

# Mechanisms of hip fracture in a sideways fall: lessons for prevention and treatment

II Środkowo Europejski Kongres Osteoporozy i Osteoartrozy oraz XIV Zjazd Polskiego Towarzystwa Osteoartrologii i Polskiej Fundacji Osteoporozy, Kraków 11-13.10.2007

## Streszczenia:

Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja 2007, vol 9 (Suppl. 2), s112-113.

## L18

### MECHANISMS OF HIP FRACTURE IN A SIDEWAYS FALL: LESSONS FOR PREVENTION AND TREATMENT

Reeve J.1, Thomas C. D.2, Mayhew P. M.1, Clement J. G.2, Loveridge N.1, Burgoyne C. J.3

1 University of Cambridge Departments of Medicine and  
3Engineering, Cambridge, UK

2 University of Melbourne School of Dental Science, VIC,  
Australia

Hip fracture risk rises 100-1000 fold over 6 decades of age. Loss of resistance to bending is a minor feature of normal ageing of the femoral neck. Since a vast increase in simple bending-type failure on falling seems unlikely, investigators have turned their attention to other modes of structural failure. Recent analyses of hip structure in relation to fall direction in the majority of hip fractures has highlighted the importance of the superior cortex of the femoral neck and its ability to resist both crushing and buckling. While resistance to crushing is a matter of calculating the local loads created

momentarily by the fall and relating those to the material properties of the superior cortex, calculating when buckling type failure is going to occur is more contentious. Yet for much of the last century engineers used empirical methods to calculate buckling loads in irregular-shaped tubular structures including those containing supporting elements like trabeculae. We have therefore investigated whether the trabeculae present in the femoral neck at its narrowest part can add sufficient stability so as to exclude buckling as a mechanism of hip fracture initiation.

We measured with computed tomography the distribution of bone in the mid-femoral neck of 35 female proximal femurs from cases of sudden death aged 20-95. As a threshold for elastic instability, we then calculated the critical stress  $\sigma_c$  that determines when buckling should occur, according to Hetenyi's long-established engineering principles.  $\sigma_c$  depended on the geometric properties and density of the cortical zone most highly loaded in a sideways fall. The effect of an elastic foundation to increase stability was then estimated as the amount  $\sigma_t$  by which stability was increased in this most stressed cortical sector by the trabecular bone in each femoral neck. With normal ageing, the thin most stressed cortical zone in the supero-lateral femoral neck got markedly thinner, with a 2 to 3-fold fall in  $\sigma_c$ . Proportionately the rate at which  $\sigma_t$  declined with age was similar to that due to cortical thinning. Overall,  $\sigma_t$  was about 24% of  $\sigma_c$  and their ratio was independent of age. Our interpretation is that the capacity of the femur to absorb energy in a sideways fall becomes compromised with normal ageing since cortical elastic stability is only moderately improved by sub-cortical trabecular buttressing at any age. At the same time the potential for materials failure by crushing is also increased substantially by the age related thinning of the superior femoral neck cortex, which occurs at double the rate seen in the femoral neck as a whole. The potential for interventions that considerably increase trabecular bone in the proximal femur to prevent fracture is substantial, providing the

mechanism of failure is through local buckling. If failure is caused by cortical crushing, increasing trabecular bone can only help in proportion to the diversion of load bearing in the sideways fall from the cortex to the trabeculae, which for geometric reasons may be limited. Consequently, the mechanism by which hips fail in a fall has important implications for therapeutic strategies.

## **L18**

### **MECHANIZMY ZŁAMANIA BLIŻSZEGO KOŃCA KOŚCI UDOWEJ PODCZAS UPADKU NA BOK: PRZESŁANKI DO ZAPOBIEGANIA I LECZENIA**

Reeve J.1, Thomas C. D.2, Mayhew P. M.1, Clement J. G.2, Loveridge N.1, Burgoyne C. J.3

1 University of Cambridge Departments of Medicine and  
3Engineering, Cambridge, UK

2 University of Melbourne School of Dental Science, VIC,  
Australia

Ryzyko złamania biodra wzrasta 100-1000 krotnie po 6-tej dekadzie życia. Spadek wytrzymałości na zginanie jest drugorzędną cechą normalnego procesu starzenia się szyjki kości udowej. Odkąd udział prostego mechanizmu zgięciowego w uszkodzeniach kości wydaje się mało prawdopodobny, badacze skierowali swoją uwagę w kierunku innych mechanizmów uszkodzeń strukturalnych. Ostatnie analizy struktury bkk udowej w stosunku do kierunku upadku w przypadku większości złamań ukazały znaczenie powierzchniowej warstwy korowej szyjki kości udowej oraz jej wytrzymałość na ściskanie i zginanie. Podczas, gdy wytrzymałość na ściskanie ma znaczenie przy określaniu lokalnych naprężeń wywieranych chwilowo przez upadek i odnoszenia ich do właściwości materiału tworzącego część korową, to w przypadku uszkodzenia wskutek wygięcia podejście takie jest bardziej dyskusyjne. Obecnie większość z inżynierów z ubiegłego stulecia używa metod empirycznych do oceny naprężeń towarzyszących zginaniu w strukturach o nieregularnym kształcie rurowym, obejmujących takie które zawierają

beleczki. Sprawdziliśmy, zatem, czy beleczki kostne, obecne w szyjce kości udowej w jej najwęższej części, mogą zapewnić wystarczającą wytrzymałość by wykluczyć wygięcie jako mechanizm inicjujący złamanie.

Używając tomografii komputerowej zmierzaliśmy rozkład tkanki kostnej w środkowej części szyjki w 35 żeńskich kościach udowych pozyskanych z przypadków nagłych zgonów osób w określając moment, w którym powinno pojawić się wygięcie zgodnie z wytycznymi inżynierii według Heteny'ego. Napięcie krytyczne ( $\sigma_c$ ) zależne było od własności geometrycznych i gęstości strefy korowej, najbardziej obciążanej przy upadkach bocznych. Efektem elastycznej podstawy dla wzrostu stabilności było oszacowane jako ilość  $\Delta t$  przy którym stabilność wzrosła właśnie w najbardziej napiętym sektorze warstwy korowej przy kości beleczkowej w każdej bkk udowej. W normalnym procesie starzenia cienka, najbardziej obciążana strefa korowa na górno-bocznej części szyjki kości udowej staje się wyraźnie cieńsza, z 2-3 krotnym spadkiem  $\sigma_c$ . Proporcjonalnie, tempo spadku  $\sigma_c$  wraz z wiekiem było podobne do spadku spowodowanego scieńczeniem kości korowej. Ponadto,  $\Delta t$  stanowił około 24%  $\sigma_c$  i ich stosunek był niezależny od wieku. Nasza interpretacja jest taka, że zdolność kości udowej do pochłaniania energii podczas bocznych upadków zostaje upośledzona wskutek starzenia, ponieważ elastyczna stabilność warstwy korowej jest tylko w niewielkim stopniu zwiększana przez podkorową podporę beleczkową w każdym wieku. W tym samym czasie, możliwość uszkodzeń przez ściskanie jest również istotnie większa przez związane z wiekiem scieńczenie zewnętrznej warstwy korowej szyjki, które pojawia się dwa razy szybciej w kości udowej niż pozostałych kościach. Istnieją zatem solidne podstawy do interwencji terapeutycznych, oparte na badaniach mechanizmu uszkodzenia wskutek zginania, których celem byłoby znaczne wzmocnienie kości beleczkowej w bkk udowej. Jeśli uszkodzenie spowodowane jest przez ściskanie warstwy korowej, zwiększenie gęstości kości beleczkowatej może jedynie pomóc częściowo w przeniesieniu kierunku obciążeń z części korowej na beleczkową, które z przyczyn geometrycznych jest ograniczone.

W rezultacie, mechanizm złamania biodra podczas upadku ma ważne implikacje dla strategii leczenia.