женщин.

Исследования показывают, что в старческом возрасте кости имеют более высокие основные показатели прочности. Адамса. Таким образом, в образцах, взятых у мужчин, прочнее у мужчин, чем у женщин. Взятая из области большого вертела, сжатие у мужчин ниже, чем у женщин.

Самые высокие показатели прочности, взятые от препаратов, взятых у мужчин, прочнее у мужчин, чем у женщин. Взятая из области большого вертела, сжатие у мужчин ниже, чем у женщин.

Самые низкие показатели прочности, взятые от препаратов, взятых у мужчин, прочнее у мужчин, чем у женщин. Взятая из области большого вертела, сжатие у мужчин ниже, чем у женщин.

У мужчин костная ткань имеет более высокие основные показатели прочности. Адамса. Таким образом, в образцах, взятых у мужчин, прочнее у мужчин, чем у женщин. Взятая из области большого вертела, сжатие у мужчин ниже, чем у женщин.

Исследования показывают, что в старческом возрасте кости имеют более высокие основные показатели прочности. Адамса. Таким образом, в образцах, взятых у мужчин, прочнее у мужчин, чем у женщин. Взятая из области большого вертела, сжатие у мужчин ниже, чем у женщин.

Самые высокие показатели прочности, взятые от препаратов, взятых у мужчин, прочнее у мужчин, чем у женщин. Взятая из области большого вертела, сжатие у мужчин ниже, чем у женщин.

Самые низкие показатели прочности, взятые от препаратов, взятых у мужчин, прочнее у мужчин, чем у женщин. Взятая из области большого вертела, сжатие у мужчин ниже, чем у женщин.

У мужчин костная ткань имеет более высокие основные показатели прочности. Адамса. Таким образом, в образцах, взятых у мужчин, прочнее у мужчин, чем у женщин. Взятая из области большого вертела, сжатие у мужчин ниже, чем у женщин.

Исследования показывают, что в старческом возрасте кости имеют более высокие основные показатели прочности. Адамса. Таким образом, в образцах, взятых у мужчин, прочнее у мужчин, чем у женщин. Взятая из области большого вертела, сжатие у мужчин ниже, чем у женщин.

сом, силой в 5 тонн, системы А. Г. Гагарина. Для каждого кусочка кости определялись основные показатели ее прочности.

Кусочки кости, взятые в опыт с различных участков бедренной кости от препаратов женщин в молодом, пожилом и старческом возрасте, в большинстве случаев оказались менее прочными, чем мужские.

Образцы костной ткани, взятые из области большого вертела бедренной кости у мужчин, оказались менее прочными, чем у женщин.

В молодом возрасте кусочки костной ткани проксимального конца бедра у мужчин имеют более высокие основные показатели механической характеристики, чем у женщин: исключением являются дуга Адамса и кусочки кости из области большого вертела, где они у мужчин оказались менее прочными, чем у женщин.

В пожилом возрасте так же, как и в молодом, костная ткань, взятая от препаратов мужчин, имеет более высокие показатели прочности, чем у женщин, включая и дугу Адамса. Таким образом, в пожилом возрасте, в отличие от молодого, дуга Адамса прочнее у мужчин, чем у женщин. Исключением являются лишь кусочки костной ткани, взятой из области большого вертела, где показатели механической характеристики на сжатие у мужчин ниже, чем у женщин.

В старческом возрасте наблюдается двоякая картина: костная ткань, взятая из головки бедренной кости, обладает большей прочностью у мужчин, чем у женщин; костная ткань, взятая из шейки (нижний участок и дуга Адамса), области большого вертела и кортикального слоя метафиза, у женщин более прочная, чем у мужчин. Это говорит о том, что в старческом возрасте можно ожидать больше переломов головки и медиальных переломов шейки, что согласуется с клиническими наблюдениями.

Самые низкие показатели механической прочности костной ткани обнаружили кусочки, взятые от препаратов у женщин:

а) в пожилом возрасте (нижний участок головки, верхний участок шейки, нижний участок шейки и дуга Адамса, кортикальный слой метафиза бедренной кости;

б) в старческом возрасте — кость, взятая из верхнего участка головки.

У мужчин костная ткань оказалась наименее прочной в пожилом возрасте в области верхнего и нижнего участков головки, дуги Адамса, области большого вертела; в старческом возрасте — в области среднего участка головки, верхнего и нижнего участков шейки, кортикального слоя метафиза бедра.

Исследования показывают, что костная ткань человека в области проксимального конца бедра особенно непрочная в пожилом возрасте.

Самые высокие показатели механической прочности проксимального конца бедренной кости относятся к кортикальному слою проксимального метафиза и дуге Адамса, а самые низкие (непрочные) — к большому вертелу, верхнему участку шейки и нижнему участку головки.

Physiological Property Test of the Proximal Femur End Bone Tissue of Elderly and Old People

E. P. Podrushnyak

Institute of Gerontology, Academy of Medical Sciences of the USSR, Kiev

Summary

The article deals with the results of the investigations of physiological properties of the proximal femur end bone tissue of elderly and old people, who died from a trauma or some other reasons which are not connected with bone-joint diseases. About 850 bone samples from the parts of the head, the neck and the upper metaphysis of the femur were taken for the test: these samples were compressed under the power of 5 tons by the press of A. G. Gagarin's system. The principal indices of strength were determined for every bone sample.

The investigations show that man bone tissue of the proximal femur end especially lacks of strength at the elderly age.