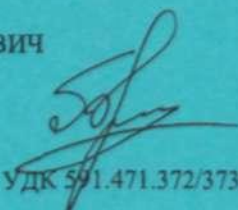


НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЗООЛОГІЇ ім. І. І. ШМАЛЬГАУЗЕНА

БРОШКО ЄВГЕНІЙ ОЛЕГОВИЧ



УДК 591.471.372/373:598/599

**СТРУКТУРНО-БІОМЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ
ДОВГИХ КІСТОК КІНЦІВОК В РЯДУ НАЗЕМНИХ ХРЕБЕТНИХ**

03.00.08 – зоологія

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата біологічних наук

Київ – 2014

АНОТАЦІЯ

Брошко Є. О. Структурно-біомеханічні властивості довгих кісток кінцівок в ряду наземних хребетних. – Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.08 – зоологія. – Інститут зоології ім. І. І. Шмальгаузена НАН України. Київ, 2014.

Дисертація присвячена вивченню зв'язку структурно-біомеханічних властивостей довгих кісток кінцівок з орієнтацією кінцівок і типом локомоції. Досліджено ряд характеристик довгих кісток кінцівок 41 виду хребетних з чотирьох класів.

Орієнтація кінцівок, маса тіла і характер локомоції визначають характер механічних навантажень і їх розподіл на окремі ланки кінцівок. Форма поперечного перерізу діафіза кістки разом з обчисленими на її основі характеристиками дозволяє визначити загальний характер навантажень, до протидії яким пристосована кістка.

Встановлено, що при сегментальній орієнтації кінцівок на їх скелет діють переважно навантаження на кручення. При цьому найбільш суттєво вони впливають на елементи стилоподію, де біомеханічні показники зростають відносно більш інтенсивно при збільшенні маси тіла. При парасагітальній орієнтації тип навантажень більш суттєво впливає таким же чином на кістки зейгоподію. У тварин з біпедальною локомоцією (птахів) ці показники зростають інтенсивно в усіх елементах тазової кінцівки.

Підвищення біомеханічних показників відбувається за рахунок відносного збільшення кількості компактної кісткової речовини і її більш раціонального розподілу в стінках діафіза.

Парасагітальна орієнтація кінцівок сприяє збільшенню потенційних можливостей до розширення функцій кінцівок і освоєння нових форм локомоції.

Ключові слова: наземні хребетні, орієнтація кінцівок, скелет кінцівок, довгі кістки, структурно-біомеханічні властивості, морфо-функціональні адаптації.

АННОТАЦІЯ

Брошко Е. О. Структурно-біомеханические свойства длинных костей конечностей в ряду наземных позвоночных. – Рукопись. Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.08 – зоология. – Институт зоологии им. И. И. Шмальгаузена НАН Украины. Киев, 2014.

Диссертация посвящена изучению связи структурно-биомеханических свойств длинных костей конечностей с ориентацией конечностей и типом локомоции. Исследован ряд характеристик длинных костей конечностей 41 вида позвоночных из четырех классов.

Ориентация конечностей, масса тела и характер локомоции определяют характер механических нагрузок и их распределение на отдельные звенья конечностей. Форма поперечного сечения диафіза кости наряду с вычисленными на ее основе характеристиками позволяет определить общий характер нагрузок, к противостоянию которым приспособлена кость.

Установлено, что при сегментальной ориентации конечностей на их скелет действуют преимущественно нагрузки на кручение. При этом наиболее существенно они влияют на элементы стилоподия, где биомеханические показатели возрастают относительно более интенсивно при увеличении массы тела. При парасагитальной ориентации тип нагрузок более существенно влияет таким же образом на кости зейгоподия. У животных с бипедальной локомоцией (птиц) эти показатели возрастают интенсивно во всех элементах тазовой конечности.

Повышение биомеханических показателей происходит за счет относительного увеличения количества компактного костного вещества и его более рационального распределения в стенках диафіза.

Парасагитальная ориентация конечностей способствует увеличению потенциальных возможностей к расширению функций конечностей и освоению новых форм локомоции.

Ключевые слова: наземные позвоночные, ориентация конечностей, скелет конечностей, длинные кости, структурно-биомеханические свойства, морфо-функциональные адаптации.

SUMMARY

Broshko Ye. O. Structural and biomechanical properties of limbs' long bones in range of terrestrial vertebrates. – Manuscript. Thesis for Ph. D. degree in the specialty 03.00.08 – zoology. – I. I. Schmalhausen Institute of Zoology, National Academy of Sciences of Ukraine. Kyiv, 2014.

The subject of research is structural and biomechanical properties of limbs' long bones and their relationship with limbs orientation relative to the body planes and the locomotion type. It was investigated a number of morphometric and structural and biomechanical characteristics of limbs' long bones of 41 species from four classes of vertebrates.

It has been obtained morphometric and mechanical parameters of stylopodium and zeugopodium bones of forelimbs and hindlimbs: bone mass (m , g), relative bone mass (m_r), bone length (l , mm), bone mass and length relative to the total mass and length of stylopodium and zeugopodium, midshaft frontal diameter (d_f , mm) and sagittal diameter (d_s , mm), ratio of diameters (d_f/d_s), cross-sectional area (compact area, S_k , mm^2), compact index (i_k), principal (extremal) moments of inertia (I_{\max} , I_{\min} , mm^4), ratio of principal moments of inertia (I_{\max}/I_{\min}), polar moment of inertia (J , mm^4), radii of inertia (i_{\max} , i_{\min} , mm).

In the first place biomechanical properties of limb bones define by limbs orientation, body mass and locomotion type. These factors determine the loading condition and distribution of mechanical loads in certain links of the limbs.

Some features are calculated on the basis of cross-sectional shape of bone shaft. There are cross-sectional area and compacts index, moments of inertia and radii of inertia. All of them and cross-sectional shape make it possible to determine the loading condition to which the bone is adapted. Compact area and index is representative in regard to bone adaptation to resistance to the pressure and tension; principal moments of inertia show the bone resistance to bending loads, and polar moment of inertia shows the bone resistance to the torsion loads.

Established, that torsional loads mainly acting on the limb skeleton of animals that have segmental limb orientation (amphibians, reptiles). Thus loading condition most significantly affects the cross-sectional shape of midshaft in stylopodium bones of reptiles. At the same time the cross-sectional shape of bone midshaft of reptiles (especially lizards) is rather homotypic. It depends on the uniformity (high similarity measure) of locomotion types of various representatives as the effect of general features of mechanical loads. The cross-sectional shape of limb bones (particularly bones of forelimb) of anurans is significantly different from previous case so far as anurans have specific locomotor adaptations.

At the same time loading condition most significantly affects the cross-section of zeugopodium bones of mammals that have parasagittal limb orientation. Cross-sectional shape of mammals' bones is quite various. This is due to the fact that the torsional loads' restrictive effect is diminished by parasagittal limb orientation. Diversity of cross-sectional shape indicates the high degree of variability of loading conditions as well as direction of load application for the various locomotion types.

Research of allometry of structural and biomechanical parameters shows different character of their increasing relative to body mass in various parts of limbs. Structural and biomechanical parameters relatively more intensively increase in stylopodium bones of animals that have segmental limb orientation, and in zeugopodium bones of animals that have parasagittal limb orientation. Its increase equally intensively in all bones of hindlimb of birds for which is inherent bipedal locomotion.

Relative increasing of structural and biomechanical parameters occurs at the expense of relative increasing of quantity of compact bone tissue and its more efficient distribution in mid-shaft.

The variability of limb bones' morphometric and biomechanical features is depending on degree of limbs specialization regardless of systematic position of species.

Segmental limb orientation of reptiles due to the specific loading condition imposes some constraints on the structural features of elements of the limb skeleton and its morpho-functional adaptations. Parasagittal limb orientation is more progressive than segmental. It contributes to increasing of resistance to mechanical loads, more rational application of structural bone tissue, enhancement of potential ability to extension of limbs' function and using new locomotion types.

Key words: terrestrial vertebrates, limb orientation, limb skeleton, long bones, structural and biomechanical properties, morpho-functional adaptations.