

## Review papers

---

# PHYSICAL ACTIVITY IN OSTEOPOROSIS PREVENTION AND TREATMENT

## *Physical activity and osteoporosis*

BARBARA RACZYŃSKA, BARBARA DŁUGOŁĘCKA

*The Josef Piłsudski University of Physical Education in Warsaw,  
Faculty of Physical Education in Biała Podlaska, Physiology Department*

Mailing address: Barbara Raczyńska, Faculty of Physical Education, 2 Akademicka Street, 21-500 Biała Podlaska, tel.: +48 83 3428827, fax: +48 83 3428800, e-mail: barbara.raczynska@awf-bp.edu.pl

**Abstract:** The paper is an overview of current literature concerning the role of physical activity in osteoporosis prevention and treatment. The paper includes epidemiological data on the osteoporotic fractures in the different parts of the world. Of paramount importance in relation to the pathogenesis of this disease are the presence and escalation of risk factors among which no or little physical activity is essentially significant. Osteoporosis prevention begins in early childhood and adolescence with the achievement of the peak bone mass, and then continues into adulthood as the maintenance of the proper bone mass level (depending on the age). It is considered that increased physical activity is closely related to the increase in the mineralization of the bone tissue and/or reduced number of fractures. The progress in osteoporosis prevention and treatment is inseparably related to education which should be oriented towards the assessment of possible risks as well as presence and escalation of risk factors.

**Key words:** osteoporosis, physical activity, prevention, treatment, education

### Epidemiology

The term osteoporosis was first used in France and Germany in the 19th century and at that time it referred to porous, osteoporotic bones (histological diagnosis). Later, the term was used to describe properly mineralized bone tissue whose density was lower than in a normal bone. Such definition of osteoporosis is still used today, although it also takes into account the correlation between bone mass and risk of fracture [46]. Osteoporotic fractures are responsible for significant disease incidence and a large number of deaths. While the most common osteoporotic fractures occur in the proximal femoral epiphysis, vertebral bodies, distal radial epiphysis, we can also find references to fractures of the ribs, clavicle, and proximal end of the humerus as well as to distal femoral fractures. 10-20% of women and 25% of men with such injuries shall die in the subsequent year, and over 50%, provided they survive, shall be unable to move or even to live without outside aid. Osteoporosis is not only a bone disease. It is a clinical syndrome which results in permanent physical disability, decreasing the quality of life [4, 13].

Until recently osteoporosis has been considered as chronic elderly disease, occurring mostly in women. However, it afflicts both elderly and young people, children as well as men, while the disease frequency is on the increase within all geographical regions. Fractures (resulting from the decalcification of bone tissue) due to ordinary falls are not infrequently the first indication of advanced osteoporosis. Based on the epidemiological data, it is considered that the higher risk of bone fractures is

a consequence of the ongoing decrease in the physical activity levels [18, 46].

It is continued to collect data from various parts of the world concerning the mineral density of bones, and most of all the number of fractures. And thus, in the USA 1.5 million people experience osteoporotic fractures every year [13]. Also in the Central Africa the number of fractures has increased which is accounted for by the urbanization of the region. Current forecasts foresee critical rise in the number of fractures in Asia, for example in Hong Kong [18].

Based on the number of femoral fractures experienced by elderly people in different parts of the world, it is estimated that nearly half of them are recorded in Europe and North America. It is anticipated that in Europe the number of fractures shall increase by 80% by 2025 as compared to the situation in 1990 [46]. However, in Poland the information on the frequency of osteoporotic fractures is vastly incomplete. Based on the retrospective studies conducted within the Białystok agglomeration (BOS) and in the three north-eastern voivodeships in Poland (PWPOS), it was determined that every fourteenth woman aged 45 to 54 was diagnosed as suffering from osteoporosis, while within the age range of 65 to 74 every fourth woman had osteoporosis (BMD tests in collum femoris) [3, 5, 13, 14, 36]. It is considered that such situation is a consequence of a drastic downturn in physical activity which has an indirect impact on the bone tissue condition.

Over the next 50 years osteoporosis shall develop into a global problem requiring effective preventive measures in order to inhibit the above trend.

### Bone structure and strength

The main component of the skeleton is the bone tissue which protects and supports the organs and systems, determines the body size, and also forms the passive motor system. In anatomical terms, there are two types of bones: cortical (compact) – 80% of the skeleton, and trabecular (cancellous) – 20% of the skeleton. The compact bone tissue consists of densely packed bone lamellae. Osteon is the basic unit composed of osteonic canal and concentric lamellae. It can be found in the long bone shafts and in surfaces of other bones. It determines the mechanical strength of bones. The cancellous bone tissue consists of bone trabeculae composed of bone lamellae. The packing and structure of lamellae are influenced by mechanical forces. The cancellous bone tissue can be found first and foremost within the vertebrae shafts, and epiphyses of long bones. Within the entire skeleton, it accounts for only 20% of the total bone mass but its area measures  $10\text{ m}^2$  and is three times larger than that of the cortical bones [28].

The bone tissue has a high degree of hardness due to the presence of mineral compounds, most of all calcium and phosphorus, and magnesium to a lesser extent. In general, bones are composed of organic matrix, mineral compounds and cells. Bone strength derives from collagen (matrix component) which forms an organized structure along its fibres, from calcium and phosphorus combined into hydroxyapatite. Bone cells include osteoblasts, osteocytes and osteoclasts. Osteoblasts are present in the synthesis of intercellular substance and mineralization and they are the precursors to osteocytes. Osteocytes are mostly found in mature bone tissue and are responsible for the generation of new tissue under the influence of mechanical stimuli, and also for the preservation and regeneration of the organic material in bones. Osteoclasts, bone-reabsorbing cells, are responsible for bone resorption aimed at bone remodelling.

The balance between osteoblastic and osteoclastic activity depends on the genetic and mechanical, diet-modified (calcium intake, D-vitamin supply), as well as hormonal factors. Furthermore, growth factors also play an important role (insulin-like growth factor (IGF-1), interleukin, and others [1, 22, 31]. Throughout the entire life cycle, bones undergo constant reconstruction, they are continuously reabsorbed and recreated. In the childhood and adolescence, bone-forming processes prevail over bone-resorption, whereas in adulthood they reach balance. The above processes are responsible for the regeneration of the bone tissue by adjusting its quantity and location to the mechanical needs, supporting and dynamic functions. They are responsible for the density and quality of bones [42]. At elderly age the bone-reabsorbing processes prevail, which decreases the bone mass and results in the disorder of the bone structure. The bone-forming processes are also affected by stress and gravitational forces which must be overcome by the skeletal system [2, 22]. Bone density changes with the age. It reaches its peak value between 25 and 35 years of age, and at the age of 35–40 it begins to decline (without any changes in the bone size) [40]. Low density can be diagnosed based on the non-invasive densitometric tests. Clinical diagnosis of osteoporosis is based on the characteristic fractures [27].

Mechanical strength of bones is primarily related to their mass, density and structure. In the childhood and adolescence, bone strength is to a great extent affected by the peak value of the bone mass, whereas in elderly people, reduced bone density (beyond physiological involution), below the so-called brittleness threshold, can give rise to fractures even at low kinetic energy. Gradually, as the bone mass decreases over time, the mechanical strength of bones also becomes reduced which leads to permanent deformations of the motor system, impeding thus physical activity and personal independence [2].

The quality of bones is also highly affected by microinjuries which may occur at any age. In young and healthy persons they heal naturally, whereas in elderly persons they tend to accumulate causing fractures even as a result of insignificant injuries. Thus far it has been impossible to determine a method to measure mechanical strength of bones. In general it is identified with the bone mineral density (BMD) as people having bones of higher density are less prone to fractures. The development of bones and their strength depends to a great extent on mechanical stimuli which, beside the increase in bone mineral density, affect the mass and muscular strength of bones as well as their elasticity. One of the causes of bone injuries can be the loss of muscular elasticity. Abnormal muscular work contributes to the development of pathological condition in the vertebrae bodies which may result in bone overloading and destruction, as well as loss of balance which increases the risk of fall-related fractures. Most often, fall-related injuries are ascribed to the reduced muscular strength, loss of balance as a result of reduced physical activity [13, 22].

The diagnosis of osteoporosis is largely based on the presence and escalation of risk factors inherent to this disease. They may be classified as genetically determined non-modifiable factors (80%), and also as age- and sex-related and modifiable (20%) factors related to diet (D-vitamin and calcium intake level) and lifestyle, mainly physical activity. Elimination of the modifiable risk factors is only possible by changing the lifestyle which should be promoted in the entire society [30].

### Physical activity

There is abundant evidence to the effect that lack of physical activity, e.g. immobilization of astronauts during space flights, and also immobilization of patients as a result of long-term hospital treatment or inactive lifestyle, reduces the bone mass due to its abnormal reconstruction and decrease in mineral density, and further due to the reduction of muscular strength, and residual muscle tension (muscle tone) [2, 17, 26].

It should be emphasized that the loss of maximum strength in lower extremities, as compared to upper extremities, is approximately twice as large owing to the upright body posture (anti-gravitational muscles), hence greater tendency to fall. Lack of activity decreases also the force transmitted through ligaments and joints [2, 17].

Civilization created “compulsive repression” of muscular work, it profoundly transformed the lifestyle introducing muscular idleness, a phenomenon having great negative impact on health. The organism quickly accustoms itself to the reduced muscular activity and as a result to broadly understood decreased physical efficiency. Also, if physical activity is significantly reduced for a period of 2 weeks (e.g. due to an injury), numerous beneficial effects of training decline gradually. However, unfavourable changes recede within 2–8 months after having resumed physical activity [29, 52].

The bone mass is subject to both mechanical (local) as well as hormonal (systemic) control of homeostatic mechanisms. Mechanical load on the skeleton increases the osteoblastic activity (a new bone matrix is formed along the load axis – Wolff’s law) [46], which decelerates the appearance of bone tissue defects at any age. This effect is more observable at young age [12, 47]. The osteocytes has also been shown to play a significant role in this process as “sensors” converting mechanical stimuli to mitogenic stimuli [46]. The bone tensions and deformations induced by the load may intensify bone formation and inhibit bone resorption in the course of normal bone reconstruction, or activate osteoblastic processes directly in bones [10].

Optimum functioning of muscles, bones and joints is supported by everyday physical activity during which the muscles generate forces having significant impact on the balance of bone tissue. Muscle-stimulating physical exercises (mechanical stimuli) help to strengthen bones and improve physical coordination. Physical activity and skeleton load make a positive contribution to bone formation, bone modelling and adaptive modification of bones throughout the life [3, 21].

Physical activity is of particular importance in the growth period. It affects the peak bone mass which determines the condition of bones in the later adulthood [7, 9, 51]. Long-standing observations have shown that adults, women in particular, who have been physically active in their childhood and maturity period, tend to develop better condition of the skeletal system. Furthermore, physical activity in adulthood helps to maintain the bone and muscle mass at a level appropriate to age [33, 44, 47].

It is considered that more intensive physical activity is associated with higher mineralization and/or reduced fracture occurrence. The attempts to prove this thesis have encountered some difficulties arising from the fact that the loads applied in physical exercises in the course of retrospective tests were classified as well as due to the lack of discipline among patients, and lack of blind tests in the clinical research [1]. The tests involving sportsmen practising various sports disciplines seem to be more reliable. They imply that intensified physical activity contributes to the increase in the bone mineral density, and this effect is supported by appropriate calcium supply [38, 48]. Sport training is conducive to the mineralization of the bone tissue. The research conducted by Nilsson and Westflin [34] in 1991 showed that sportsmen tend to have higher bone mineral density than people not practising any sports, while the response to the physical effort was most significant at the point of application of the greatest forces. For example, running which involves pulsating thrust on the heel bone, femoral epiphysis, as well as vertebral column, significantly intensifies the mineralization of these bones in long-distance runners as compared to people having little physical activity [53]. Even more noticeable increase in the bone mass of the vertebral column has been observed in rowers whose upper part of the body bears the greatest load [41]. The dominant hand in tennis players has higher bone mass than the non-dominant hand, and the difference in the bone mass between both hands ranges from 8 to 13% [20]. In people practising other sports disciplines, larger bone density has been determined within the area of the exercised skeleton [39]. Whereas the study conducted on female swimmers have demonstrated that there was no increase in the bone tissue mineralization which explains the characteristic for this sports discipline physical effort not related with overcoming the gravitational forces, i.e. performance under the influence of reduced gravitational forces [49]. The increase in the bone density in sportswomen depends on proper gonadal function and calcium intake. In the case of excessive training volume and intensity, in particular during the period of bone growth, as well as improper diet and hormonal disorders may produce adverse effects on the bone mass [38, 48].

Resistance training is considered an optimum type of physical activity generating positive influence on bones. Its beneficial effects have been observed in women aged 16-21 [19] as well as in women at pre- and postmenopausal age [16, 32].

Beside the regulation of bone cell functions, physical exercises increase muscle mass which also contributes to development of the bone strength. In addition, they help to maintain muscle functions (proper stereotypes) responsible for body balance and physical coordination [37, 50].

However, a proper bone structure is contingent upon competent selection of intensity and load of physical exercises to avoid overload which may result in injury as the application of

excessive skeleton load (compressive, tensile, torsional forces) out of the limit range gives rise to the disorder and destruction of the internal bone structure resulting in stress fractures of bone trabeculae [22].

The effects of physical activity are important at every age, even in elderly people they may support the development of proper muscle strength and mobility. Thus, for example, falls occur in both the asthenic as well as strongly-built and physically active people, but in each case the fall itself is different. People with better physical fitness show greater flexibility, have proper reflexes, coordination of muscle strength and reaction time, necessary to keep balance, which in the case of osteoporosis may be of extensive significance since it may help to reduce the risk of fractures, most of all femoral neck fracture which is one of the causes of disease incidence and deaths among elderly people. A long-term advantage of physical activity includes slower decrease in the bone mass and good general physical fitness as compared to the age [33]. Bearing in mind these facts, physical activity is an essential component of the osteoporosis prevention which thus far has drawn little attention as the diagnosis and treatment procedures tend to remain the centre of attention of the medical world.

### Preventive treatment

The basic aim of osteoporosis prevention is to inhibit the loss of bone mass, and it should be started early enough, without waiting for skeleton lesions generated by the passing time and falls. The gradual loss of bone mass may progress unrecognized for years, causing no symptoms or pain. A bone fracture due to a non-serious fall is usually the first sign.

There is evidence to the effect that osteoblastic defects as well as secretion of growth hormone, stimulated by physical activity, intensify with age, which first of all applies to elderly people [45]. Thus, it becomes understandable how very important is the proper preventive treatment based on physical exercises and sports-recreational activities in the population of the "third century". The loss of bone tissue after having reached 40 is a continuous process in which physical activity plays an unquestionable positive role. However, in the case of young people preventive treatment aims at achieving optimum bone mass and preventing its loss. Within this period, beside physical activity, a proper diet (calcium intake and D-vitamin supply), and in women treatment of hypoestrogenism-related menstruation disorders, are of great significance [11, 28, 38].

In the case of osteoporosis, there are no universal standard preventive procedures, however physical activity should form a fundamental component of the process, which is so frequently overlooked by physicians. After all, physical activity as a measure preventing osteoporotic fractures is included in the European Union programme aimed at the optimisation of the complex preventive, diagnostic and treatment measures. Additionally, this programme promotes the studies into the influence of lifestyle in respect of the diet and physical activity on the risk of fracture injuries [28].

Osteoporosis prevention begins with the achievement of the optimum peak bone mass during the growth period, and the factors responsible for improper bone formation should be recognized and eliminated in the childhood (including malnutrition, insufficient physical activity) [4]. Therefore, appropriate preventive treatment in this period when physical activity is of essential importance has been nowadays brought into attention.

The strategy of repetitive exercises involving highly variable bone load is considered to be particularly effective. Such exercises may have a positive impact on the mineral composition of bones provided their frequency is not too high. It is

recommended to practise physical exercises for 20 to 30 minutes per day. Marching, running and walking which can be easily included in the daily timetable are seen as useful activities for such purpose. It is advisable to increase physical activity to at least 1 hour per day; exercises increasing muscle strength and general physical fitness (dancing, cycling, swimming). Furthermore, in the case of elderly people, attention is drawn to instructing how to safely perform everyday activities (elimination of spine bending and rotating) and safe behaviours (safe falling) [21]. In preventing falls, coordination and balance exercises play a very important role. As a rule they are included in the training aimed at increasing joint mobility as well as in the resistant training [50]. Specialists recommend persons living a sedentary lifestyle to commence physical training with short-term activities of moderate intensity and to gradually increase their duration [2].

The principles of osteoporosis prevention based on physical activity, presented in the journal "Terapia" by R. Lorenc et al. [28], can be summarized by the following recommendations:

- everyday physical activity,
- exercises improving body posture,
- exercises building muscle strength, improving mobility of peripheral joints (performed against the resistance of the body – isometric exercises), resistance exercises for upper and lower extremities,
- systemic exercises: balance, coordination, stretching (flexibility), respiratory, relaxing exercises,
- learning to safely perform everyday tasks and activities,
- sports and recreation (elimination of sports involving the risk of balance loss and falls).

Currently, the most popular physical activity is "nordic walking" which is considered to be the most versatile form of recreation involving dynamic and harmonious movements. An activity involving almost the entire muscular (90% of all muscles) and skeletal system – from wrists through forearms, shoulders, trunk, pelvis, legs up to toes. It strengthens the back muscles, increases mobility of the neck and chest, reduces load of the knee and talocrural joints. It helps to maintain proper body posture. Additional benefits of nordic walking are better body balance and stability. Much more muscles are engaged during this activity than in the course of normal walking, running, swimming or cycling.

According to most sources, nordic walking became intensely popular in Finland at the end of 1990s. Over the recent years, nordic walking has spread all over the world and the number of people practising this type of recreation in the world amounted in 2005 to approximately 7 million, and their number continues to rise [35].

### Treatment

The objective of the osteoporosis treatment is to prevent osteoporotic fractures, and in case of such fractures, to provide effective treatment, including also reduction of the falling risk (underlying 90-100% of peripheral fractures) [13]. Therapeutic procedures comprise two integral elements: pharmacological and non-pharmacological (related to diet, physical activity, lifestyle) treatment.

The complex treatment depends on the osteoporosis progress stage, while maintaining by patients the best possible physical fitness holds a promise of positive therapeutical effects. Nevertheless, the studies attempting to evaluate the physical activity level in osteoporotic patients (n=54) demonstrated a decrease in the physical activity level resulting most of all from their fear of falling and experiencing a fracture in 38% or fear of pain – 34.7% of the studied patients [25]. The fear arising after the first fracture and attributable to being

afraid of further fractures, decreases the physical activity level to a greater extent than a health disability itself. Therefore, it is necessary to provide rehabilitation, based also on physical activity, whose main objective is to improve muscle strength and tissue flexibility as well as body balance and posture. It also positively affects the efficiency of the cardiovascular and respiratory systems in patients [13]. Furthermore, the hormone replacement therapy (HRT) is supported by physical exercises which also provide suitable background for the pharmacological treatment [1].

The principles of treatment (rehabilitation) in respect of physical activeness comprise the following exercises:

- pain-alleviating: non-weight bearing exercises (recommended swimming pool and physical therapy), instructions regarding safe activities,
- exercises improving general efficiency, depending on the patient's health condition,
- exercises improving balance and muscle strength (exercises against resistance),
- dynamic endurance exercises,
- postural exercises,
- exercises increasing the mobility of joints in lower extremities,
- walking exercises,
- education promoting health-oriented lifestyle [28].

During the osteoporosis therapy it is very important that the patients adhere to the recommendations concerning their diet and most of all the proper level of calcium and D-vitamin intake as well as other nutritional substances, as instructed [11]. Furthermore, it is of great significance to educate the patients on how to eliminate the non-bone-related factors increasing the fracture risk and further how to prevent falls. Such education is an inseparable component that determines the progress in osteoporosis prevention and treatment.

### Education

Despite the significant progress over the past 30 years both in the mechanisms (*preventing*) bone mass loss and non-invasive diagnostic methods enabling evaluation of the bone density, osteoporosis continues to be a serious disease and the osteoporosis risk dramatically increases all over the world. The reserves related to its prevention are searched for in promoting the current knowledge on the factors increasing the risk of osteoporosis, its prevention and treatment, i.e. in proper education. According to the most recent approximate data of the National Health Fund (NFZ), every year there are recorded 30 000 fractures of the proximal femoral end (pfe) and 150 000 fractures at all locations within the skeletal system (increasing trend). On the other hand, according to the data originating from Finland and Canada, the frequency of Pfe fractures decreased within the period of 1990-2005 by as much as 17% which is attributed to complex fracture prevention activities, whose essential component is proper wide-ranging education programmes, organized in these countries [28].

In the case of osteoporosis, education should be oriented towards the evaluation of risks, presence and intensity of risk factors, among which physical activity is of paramount importance. While the recommendations concerning the role of physical activity in preventing ischemic heart disease, obesity, diabetes are more and more recognized by the public (to a lesser extent in the case of neoplastic diseases), the importance of physical activity in osteoporosis prevention and treatment remains obscure. Treatment is mainly associated with pharmacological procedures. Thus, it is of extreme importance to familiarize the public with the significant role of physical activity in these processes by way of extensive education which should be started no later than in childhood and adolescence.

Therefore, even the paediatricians should draw attention of their young patients' parents to the fact that it is necessary to provide the children with a daily portion of physical activeness. The parents tend to accept the fact that their children have no physical activity and spend most of their free time in front of a TV or computer. The situation is worsened by unjustified doctor's leaves to excuse the children from participation in obligatory physical education classes. Disregard for physical activity in childhood and adolescence shall later have consequences in adulthood, and most of all at elderly age. Furthermore, it is the only period when it is easy to develop the habit of physical activeness and to learn various forms of its realization. People who were physically active in their childhood shall continue their habits into their further life, and similarly, people who were physically inactive shall remain inactive throughout their lives. The most important aspect of education is its permanent character and separate educational programmes, including those concerning physical activity for various age groups.

However, the few publications addressing the problem of physical activity in osteoporosis prevention and treatment, do not usually provide detailed description of the exercises (type, intensity, duration). Also, the recommendations provided by physicians are general and in most cases related to the change of lifestyle without detailed discussion of what it means for a patient. Similarly, the term rehabilitation is not a subject of in-depth discussions and therefore it comes as no surprise that most patients associate it with passive physical therapy without personal involvement in the treatment based on physical exercises.

The popularisers of knowledge about the osteoporosis-related risk factors should include physicians, first of all GPs, although these should also be included in the educational programme due to the above-described practices. Here we should not forget about the graduates of physical education universities and their importance in raising the social awareness as a part of their profession.

As mentioned above, the starting point of the osteoporosis prevention is to achieve the peak bone mass (25-35 years of age). Most people who in 50 years shall have to face the risk of osteoporosis are currently at such age when it is still possible to modify the bone mass in this group, i.e. to achieve the optimum level of peak bone mass through an active lifestyle and proper diet (calcium intake). Education of elderly people, in particular those over 65, should be furthermore oriented towards safe behaviours, avoiding the falling and fracture risks and also alerting to external and internal factors increasing the risk of falls.

"Entuzjaści Zdrowej Kości z Konieczności" – STENKO is an association focused on educating patients how to prevent fractures and promoting health-oriented lifestyle [28].

The education should also include scientific research conducted in various age groups (on a continuous or long-term basis) into the influence of lifestyle, physical activity, diet on the risk of developing osteoporosis. The results should be released to the public.

The essential role of broadly understood health-oriented education is to e.g. show the society the unrealised importance of physical activity for prevention and treatment of not only osteoporosis, but also other diseases [24].

All over the world, including Poland, there are held numerous conferences and symposia under such banners as: medicine of physical activity – medicine of the future, or physical activity – 20th century medicine, while in practice application of different forms of physical activity in the adult population, except for necessary standard rehabilitation procedures, is insignificant. Such conclusions are drawn from e.g. the results of the studies conducted by the National Public Health Institute

in Helsinki which covered 6 European countries: Finland, Spain, Germany, Poland, Russia and Hungary, according to which the physical activity level in Poland seriously differs not only from the physical activity level in Western European countries but in Russia and Hungary as well [15].

It results from the few studies conducted in Poland in the 1990s or from GUS (*Central Statistical Office*) surveys performed over the past decade, that the physical activity level in Polish society highly differs from the international recommendations [6, 23]. And thus only 3-10% of the adult males and females (depending on the age group) showed satisfactory level of physical activity, while over 90% of the population lived sedentary lifestyles with only occasional physical activity or no physical activity at all. In some countries, e.g. in Finland, Great Britain or the USA, the level of physical activity is monitored on an ongoing basis including wide-ranging education [15].

According to the world-wide recommendations, all people should be physically active to an extent exceeding the effort associated with everyday activities by an equivalent of 1000 kcal per week. In accordance with the above recommendations, it is necessary to undertake moderately intense physical activity for 30-40 minutes per 5-7 days a week, and such exercises do not have to be performed without interruption (e.g. two "sessions" per day – summary effect). The Japanese have proposed 400000 steps per day [32]. Currently, it is most frequently recommended to practise physical activity of moderate intensity for up to two hours per day throughout the week.

Education should address the entire society with mass media, particularly public television whose statutory tasks include health-related social education and promoting health-oriented lifestyles, as its active participants [15]. Appropriate publications in medical journals, sports and recreational magazines as well as in popular science and generally accessible magazines should also have its educational share in promoting physical activity (greater than thus far).

### Acknowledgements

The study was supported by the grant No. AWF-DS.109 from the Ministry of Science and Higher Education.

### Literature

1. Arden N. (2000) Risk factors in osteoporosis. [in]: J.E. Bandurski (ed.) *Osteoporosis versus the current state of knowledge*. Borgis, Warszawa, 36-49. [in Polish]
2. Astrand Per-Olof (2000) Why physical effort. *Med. Sportiva*, 4(2), 83-100. [in Polish]
3. Badurski J.E. (2003) The two natures of osteoporosis and fractures – Polish reality. *Przewodnik lekarza czy Praktyka Medyczna*, 6(11/12), 28-34. [in Polish]
4. Badurski J.E. (2003) *Osteoporosis and fractures*. Blackhorse, Warszawa. [in Polish]
5. Badurski J.E., Nowak N.A., Lis J., Supronik J., Dobreńko A. et al. (2003) The epidemiology of osteoporosis in women within the agglomeration of Białystok (BOS). The 2nd analysis of the fracture risk factors. *Postępy Osteoartrologii*, 14(2). [in Polish]
6. Badosz P., Zdrojewski T., Głuszek J., Drygas W., Krupa-Wojciechowska B. et al. (2000) The lifestyle of adult Poles in relation to the selected risk factors in cardiovascular diseases. The comparative analysis of the representative findings from 1997 and 2000. *Streszczenia I Seminarium CINDI WHO, Spała*, 11. [in Polish]
7. Bennel K.L., Hart P., Natrass C., Wark J.D. (1998) Acute and subacute changes in the ultrasound measurements of

- the calcaneus following intense exercise. *Calcif. Tissue Int.*, 63(6), 505-509.
8. Blake G., Fogelman J. (2000) Radiological diagnostics of osteoporosis [in]: J.E. Badurski (ed. of Polish edition) The current state of knowledge on osteoporosis. Borgis, Warszawa, 50-65. [in Polish]
  9. Chabros E., Charzewska J., Laczowicz A., Rogalska-Niedźwiedz M., Wajszczyk B. (1999) Physical activity and bone mineral density in pubescent girls and young women. *Wych. Fiz. i Sport*, 43, 4, 11-21. [in Polish]
  10. Chilbeck P.C., Suominen H. (1993) Bone mineral density and long term exercise. *Sports Med.*, 16, 316-330.
  11. Chojnowska Z., Charzewska J. (2008) Osteoporosis – today's challenge. *Zyw. Czlow. Metab.*, 35, 151-184. [in Polish]
  12. Cichy W., Krawczyński M. (1997) The auxological aspects of sports training in children and juveniles. *Med. Sportiva*, 1, 139-145. [in Polish]
  13. Czerwiński E., Osieleńc J., Borowy P. (2003) Fractures in osteoporosis. *Osteoporoza*, 1-8. [in Polish]
  14. Dobreńko A., Badurski J.E., Daniluk S., Nowak N.A., Jeziernicka E. (2003) The application of mass studies in the risk factors and humeral density for the densitometric vs. clinic determination of osteoporosis treatment criteria. *Postępy Osteoartrologii*, 14, 1-2. [in Polish]
  15. Drygas W., Bielecki W., Puška P. (2002) The evaluation of physical activity of inhabitants of six European countries. Projekt "Bridging East – West Health Gap" *Med. Sportowa*, 18, 169-174. [in Polish]
  16. Glinkowski W., Czajkowska A., Wit B., Andrzejewska B. (1999) The influence of recreational gymnastics in postmenopausal women on the quality of bone tissue and selected body components. *Med. Sportiva*, 3 (suppl.2), 73-78. [in Polish]
  17. Greenleaf J.E. (2001) The disastrous effects of long-term immobility in a lying position. *Med. Sportiva*, 5(4), 205-228. [in Polish]
  18. Hiller S., Cooper S. (2000) The epidemiology of osteoporosis. [in]: J.E. Badurski (ed. of Polish edition) The current state of knowledge on osteoporosis. Borgis, Warszawa, 10-21. [in Polish]
  19. Karlsson M.K., Johnell O., Obrant K.J. (1993) Bone mineral density in weight lifters. *Calcif Tissue Int.*, 52, 212-215.
  20. Kontulainen S., Kannus P., Haapasalo H., Sievanen H., Pasanen M. et al. (2001) Good maintenance of exercise – induced bone gain with decreased training of female tennis and squash players: a prospective 5-year follow-up study of young and old starters and controls. *J. Bone Miner. Res.*, 16(2), 195-201.
  21. Książpolska-Orłowska K. (2006) The importance of physical activity in the prevention and treatment of osteoporosis after-effects. *Terapia*, 3, 36-41. [in Polish]
  22. Książpolska-Orłowska K. (2008) The factors determining mechanical strength of bones. *Terapia*, 16, 5, 19-24. [in Polish]
  23. Kuciarska-Ciesielska M. (1998) The statistical studies of some health-determining conditions. *Zdrowie Publiczne*, 5, 189-192. [in Polish]
  24. Kuński H. (2000) Health training in strengthening health in adults – prospects, pragmatics and popularization. *Med. Sportowa* 10, 14-22. [in Polish]
  25. Lewczuk E., Białoszewski D. (2008) Level of physical activity in osteoporosis patients and falls and their prevention. *Ortopedia, Traumatologia, Rehabilitacja*, 4. [in Polish]
  26. Lloyd T. (2004) Lifestyle factors and development of bone mass and bone strength in young women. *J. Pediatr.*, 144 (6), 776-82.
  27. Lorenc R.S. (2000) The strategy of osteoporosis diagnostics. [in]: R.S. Lorenc (ed.) Osteoporosis diagnostics 2000. Osteoforum, Warszawa. [in Polish]
  28. Lorenc R.S., Głuszko P., Karczmarewicz E., Książpolska-Orłowska K., Miscorowski W. (2007) Recommendations for diagnostic and treatment procedures in osteoporosis. Reduction of fracture frequency by effective prevention and treatment. *Terapia*, 9, 5-33. [in Polish]
  29. Łaz R., Szczeklik-Kumala Z. (1998) Metabolic effects of chronic muscular inactivity. *Medycyna Metaboliczna*, 1, 34-36. [in Polish]
  30. Łukaszkiwicz J., Kłosińska K. (2000) Genetic factors in osteoporosis. [in]: R.S. Lorenc (ed.) Osteoporosis diagnostics 2000. Osteoforum, Warszawa, 257-265. [in Polish]
  31. Łukaszkiwicz J., Lorenc R.S. (2008) The contribution of endocrine and paracrine factors in osteoporosis etiopathology. *Terapia*, 5, 6-13. [in Polish]
  32. Mac Auley D. (2001) Potential benefits of physical activity for elderly people. *Med. Sportiva*, 5 (4), 229-236. [in Polish]
  33. Malina R. (2002) Physical activity and prospects of longevity. *Med. Sportiva*, 1, 9-16. [in Polish]
  34. Nilsson B.E., Wesflin N.E. (1991) Bone density in athletes. *Clin Orthop. Rel. Res.*, 77, 179-182.
  35. Nordic Walking Exercise your body Tim "T-Bone" Arem, MT Biznes, Warszawa, 2006. [in Polish]
  36. Nowak N.A., Badurski J.E., Supronik J., Dobreńko A., Lis J. et al. (2003) The epidemiology of osteoporosis in women within the agglomeration of Białystok (BOS): 1. Bone density and fractures. *Postępy Osteoartrologii*, 14 (1), 1-5. [in Polish]
  37. Pfeiffer M., Sinacki M., Gueesenes P. (2004) Musculoskeletal rehabilitation in osteoporosis: A Review. *J. Bone Miner. Res.*, 19, 1208-1214.
  38. Putukian M. (1994) The female triad. Eating disorders, amenorrhea and osteoporosis. *Med. Clin. North Am.*, 78, 345-356.
  39. Ryan A.S., Ivey F.M., Hurlbut D.E., Martel G.F., Lemmar J.T. et al. (2004) Regional bone mineral density after resistive training in young and old men and women. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 14, 16-23.
  40. Sawicki A. (1992) Osteoporosis – clinical manifestations and diagnosis, treatment procedures. *Problemy Lekarskie*, 31, 105-111. [in Polish]
  41. Sawicki A., Koninski J., Dębiński A. (1995), Density of bone minerals in rowers at the age of 15-17., *Med. Sportowa*, 11, 15-16. [in Polish]
  42. Seaman E. (2002) Patogenesis of bone fragility in women and men. *Lancet*, 359, 1841-1850.
  43. Sewerynek E. (2008) Pharmacological prevention of osteoporosis. *Terapia*, 5, 27-35. [in Polish]
  44. Sinaki M., Itoi E., Wahner H.W. Gejzer R., Multan B. P. et al. (2002) Stronger back muscle reduce the incidence of vertebral fractures: Aprospective 10 yers follow – up of postmenopausal women. *Bone*, 30, 836-841.
  45. Skrzek A. (2005) Functional changes in trunk muscles in elderly women under the influence of various forms of physical activity. *Medycyna Sportiva*, 9, S121 (suppl.). [in Polish]
  46. Smith R., Harrison J., Cooper C. (2000) Osteoporosis. *Medycyna Praktyczna*, Kraków. [in Polish]
  47. Snow C.M. (1996) Exercise and bone mass in young and premenopausal women. *Bone*, 18, 51-55.
  48. Sundgot-Borgen J. (1999) The triad of disorders in female sports competitors – irregular appetite, lack of menstruation and osteoporosis. *Med. Sportiva*, 3 (Suppl.2), 89-104. [in Polish]

49. Taaffe D.R., Robinson T.L., Snow C.M., Marcus R. (1997) High - impact exercise promotes bone gain in well - trained female athletes. *J. Bone Miner. Res.*, 12, 255-260.
50. Tederko P. (2008) The importance of physical activity in osteoporosis prevention and treatment. Portal Zdrowia PZWL. [in Polish]
51. Teegarden D., Proulx W.R., Kern M. et al. (1996) Previous physical activity relates to bone mineral measures in young women *Med. Sci Sports Exer.*, 28, 105-113.
52. US Department of Health and Human Services (1996) Physical Activity and Health. A Report of the Surgeon General GA, Superintendent of Documents, P.O. Box 37 1954, PA 15250-7954.
53. Wolman R. (1995) Osteoporotic bones and physical activity. The ABC of sports medicine. *Med. Sportowa*, 94, 51-54. [in Polish]

Submitted: December 18, 2008

Accepted: February 15, 2009

# AKTYWNOŚĆ FIZYCZNA W ZAPOBIEGANIU I LECZENIU OSTEOPOROZY

## *Aktywność fizyczna w osteoporozie*

BARBARA RACZYŃSKA, BARBARA DŁUGOŁĘCKA

*Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie,  
Zamiejscowy Wydział Wychowania Fizycznego w Białej Podlaskiej, Zakład Fizjologii*

Adres do korespondencji: Barbara Raczyńska, Zamiejscowy Wydział Wychowania Fizycznego,  
ul. Akademicka 2, 21-500 Biała Podlaska, tel.: 083 3428827, fax: 083 3428800,  
e-mail: barbara.raczynska@awf-bp.edu.pl

**Streszczenie:** Praca jest przeglądem aktualnego piśmiennictwa dotyczącego roli aktywności fizycznej w zapobieganiu i leczeniu osteoporozy. Przytoczono dane epidemiologiczne pochodzące z różnych regionów świata, dotyczące złamań osteoporotycznych. W patogenezie tego schorzenia istotną rolę odgrywa obecność i nasilenie czynników ryzyka, wśród których brak lub mała aktywność fizyczna ma szczególne znaczenie. Zapobieganie osteoporozie zaczyna się już w wieku dziecięcym i młodzieńczym od osiągania szczytowej masy kostnej, a następnie utrzymania masy kości w dorosłym życiu na właściwym poziomie (zależnym od wieku). Uważa się że zwiększona aktywność fizyczna wiąże się ze wzrostem mineralizacji tkanki kostnej i/albo redukcją złamań. Postęp w zapobieganiu i leczeniu osteoporozy jest nierozdzielnie związany z edukacją, która powinna być ukierunkowana na ocenę zagrożeń, na obecność i nasilenie czynników ryzyka.

**Słowa kluczowe:** osteoporoza, aktywność fizyczna, zapobieganie, leczenie, edukacja

### Epidemiologia

Termin osteoporoza po raz pierwszy użyty został we Francji i Niemczech w XIX wieku i oznaczał porowatość, zrzesotnienie kości (rozpoznanie histologiczne). W późniejszych latach terminem tym posługiwano się dla określenia poprawnie zmineralizowanej tkanki kostnej, której gęstość była zmniejszona w stosunku do prawidłowej. Taka definicja osteoporozy, stosowana jest do dzisiaj przy czym uwzględnia się również relacje między masą kostną a ryzykiem złamań [46]. Złamania osteoporotyczne są przyczyną znaczącej zachorowalności i śmiertelności. Najbardziej typowe dla osteoporozy złamania występują w obrębie nasady bliższej kości udowej, trzonach kręgow i nasadzie dalszej kości promieniowej, chociaż opisuje się także złamania żeber, obojczyka, bliższego końca kości ramiennej i dalszego odcinka kości udowej [46]. Najcięższymi złamaniami w osteoporozie są złamania w obrębie biodra. Ofiary tego typu złamania umierają w ciągu pierwszego roku 10-20% kobiet i 25% mężczyzn, a ponad 50%, jeśli przeżyje, pozostanie niezdolnym do poruszania się, do samodzielnego życia. Osteoporoza jest czymś więcej niż chorobą dotyczącą kości. Jest zespołem klinicznym prowadzącym w konsekwencji do trwałego kalectwa zmieniającym jakość życia [4, 13].

Do niedawna osteoporozę uważano za chorobę przewlekłą ludzi starszych przede wszystkim kobiet. Tymczasem dotyka ona zarówno ludzi w podeszłym wieku jak i osoby młode, a nawet dzieci, a także mężczyzn, przy czym częstość jej występowania na całym świecie, niezależnie od szerokości geograficznej wzrasta. Często pierwszym objawem zaawansowanej osteoporozy jest złamanie (wynikające z odwapnienia tkanki kostnej), towarzyszące banalnemu upadkowi. Na podstawie

danych epidemiologicznych uważa się, że wzrost ryzyka złamań kości spowodowany jest coraz mniejszą aktywnością fizyczną [18, 46].

Nieustannie gromadzi się dane, pochodzące z różnych regionów świata, dotyczące gęstości mineralnej kości, a przede wszystkim liczby złamań. I tak, na przykład rocznie w USA notuje się 1,5 miliona złamań osteoporotycznych [13]. Również w Afryce Centralnej wystąpiło zwiększenie liczby złamań, które tłumaczy się urbanizacją tego regionu. Prognozuje się dramatyczny wzrost w Azji. Przykładem może być Hong Kong [18].

Na podstawie liczby złamań kości udowej u osób w starszym wieku, w różnych częściach świata, ocenia się, że niemal połowa z nich przypadła na Europę i Amerykę Północną. Przewiduje się, że w Europie liczba złamań zwiększy się do roku 2025, w porównaniu z rokiem 1990-tym o 80% [46]. Niestety informacje o częstości złamań osteoporotycznych w Polsce są jedynie fragmentaryczne. Na podstawie badań retrospektywnych wykonanych w aglomeracji Białegostoku (BOS) i w trzech północno wschodnich województwach Polski (PWPOS) stwierdzono, że w przedziale wieku 45-54 lat, co 14 kobieta zakwalifikowana była jako dotknięta osteoporozą, podczas gdy w przedziale 65-74 lat już co 4. kobieta ma osteoporozę (badania BMD w szyjce kości udowej) [3, 5, 13, 14, 36]. Uważa się, że przyczyną takiego obrazu jest m.in. drastyczne zmniejszenie aktywności fizycznej wpływającej w sposób pośredni na stan tkanki kostnej.

Osteoporoza w ciągu 50 lat stanie się problemem globalnym wymagającym podjęcia skutecznych środków zaradczych celem zahamowania powyższej tendencji.



### Budowa kości i wytrzymałość

Głównym składnikiem budowy kośćca jest tkanka kostna. Pełni funkcję ochronną i podporową dla narządów i układów, decyduje o wymiarach ciała, a także stanowi bierny układ ruchu. Wyróżnia się dwa anatomiczne rodzaje kości: korową (zbitą) – 80% szkieletu i beleczkową (gąbczastą) – 20% szkieletu. Tkanka kostna zbita charakteryzuje się zwartym układem blaszek kostnych. Podstawową jednostką jest osteon, na który składa się kanał i koncentrycznie ułożone blaszki. Buduje trzony kości długich i stanowi warstwę powierzchniową w pozostałych kościach. Decyduje o wytrzymałości mechanicznej kości. Tkanka kostna gąbczasta zbudowana jest z beleczek kostnych, w skład których wchodzi blaszki kostne. Układ i struktura blaszek uwarunkowane są siłami mechanicznymi. Tkanka kostna gąbczasta występuje przede wszystkim w trzonach kręgów, nasadach kości długich. W skali całego szkieletu stanowi jedynie 20% całkowitej masy kostnej, ale dysponuje trzykrotnie większą od kości korowej powierzchnią, sięgającą  $10\text{ m}^2$  [28].

Tkanekę kostną charakteryzuje wysoki stopień twardości uwarunkowany obecnością związków mineralnych, przede wszystkim wapnia i fosforu oraz w mniejszym stopniu magnezu. Do głównych składników kości należą: macierz organiczna, związki mineralne i komórki. Wytrzymałość kości determinuje kolagen (składnik macierzy) wskutek osadzania się w sposób zorganizowany wzdłuż jego włókien, wapnia i fosforu w formie hydroksyapatytu. Komórki tkanki kostnej to osteoblasty, osteocyty i osteoklasty. Osteoblasty uczestniczą w procesie wytwarzania istoty międzykomórkowej i procesie mineralizacji, są prekursorami osteocytów. Osteocyty dominują w dojrzałej tkance kostnej, a zadaniem ich jest tworzenie nowej tkanki pod wpływem bodźców mechanicznych, a także utrzymanie i regeneracja części organicznej kości. Osteoklasty, komórki kościogubne zajmują się z kolei resorpcją kości w kierunku jej przebudowy (remodeling).

Równowaga pomiędzy aktywnością osteoblastów i osteoklastów uwarunkowana jest czynnikami genetycznymi i mechanicznymi, modyfikowanymi dietą (spożycie wapnia, podaż witaminy D), oraz hormonalnymi. Istotną rolę odgrywają ponadto czynniki wzrostu (insulinopodobny czynnik wzrostu (IGF-1), interleukina i inne [1, 22, 31]. W ciągu całego życia kość ulega ciągłej przebudowie, jest stale resorbowana i tworzona na nowo. W wieku dziecięcym i młodzieńczym procesy kościotworzenia przeważają nad procesami resorpcji, po czym w wieku dojrzałym, następuje okres równowagi. Powyższe procesy zapewniają stałą odnowę tkanki kostnej, dostosowując jej ilość i rozmieszczenie do potrzeb mechanicznych, pełnienia funkcji podporowych i dynamicznych. Warunkują gęstość i jakość kości [42]. W wieku starszym przeważa proces resorpcji, prowadząc do ubytku masy kostnej i zaburzenia jej struktury. Wpływ na tworzenie kości od nowa ma także stres i siła grawitacji, którą musi pokonywać układ kostny [2, 22]. Gęstość kości zmienia się wraz z wiekiem. Najwyższą wartość uzyskuje się między 25 a 35 rokiem życia, natomiast od 35–40 roku życia zaczyna się zmniejszać (bez zmian w wymiarach kości) [40]. Mała gęstość rozpoznawana jest na podstawie nieinwazyjnych badań densytometrycznych. Klinicznie osteoporozę rozpoznaje się na podstawie charakterystycznych złamań [27].

Wytrzymałość mechaniczna kości związana jest przede wszystkim z jej masą i gęstością oraz strukturą. W wieku dziecięcym i młodzieńczym na wytrzymałość w sposób istotny wpływa wartość szczytowej masy kostnej. Natomiast u osób starszych zmniejszenie gęstości (poza fizjologiczne procesy inwolucyjne), poniżej tzw. progu łamliwości, może stać się przyczyną złamania nawet przy zadziałaniu niewielkiej energii kinetycznej. Stopniowo, w miarę upływu czasu, wraz ze zmniejszającą się masą kości zmniejsza się bowiem również

ich wytrzymałość mechaniczna, doprowadzając do trwałych deformacji narządu ruchu, utrudniając poruszanie się i samodzielność [22].

Duży wpływ na jakość kości mają również mikrouszkodzenia, do których dochodzi w każdym wieku. U osób młodych i zdrowych ulegają samonaprawie, natomiast u osób w starszym wieku ulegają kumulacji, doprowadzając do złamań przy niewielkim urazie. Dotychczas nie udało się znaleźć metody, którą można by było zmierzyć wytrzymałość mechaniczną kości. Na ogół utożsamia się ją z gęstością mineralną kości (BMD), gdyż osoby o wyższej gęstości są prawdopodobnie mniej narażone na doznanie złamań. Rozwój kości i ich wytrzymałość uzależnione są w dużym stopniu od bodźców mechanicznych, które obok wzrostu gęstości mineralnej kości wpływają na zwiększenie masy i siły mięśniowej, a także na ich elastyczność. Utrata elastyczności mięśni może stać się jedną z przyczyn uszkodzeń kości. Nieprawidłowa praca mięśni sprzyja bowiem patologii trzonów kręgowych, czego następstwem jest przeciążenie kości i ich destrukcja a także utrata poczucia równowagi będąca przyczyną upadków i złamań. Bezpośrednią przyczyną upadków są najczęściej: redukcja siły mięśniowej, zaburzenia równowagi na skutek obniżenia aktywności fizycznej [13, 22].

W diagnozie osteoporozy istotną rolę odgrywa obecność i nasilenie czynników ryzyka rozwoju tego schorzenia. Podzielić je można na czynniki niemodyfikowalne (80%) zdeterminowane genetycznie, a także zależne od wieku i płci oraz modyfikowalne (20%) związane z dietą (spożycie wapnia i witaminy D) i trybem życia, głównie aktywnością fizyczną. Usunięcie modyfikowalnych czynników ryzyka jest możliwe poprzez zmianę stylu życia, którą należy propagować w całym społeczeństwie [30].

### Aktywność fizyczna

Istnieje wiele dowodów wskazujących, iż brak ruchu np. unieruchomienie astronautów podczas lotów kosmicznych, a także unieruchomienie pacjentów w wyniku długotrwałej terapii szpitalnej czy też nieaktywnego trybu życia, prowadzi do zmniejszenia masy kostnej na skutek nieprawidłowej jej przebudowy i zmniejszenia gęstości mineralnej, a także do zmniejszenia siły mięśni, oraz napięcia spoczynkowego (tonus mięśni) [2, 17, 26].

Warto podkreślić, że utrata siły maksymalnej kończyn dolnych, w porównaniu z kończynami górnymi jest około dwa razy większa z uwagi na utrzymywanie wyprostnej postawy ciała (mięśnie antygravitacyjne), stąd duża skłonność do upadków. Brak aktywności zmniejsza również siłę transmitowaną przez więzadła i stawy [2, 17].

Cywilizacja wytworzyła „przymus zaniechania” pracy mięśniowej, głęboko przeobraziła styl życia wprowadzając beczynność mięśniową, zjawisko o dużym negatywnym znaczeniu zdrowotnym. Organizm szybko przyzwyczaja się do zmniejszonej aktywności mięśniowej i w konsekwencji do zmniejszonej, szeroko rozumianej wydolności fizycznej. Również wiele drobnoczynnych efektów treningu ulega stopniowemu zanikowi jeśli aktywność w ciągu 2 tygodni zmniejszy się istotnie (np. w przypadku kontuzji). Natomiast niekorzystne zmiany ustępują w ciągu 2 do 8 miesięcy gdy aktywność fizyczna zostanie podjęta na nowo [29, 52].

Masa kości podlega zarówno mechanicznej (lokalnej) jak i hormonalnej (układowej) kontroli mechanizmów homeostatycznych. Obciążenie mechaniczne kośćca zwiększa aktywność osteoblastów (powstaje nowa macierz kostna wzdłuż linii obciążenia – prawo Wolfa) [46], co spowalnia proces ubytku masy kostnej w każdym wieku. Efekt ten jest bardziej widoczny w młodym wieku [12, 47]. Udowodniono również

znaczenie osteocytów w tym procesie, którym przypisuje się rolę „czujników” przetwarzających bodźce mechaniczne na mitogenne [46]. Wywołane napięcia i odkształcenia kości pod wpływem obciążenia mogą zwiększyć tworzenie kości i hamować resorpcję w normalnym cyklu przebudowy kości lub też bezpośrednio aktywować procesy osteoblastyczne kości [10].

Optymalnemu funkcjonowaniu mięśni, kości, a także stawów sprzyja codzienna aktywność fizyczna, która generuje ze strony mięśni siły, które mają zasadniczy wpływ na utrzymanie równowagi tkanki kostnej. Ćwiczenia fizyczne (bodźce mechaniczne) stymulując pracę mięśni sprzyjają wzmocnieniu kości, a także usprawniają koordynację ruchu. Ruch i obciążenie szkieletu wpływają pozytywnie na kościotworzenie, modelowanie kości i ich zmiany adaptacyjne w ciągu całego życia [3, 21].

Aktywność fizyczna ma szczególnie duże znaczenie w okresie wzrastania. Wpływa na wielkość szczytowej masy kostnej, która będzie decydowała o stanie kości w późniejszym dorosłym życiu [7, 9, 51]. Wieloletnie obserwacje wskazują, że dorośli, zwłaszcza kobiety, które były aktywne w dzieciństwie i podczas dojrzewania, charakteryzują się lepszym stanem układu kostnego. Ponadto aktywność fizyczna osób dorosłych wpływa na utrzymanie masy kostnej i mięśniowej odpowiedniej dla wieku [33, 44, 47].

Uważa się, że zwiększona aktywność fizyczna wiąże się ze wzrostem mineralizacji i/albo redukcją powstania złamań. Istnieją trudności z udowodnieniem tej tezy, które związane są z brakiem sklasyfikowania wielkości obciążeń podczas ćwiczeń w badaniach retrospektywnych, oraz brakiem zdyscyplinowania pacjentów i brakiem próby ślepej w badaniach klinicznych [1]. Wiarygodniejsze zdają się być badania prowadzone z udziałem sportowców różnych dyscyplin sportowych. Pozwalają sądzić, że wzrost aktywności fizycznej prowadzi do zwiększenia gęstości mineralnej kości, przy czym efekt ten wspiera odpowiednia podaż wapnia [38, 48]. Trening sportowy sprzyja mineralizacji tkanki kostnej. Badania Nilssona i Westflin'a [34] pochodzące z 1991 roku wykazały większą gęstość mineralną u sportowców niż u osób nie uprawiających sportu, przy czym, reakcja na wysiłek była znacząca w miejscach działania największych sił. Na przykład bieganie, gdzie występuje pulsacyjny nacisk na kość piętową, trzon kości udowej, a także kręgosłup, wywołuje znaczny wzrost mineralizacji tych kości u długodystansowców, w porównaniu z ludźmi o niewielkiej aktywności ruchowej [53]. Jeszcze większy wzrost masy kostnej w obrębie kręgosłupa występuje u wioślarzy, u których obciążenia dotyczą głównie górnej połowy ciała [41]. Ręka dominująca u tenisistów ma większą masę kostną niż ręka niedominująca, a różnice między rękami u badanych sięgają od 8 do 13% [20]. U osób uprawiających inne dyscypliny sportu, stwierdza się większą gęstość w obciążanych regionach kośćca [39]. Natomiast badania prowadzone u pływaków nie wykazały zwiększenia mineralizacji tkanki kostnej, co tłumaczy charakterystyczny dla tej dyscypliny sportu wysiłek, nie związany z pokonywaniem sił grawitacji tj. w warunkach zmniejszonego oddziaływania siły ciężenia [49]. Warunkiem wzrostu gęstości kości u sportsmenek jest prawidłowa funkcja gonad i odpowiednie spożycie wapnia. Zbyt duża objętość i intensywność treningu, szczególnie w okresie osiągnięcia szczytowej masy kostnej, oraz nieprawidłowe żywienie i zaburzenia hormonalne mogą wpływać niekorzystnie na masę kostną [38, 48].

Jako optymalną formę aktywności fizycznej mającą pozytywny wpływ na stan kości uważa się ćwiczenia oporowe. Dobroczynne ich działanie stwierdzono u kobiet w wieku 16-21 lat [19], a także u kobiet w wieku przedmenopauzalnym i menopauzalnym [16, 32].

Ćwiczenia fizyczne obok regulacji pracy komórek kostnych, zwiększają masę mięśni co również sprzyja wzmocnieniu kości. Wpływają ponadto na zachowanie funkcji mięśni (wła-

ściwych stereotypów) odpowiedzialnych za utrzymanie równowagi ciała i koordynację ruchów [37, 50].

Jednak utrzymanie prawidłowej struktury kości zależy od umiejętnego dawkowania ruchu i obciążeń, aby nie doprowadzić do przeciążenia, które w konsekwencji prowadzi do jej uszkodzenia. Przekroczenie bowiem zakresu sił obciążających szkielet w obszarze wartości granicznych (sił ściskających, rozciągających, skrętnych) jest przyczyną zaburzeń i niszczenia struktury wewnętrznej kości prowadząc do złamań zmęczeniowych beleczek kostnych [22].

Efekty aktywności fizycznej ważne są w każdym wieku, nawet u osób starszych mogą pomóc w rozwinięciu właściwej siły mięśni i mobilności. I tak na przykład upadki zdarzają się zarówno ludziom wątłym jak i silnym i aktywnym fizycznie, ale forma upadku jest różna. Ludzie sprawniejsi łatwiej zachowują elastyczność, prawidłowe odruchy oraz koordynację siły mięśniowej i czas reakcji, potrzebne do utrzymania równowagi, co w przypadku osteoporozy ma istotne znaczenie. Może bowiem ograniczyć ryzyko złamań, przede wszystkim złamania szyjki kości udowej, będącego jedną z przyczyn zachorowalności i śmiertelności u osób starszych. Długoterminową korzyścią płynącą z aktywności fizycznej jest wolniejszy spadek masy kostnej oraz ogólnej sprawności, w stosunku do wieku [33]. W świetle tych faktów aktywność fizyczna jest istotnym elementem profilaktyki osteoporozy, na którą jak dotąd zwraca się małą uwagę. Główne zainteresowanie świata medycznego skierowane jest bowiem przede wszystkim na diagnostykę i leczenie.

### Profilaktyka

Podstawowym celem profilaktyki osteoporozy jest zahamowanie ubytku masy kostnej i należy ją rozpocząć odpowiednio wcześnie, nie czekając na zmiany w kośćcu dokonane przez upływający czas i upadki. Stopniowa utrata masy kostnej odbywa się na przestrzeni lat niezauważalnie, bezboleśnie. Sygnałem staje się dopiero złamanie kości przy niegroźnym upadku.

Istnieją dowody, iż wraz z wiekiem nasila się upośledzenie osteoblastów oraz sekrecja hormonu wzrostu, na którą pobudzający wpływ ma aktywność fizyczna, co dotyczy przede wszystkim osób starszych [45]. Zrozumiały zatem staje się nacisk na właściwą profilaktykę przy pomocy ćwiczeń ruchowych i zajęć rekreacyjno-ruchowych w populacji osób „trzeciego wieku”. Utrata tkanki kostnej po 40 roku życia jest procesem ciągłym, w którym również aktywność fizyczna odgrywa niepodważalną, pozytywną rolę. Natomiast u osób młodych celem profilaktyki jest uzyskanie optymalnej masy kostnej oraz niedopuszczenie do jej utraty. Ważna w tym okresie jest, obok aktywności fizycznej, odpowiednia dieta (spożycie wapnia i podaż witaminy D), a u kobiet leczenie zaburzeń cyklu miesięcznego związanego z hypoestrogenizmem [11, 28, 38].

W przypadku osteoporozy nie istnieją uniwersalne wzorce rozwiązań profilaktycznych, jednak aktywność fizyczna powinna zajmować istotne miejsce w tym procesie, o czym lekarze często zapominają. Tymczasem aktywność ruchowa w zapobieganiu złamaniom osteoporotycznym wchodzi w zakres programu Unii Europejskiej, którego celem jest optymalizacja kompleksowych działań profilaktycznych, diagnostycznych i leczniczych. Ponadto w ramach tego programu promowane są badania oceniające wpływ stylu życia, w obszarze odżywiania i aktywności fizycznej, na ryzyko złamań [28].

Zapobieganie osteoporozie zaczyna się od osiągnięcia optymalnej szczytowej masy kości podczas wzrostu, a czynniki zaburzające tworzenie kości powinny być rozpoznawane i eliminowane już w dzieciństwie (między innymi niedożywienie, mała aktywność fizyczna) [4]. Dlatego też obecnie zwraca się

uwagę na właściwie prowadzoną profilaktykę w tym okresie, w którym aktywność fizyczna zajmuje istotne miejsce.

Za szczególnie skuteczną aktywność ruchową uważa się strategię powtarzania ćwiczeń o dużej zmienności obciążania kości. Mogą one pozytywnie wpływać na skład mineralny kości pod warunkiem, że są uprawiane z dużą częstotliwością. Zalecana jest gimnastyka w wymiarze 20 do 30 minut dziennie. Pozyteczne są marsze, bieganie i spacer, które bez trudu włączyć można do rozkładu dnia. Zaleca się zwiększenie aktywności fizycznej co najmniej do 1 godziny dziennie; ćwiczenia zwiększające siłę mięśni i ogólnokondycyjne (taniec, jazda na rowerze, pływanie). W przypadku osób starszych zwraca się ponadto uwagę na naukę bezpiecznego wykonywania czynności dnia codziennego (eliminacja zgięć i rotacji kręgosłupa) oraz bezpiecznych zachowań (bezpieczny upadek) [21]. W zapobieganiu upadkom znaczenie mają ćwiczenia koordynacyjne i równoważne. Z reguły wchodzi one w skład treningu zwiększającego zakres ruchów w stawach i treningu oporowego [50]. Specjaliści zalecają osobom prowadzącym siedzący tryb życia rozpoczynanie treningu fizycznego od wysiłków krótkotrwałych o umiarkowanej intensywności i stopniowe wydłużanie czasu ich trwania [2].

Zasady profilaktyki osteoporozy w zakresie aktywności fizycznej przedstawionej w czasopiśmie „Terapia” przez R. Lorenca i wsp. [28], sprowadzają się do następujących zaleceń:

- codzienna aktywność ruchowa,
- ćwiczenia korygujące postawę ciała,
- ćwiczenia zwiększające siłę mięśni, poprawa zakresu ruchów w obrębie stawów obwodowych (z obciążeniem ciężarem własnego ciała – ćwiczenia izometryczne), ćwiczenia oporowe dla kończyn górnych i dolnych,
- ćwiczenia ogólnoustrojowe: równoważne, koordynacyjne, gibkości (elastyczności), oddechowe, relaksacyjne,
- nauka bezpiecznego wykonywania zwyczajowych czynności i zachowań,
- sport i rekreacja (zakaz sportów groźących utratą równowagi i upadkiem).

W chwili obecnej rozpowszechnioną aktywnością ruchową jest „marsz z kijami” (nordic walking), który uważany jest za najwzschodniejszą formę rekreacji, o dynamicznym i harmonijnym ruchu. Aktywność angażująca prawie cały układ mięśniowy (90% wszystkich mięśni), oraz układ kostny – od nadgarstków poprzez przedramiona, barki, tułów, miednicę, nogi aż po czubki palców. Wzmacnia mięśnie grzbietu, zwiększa ruchomość szyi i klatki piersiowej, odciąża stawy kolanowe i skokowe. Sprzyja utrzymaniu właściwej postawy ciała. Dodatkowymi korzyściami marszu związanego z używaniem kijów są równowaga i stabilność ciała. Uprawianie tej formy aktywności angażuje znacznie więcej mięśni niż ruch podczas regularnego spaceru, biegu, pływania czy jazdy na rowerze.

Większość źródeł podaje, że gwałtowny wzrost popularności nordic walking nastąpił pod koniec lat 90 XX wieku w Finlandii. W ostatnich latach wędrówki z kijami podbiły świat, a liczba uprawiających tę formę rekreacji na całym świecie w roku 2005 wynosiła około 7 milionów i wciąż wzrasta [35].

### Leczenie

Celem postępowania leczniczego w osteoporozie jest zapobieganie złamaniom osteoporotycznym, a w przypadku ich wystąpienia podjęcie skutecznego leczenia, w którego zakres wchodzi również zapobieganie upadkom (stanowią 90-100% przyczyn złamań obwodowych) [13]. Na postępowanie terapeutyczne składają się dwa integralne elementy: postępowanie farmakologiczne oraz nefarmakologiczne (żywienie, aktywność fizyczna, styl życia).

Kompleksowe leczenie uzależnione jest od zaawansowania osteoporozy, przy czym zachowanie przez pacjentów jak najwyższej sprawności fizycznej rokuje pozytywne efekty terapii. Tymczasem badania, w których podjęto próbę oceny aktywności fizycznej pacjentów chorych na osteoporozę (n=54) wykazały obniżenie aktywności, spowodowane przede wszystkim strachem przed upadkiem i złamaniem u 38%, oraz bólem – 34,7% badanych [25]. Lęk, pojawiający się po pierwszym złamaniu wpływający z obawy przed następnymi złamaniami, powoduje obniżenie aktywności w większym stopniu niż to wynika z samego upośledzenia zdrowia. Nieodzowna staje się więc rehabilitacja również poprzez aktywność fizyczną, której podstawowym elementem jest poprawa siły mięśniowej i elastyczności tkanek, a także równowagi i postawy ciała, które to czynniki będą minimalizowały a nawet eliminowały strach przed upadkiem. Korzyścią będzie również lepsza wydolność układu sercowo-naczyniowego i oddechowego pacjentów [13]. Ponadto ćwiczenia fizyczne wspierają hormonalną terapię zastępczą (HTZ) oraz są tłem dla działania leków [1].

Zasady postępowania leczniczego (rehabilitacyjnego) w zakresie aktywności fizycznej obejmują następujące działania:

- przeciwbólowe: ćwiczenia w odciążeniu (proponuje się basen i fizjoterapię), edukacja odnośnie bezpiecznych zachowań,
- ćwiczenia, poprawiające wydolność ogólną zależnie od stanu ogólnego chorego,
- ćwiczenia równowagi i siły mięśni (ćwiczenia z oporem),
- dynamiczne ćwiczenia wytrzymałościowe,
- ćwiczenia postawy,
- ćwiczenia zwiększające zakres ruchów kończyn dolnych,
- ćwiczenia chodu,
- edukacja prozdrowotna [28].

W terapii osteoporozy bardzo ważne jest również przestrzeganie przez pacjentów zaleceń żywieniowych, przede wszystkim odpowiedniego spożycia wapnia i witaminy D, oraz innych substancji odżywczych, zgodnie z zaleceniami [11]. Ponadto istotna jest edukacja pacjenta w zakresie próby eliminacji poza kosztowych czynników ryzyka złamań, oraz zapobieganie upadkom. Z edukacją nierozdzielnie wiąże się postęp w zapobieganiu i leczeniu osteoporozy.

### Edukacja

Pomimo znacznego postępu, jaki dokonał się w ostatnich 30. latach, zarówno w dziedzinie mechanizmów utraty masy kostnej, jak i w dziedzinie nieinwazyjnych metod diagnostycznych oceniających gęstość kości, osteoporoza wciąż jest chorobą groźną, a zagrożenie nią na całym świecie dramatycznie wzrasta. Rezerw w jej zwalczaniu upatruje się w propagowaniu aktualnej wiedzy z zakresu czynników ryzyka rozwoju osteoporozy, jej zapobiegania i leczenia, tj. we właściwie prowadzonej edukacji. Aktualne szacunkowe dane Narodowego Funduszu Zdrowia (NFZ) dokumentują w Polsce 30.000 złamań bliższego końca kości udowej (bkk) oraz 150000 złamań we wszystkich lokalizacjach kości rocznie (tendencja wzrostowa). Tymczasem dane uzyskane w Finlandii i Kanadzie wskazują na spadek częstości złamań bkk w latach 1990-2005 aż o 17%, tłumaczony kompleksowymi działaniami przeciw złamaniom w tych krajach, których istotnym elementem jest prawidłowo prowadzona edukacja w szerokim zakresie [28].

W przypadku osteoporozy edukacja powinna być ukierunkowana na ocenę zagrożeń, na obecność i nasilenie czynników ryzyka, wśród których aktywność fizyczna ma istotne znaczenie. Podczas gdy zalecenia dotyczące aktywności fizycznej w profilaktyce choroby niedokrwiennej serca, otyłości, cukrzycy są coraz powszechniej znane ogółowi społeczeństwa

(w mniejszym stopniu dotyczy chorób nowotworowych) o udziale aktywności fizycznej w zapobieganiu i leczeniu osteoporozy wie się niewiele. Leczenie kojarzone jest przede wszystkim z farmakologią. Niezwykle ważne jest zatem ukazanie społeczeństwu istotnej roli aktywności fizycznej w tych procesach poprzez wszechstronną edukację, która musi rozpocząć się już w wieku dziecięcym i młodzieńczym. Dlatego już lekarz pediatra powinien zwracać uwagę rodzicom swoich młodych pacjentów na potrzebę zapewnienia im codziennej porcji ruchu. Rodzice bowiem akceptują brak ruchu swoich dzieci, które większość wolnego czasu spędzają przed telewizorem lub komputerem. Sytuację pogłębiają nieuzasadnione zwolnienia lekarskie, które usprawiedliwiają nie uczestniczenie dzieci w programowych różnych form jej realizacji. Osoby aktywne w dzieciństwie będą kontynuowały swoje przyzwyczajenia w późniejszym okresie i odwrotnie, osoby nieaktywne w młodości, pozostaną nieaktywne przez całe życie. Najważniejszym aspektem edukacji jest jej permanentny charakter oraz odrębne programy edukacyjne, w tym dotyczące aktywności fizycznej dla różnych grup wiekowych.

Tymczasem w nielicznych publikacjach, w których podnoszony jest problem aktywności fizycznej w profilaktyce i leczeniu osteoporozy, nie podaje się na ogół o jakie ćwiczenia chodzi (rodzaj, intensywność, czas trwania). Również zalecenia lekarzy mają charakter ogólnikowy i dotyczą na ogół zmiany stylu życia, bez wchodzenia w szczegóły co to dla pacjenta oznacza. Podobnie termin rehabilitacja nie jest wyczerpująco omawiany i nie dziwi fakt, że przez większość pacjentów kojarzony jest z bierną fizykoterapią, bez własnego zaangażowania w proces leczniczy pod postacią fizycznych ćwiczeń.

Popularyzatorami wiedzy o czynnikach ryzyka osteoporozy powinni być lekarze, przede wszystkim lekarze pierwszego kontaktu, chociaż również ich należy objąć programem edukacyjnym z uwagi na przytoczone postępowanie. Nie można również zapominać o absolwentach akademii wychowana fizycznego i ich roli w uaktywnianiu społeczeństwa z racji wykonywanego zawodu.

Jak powyżej podano zapobieganie osteoporozie zaczyna się od osiągnięcia szczytowej masy kostnej (w wieku 25-35 lat). Większość osób, które za 50 lat będą zagrożone ryzykiem osteoporozy właśnie w chwili obecnej znajdują się w tym okresie życia, kiedy możliwa jest jeszcze modyfikacja masy kostnej w tej grupie, tj. osiągnięcie optymalnego poziomu szczytowej masy kostnej poprzez aktywny tryb życia i prawidłowe żywienie (spożycie wapnia). Edukacja osób starszych, szczególnie powyżej 65 roku życia dotyczyć będzie ponadto bezpiecznych zachowań, unikania zagrożeń upadkami i urazami, a także uświadamianiu wewnętrznym i zewnętrznym czynników ryzyka groźących upadkami.

Ośrodkiem skoncentrowanym na edukacji pacjentów w dziedzinie zapobiegania złamaniom i promowaniu zdrowego stylu życia jest stowarzyszenie „Entuzjastów Zdrowej Kości z Konieczności” – STENKO [28].

W zakres edukacji powinny wchodzić również badania naukowe w różnych grupach wiekowych (ciągłe, długofalowe) dotyczące wpływu stylu życia, aktywności fizycznej, odżywiania, na ryzyko rozwoju osteoporozy. Wyniki badań powinno się udostępnić społeczeństwu.

Istotną rolą szeroko pojętej edukacji zdrowotnej jest m.in. ukazanie społeczeństwu nieświadomionej roli aktywności fizycznej nie tylko w zapobieganiu i leczeniu osteoporozy, ale również i innych schorzeń [24].

Na całym świecie, w tym i w Polsce, odbywają się liczne konferencje i sympozja pod hasłami: medycyna aktywności ruchowej, medycyna jutra, czy też aktywność ruchowa medycyną XXI wieku, podczas gdy w praktyce wykorzystanie różnych form aktywności ruchowej dorosłej części społeczeństwa, poza wymuszonym standardem rehabilitacji jest niewielkie [24]. Dowodem są między innymi wyniki badań prowadzonych przez Instytut Zdrowia Publicznego w Helsinkach, w których uczestniczyło 6 krajów europejskich: Finlandia, Hiszpania, Niemcy, Polska, Rosja i Węgry, które wykazały, że poziom aktywności fizycznej Polaków w znaczący sposób odbiega od poziomu aktywności fizycznej nie tylko krajów zachodnio-europejskich lecz także Rosjan i Węgrów [15].

Z nielicznych badań prowadzonych w Polsce w latach 90, czy sondaży GUS, w ostatnim dziesięcioleciu wynika, że poziom aktywności ruchowej polskiego społeczeństwa znacznie odbiega od rekomendacji międzynarodowych [6, 23]. I tak zaledwie 3-10% dorosłych mężczyzn i kobiet (w zależności od grupy wiekowej) wykazywało zadawalającą aktywność fizyczną. Natomiast ponad 90% ogółu prowadziło typowo siedzący tryb życia wykazując jedynie okazjonalną aktywność lub wcale. W niektórych krajach m.in. w Finlandii, Wielkiej Brytanii czy USA prowadzi się systematyczny monitoring aktywności fizycznej, a także zakrojoną na szeroką skalę edukację [15].

Zgodnie ze światowymi zaleceniami wszyscy powinni być aktywni fizycznie w stopniu przekraczającym wysiłek wynikający z czynności dnia codziennego o wartość równoważną 1000 kcal na tydzień. Według tych zaleceń konieczne jest podejmowanie umiarkowanej aktywności fizycznej w ciągu 30-40 minut przez 5-7 dni w tygodniu, przy czym ćwiczenia nie muszą być ciągłe (np. dwie „sesje” w ciągu dnia – sumowanie efektów). Japończycy proponują 40000 kroków dziennie [32]. Obecnie najczęściej rekomenduje się umiarkowany wysiłek fizyczny do godziny dziennie przez wszystkie dni tygodnia.

Edukacja należy objąć całe społeczeństwo, a aktywną rolę powinny odgrywać media, szczególnie telewizja publiczna, której statutowym zadaniem jest edukacja zdrowotna społeczeństwa i propagowanie zdrowego stylu życia [15]. Edukacyjną rolę w promowaniu aktywności fizycznej powinny również pełnić odpowiednie publikacje zamieszczane w czasopiśmie medycznych (większą niż do tej pory), czasopiśmie o tematyce sportowej i rekreacyjnej, a także czasopiśmie popularno-naukowych i popularnych.

## Podziękowania

Badania finansowano przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, projekt nr AWF-DS.109.

## Piśmiennictwo

1. Arden N. (2000) Czynniki ryzyka osteoporozy [w]: J.E. Bandurski (red.) Osteoporoza a aktualny stan wiedzy. Borgis, Warszawa, 36-49.
2. Astrand Per-Olof (2000) Dłaczego Wysięk. *Med. Sportiva*, 4(2), 83-100.
3. Badurski J.E. (2003) Dwa oblicza osteoporozy i złamań – realia polskie. *Przewodnik Lekarza czy Praktyka Medyczna*, 6(11/12), 28-34.
4. Badurski J.E. (2003) Osteoporoza a złamanie. Blackhorse, Warszawa.
5. Badurski J.E., Nowak N.A., Lis J., Supronik J., Dobrenko A. i wsp. (2003) Epidemiologia osteoporozy u kobiet w aglomeracji Białegostoku (BOS). II Analiza czynników ryzyka złamań. *Postępy Osteoartrologii*, 14(2).

6. Bandosz P., Zdrojewski T., Głuszek J., Drygas W., Krupa-Wojciechowska B. i wsp. (2000) Styl życia dorosłych Polaków w odniesieniu do wybranych czynników ryzyka chorób sercowo-naczyniowych. Porównanie wyników reprezentatywnych przeprowadzonych w roku 1997 i 2000. Streszczenia I Seminarium CINDI WHO, Spała, 11.
7. Bennel K.L., Hart P., Natrass C., Wark J.D. (1998) Acute and subacute changes in the ultrasound measurements of the calcaneus following intense exercise. *Calcif. Tissue Int.*, 63(6), 505-509.
8. Blake G., Fogelman J. (2000) Diagnostyka radiologiczna osteoporozy w Osteoporoza aktualny stan wiedzy. Badurski J.E. (red. polskiego wydania), Borgis, Warszawa, 50-65.
9. Chabros E., Charzewska J., Lacjowicz A., Rogalska-Niedźwiedz M., Wajszczyk B. (1999) Aktywność fizyczna a gęstość mineralna kości dziewcząt w okresie pokwitania i młodych kobiet. *Wych. Fiz. i Sport*, 43, 4, 11-21.
10. Chilbeck P.C., Suominen H. (1993) Bone mineral density and long term exercise. *Sports Med.*, 16, 316-330.
11. Chojnowska Z., Charzewska J. (2008), Osteoporoza aktualne wyzwanie. *Żyw. Człow. Metab.*, 35, 151-184.
12. Cichy W., Krawczyński M. (1997) Auksologiczne aspekty treningu sportowego dzieci i młodzieży. *Med. Sportiva*, 1, 139-145.
13. Czerwiński E., Osieleniec J., Borowy P. (2003) Złamania w osteoporozie. *Osteoporoza*, 1-8.
14. Dobreńko A., Badurski J.E., Daniluk S., Nowak N.A., Jeziernicka E. (2003) Wykorzystanie masowych badań czynników ryzyka i gęstości kości przedramienia do określania densytometrycznego vs klinicznego kryterium leczenia osteoporozy. *Postępy Osteoartrologii*, 14, 1-2.
15. Drygas W., Bielecki W., Puška P. (2002) Ocena aktywności fizycznej mieszkańców sześciu krajów europejskich. Projekt „Bridging East – West Health Gap” *Med. Sportowa*, 18, 169-174.
16. Glinkowski W., Czajkowska A., Wit B., Andrzejewska B. (1999) Wpływ gimnastyki rekreacyjnej kobiet po menopauzie na jakość tkanki kostnej i wybrane komponenty ciała. *Med. Sportiva*, 3 (suppl.2), 73-78.
17. Greenleaf J.E. (2001) Fatalne skutki długotrwałego unieruchomienia w pozycji leżącej. *Med. Sportiva*, 5(4), 205-228.
18. Hiller S., Cooper S. (2000) Epidemiologia osteoporozy [w]: J.E. Badurski (red. polskiego wydania) Osteoporoza aktualny stan wiedzy. Borgis, Warszawa, 10-21.
19. Karlsson M.K., Johnell O., Obrant K.J. (1993) Bone mineral density in weight lifters. *Calcif Tissue Int.*, 52, 212-215.
20. Kontulainen S., Kannus P., Haapasalo H., Sievanen H., Pasanen M. i wsp. (2001) Good maintenance of exercise – induced bone gain with decreased training of female tennis and squash players: a prospective 5-year follow-up study of young and old starters and controls. *J. Bone Miner. Res.*, 16(2), 195-201.
21. Księżopolska-Orłowska K. (2006) Znaczenie ruchu w profilaktyce i leczeniu następstw osteoporozy. *Terapia*, 3, 36-41.
22. Księżopolska-Orłowska K. (2008) Czynniki determinujące wytrzymałość mechaniczną kości. *Terapia*, 16, 5, 19-24.
23. Kuciarska-Ciesielska M. (1998) Statystyczne badania niektórych uwarunkowań zdrowia. *Zdrowie Publiczne*, 5, 189-192.
24. Kuński H. (2000) Trening zdrowotny w umacnianiu zdrowia osób dorosłych – perspektywy pragmatyka i popularyzatora. *Med. Sportowa*, 10, 14-22.
25. Lewczuk E., Białoszewski D. (2008) Poziom aktywności fizycznej chorych na osteoporozę a upadki i ich profilaktyka. *Ortopedia, Traumatologia, Rehabilitacja*, 4.
26. Lloyd T. (2004) Lifestyle factors and development of bone mass and bone strength in young women. *J. Pediatr.*, 144 (6), 776-82.
27. Lorenc R.S. (2000) Strategia diagnostyki osteoporozy [w]: R.S. Lorenc (red.) Diagnostyka osteoporozy 2000. Osteoforum, Warszawa.
28. Lorenc R.S., Głuszko P., Karczarewicz E., Księżopolska-Orłowska K., Miscorowski W. (2007) Zalecenia postępowania diagnostycznego i leczniczego w osteoporozie. Obniżenie częstości złamań poprzez efektywną profilaktykę i leczenie. *Terapia*, 9, 5-33.
29. Łaz R., Szczeklik-Kumala Z. (1998) Metaboliczne skutki przewlekłej bezczynności mięśniowej. *Medycyna Metaboliczna*, 1, 34-36.
30. Łukaszkiewicz J., Kłosińska K. (2000) Czynniki genetyczne w osteoporozie w Diagnostyka osteoporozy 2000, red. Lorenc R.S., Osteoforum, Warszawa, 257-265.
31. Łukaszkiewicz J., Lorenc R.S. (2008) Udział czynników endokrynych i parakrynych w etiopatogenezie osteoporozy. *Terapia*, 5, 6-13.
32. Mac Auley D. (2001) Potencjalne korzyści płynące z aktywności fizycznej podejmowanej przez ludzi starszych. *Med. Sportiva*, 5(4), 229-236.
33. Malina R. (2002) Aktywność fizyczna a rokowanie długowieczności. *Med. Sportiva*, 1, 9-16.
34. Nilsson B.E., Wesflin N.E. (1991) Bone density in athletes. *Clin Orthop. Rel. Res.*, 77, 179-182.
35. Nordic Walking Rozruszaj swoje ciało Tim „T-Bone” Arem, MT Biznes, Warszawa, 2006.
36. Nowak N.A., Badurski J.E., Supronik J., Dobreńko A., Lis J. i wsp. (2003) Epidemiologia osteoporozy u kobiet w aglomeracji Białegostoku (BOS): 1. Gęstość kości a złamania. *Postępy Osteoartrologii*, 14 (1), 1-5.
37. Pfeiffer M., Sinacki M., Gueesenes P. (2004) Musculoskeletal rehabilitation in osteoporosis: A Review. *J. Bone Miner. Res.*, 19, 1208-1214.
38. Putukian M. (1994) The female triad. Eating disorders, amenorrhea and osteoporosis. *Med. Clin. North Am.*, 78, 345-356.
39. Ryan A.S., Ivey F.M., Hurlbut D.E., Martel G.F., Lemmar J. T. i wsp. (2004) Regional bone mineral density after resistance training in young and old men and women. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 14, 16-23.
40. Sawicki A. (1992) Osteoporoza – obrazy kliniczne i rozpoznanie, zasady leczenia. *Problemy Lekarskie*, 31, 105-111.
41. Sawicki A., Koninski J., Dębiński A. (1995), Gęstość mineralna kości u wioślarzy w 15-17 roku życia. *Med. Sportowa*, 11, 15-16.
42. Seeman E. (2002) Patogenesis of bone fragility in women and men. *Lancet*, 359, 1841-1850.
43. Sewerynek E. (2008) Farmakologiczna prewencja osteoporozy. *Terapia*, 5, 27-35.
44. Sinaki M., Itoi E., Wahner H.W. Gejzer R., Multan B.P. i wsp. (2002) Stronger back muscle reduce the incidence of vertebral fractures: A prospective 10 years follow – up of postmenopausal women. *Bone*, 30, 836-841.
45. Skrzek A. (2005) Zmiany funkcjonalne mięśni tułowia u starszych kobiet pod wpływem różnych form aktywności fizycznej. *Medycyna Sportiva*, 9, S121 (suppl.).
46. Smith R., Harrison J., Cooper C. (2000) Osteoporoza. *Medycyna Praktyczna*, Kraków.
47. Snow C.M. (1996) Exercise and bone mass in young and premenopausal women. *Bone*, 18, 51-55.
48. Sundgot-Borgen J. (1999) Triada zaburzeń u zawodniczek – nieprawidłowe łaknienie, brak miesiączki i osteoporoza. *Med. Sportiva*, 3 (Suppl.2), 89-104.

49. Taaffe D.R., Robinson T.L., Snow C.M., Marcus R. (1997) High - impact exercise promotes bone gain in well - trained female athletes. *J. Bone Miner. Res.*, 12, 255-260.
50. Tederko P. (2008) Znaczenie ruchu w terapii i profilaktyce osteoporozy. Portal Zdrowia PZWL.
51. Teegarden D., Proulx W.R., Kern M. i wsp. (1996) Previous physical activity relates to bone mineral measures in young women. *Med. Sci Sports Exer.*, 28, 105-113.
52. US Department of Helath and Human Servies (1996) Physical Activity and Health. A. Report of the Surgeon Generaly GA, Superintendent of Documents, P.O. Box 37 1954, PA 15250-7954.
53. Wolman R. (1995) Zrzesztnienie kości a wysiłek fizyczny. ABC Medycyny Sportowej. *Med. Sportowa*, 94, 51-54.

Otrzymano: 18.12.2008

Przyjęto: 15.02.2009