

ELŻBIETA KATARZYNA BIERNACKA

Czy „wybrańcy bogów” umierają młodo? Nagły zgon w sporcie

Nagły zgon sportowca jest tragedią, która rozgrywa się na oczach tysięcy, a czasem milionów kibiców. Umiera młody, wysportowany, silny człowiek, symbol zdrowia i wytrwałości, „wybraniec bogów” i ludzi. Śmierć młodego atlety jest dramatem nie tylko dla jego najbliższych, ale dla kolegów, trenerów, klubu, widzów na stadionie, wreszcie milionów kibiców na świecie. Wcale nierzadkie przypadki nagłych zgonów wśród sportowców są nagłaśniane przez media, które nie tylko podają do wiadomości dramatyczne zdarzenie, ale starają się odnaleźć „winnych”. Czy to media powodują niezdrowe zainteresowanie epizodami nagłych zgonów sportowców, które są „nieuniknioną rzadkością”, czy też rzeczywiście istnieje problem zwiększonego ryzyka śmierci u osób uprawiających wyczynowo sport? Dlaczego Fidippides, który był zawodowym posłańcem i od dziecka trenował biegi na długie dystanse, padł martwy po przebiegnięciu 40 km z Maratonu do Aten? Czy to przypadek, że tylko w 2013 roku odnotowano aż 10 nagłych zgonów wśród piłkarzy ligowych drużyn piłkarskich? Któż nie pamięta śmierci wielkich bohaterów sportu: Siergieja Grinkowa, Joachima Halupczoka, Kamili Skolimowskiej, Piermario Morosiniego, Antonio Puerty ...

Dziesiątki publikacji potwierdzają tezę, że regularnie wykonywane ćwiczenia fizyczne, optymalnie powodujące zużycie 2000-3000 kcal tygodniowo lub 300-400 kcal dziennie, a nawet niewielki, ale regularny wysiłek codziennie przez 15 minut, zmniejszają ryzyko chorób sercowo-naczyniowych, cukrzycy, chorób nowotworowych i wydłużają życie [1, 2]. Sportowcy wyczynowi również żyją dłużej. Stwierdzono, że medaliści nowożytnych igrzysk olimpijskich bez względu na dyscyplinę sportu żyją dłużej niż ogólna populacja w ich kraju [3]. Trzeba pamiętać jednak, że porównania te *a priori* obarczone są błędem wynikającym z faktu, że ludzie uprawiający sport znajdują się na ogół w grupie mniejszego ryzyka chorób sercowo-naczyniowych (są szczuplejsi, prowadzą zdrowszy tryb życia i lepszą dietę, nie palą papierosów).

Ryzyko nagłego zgonu sportowców

Okazuje się, że ryzyko nagłego zgonu wśród młodych sportowców wyczynowych jest znacznie wyższe niż w populacji ludzi uprawiających sport rekreacyjnie lub nieuprawia-

* Dr hab. n. med., prof. nadz. Elżbieta Katarzyna Biernacka, Instytut Kardiologii im. Prymasa Tysiąclecia Stefana Kardynała Wyszyńskiego, Warszawa, e-mail: kbiernacka@ikard.pl

jących sportu, jeżeli porówna się te same grupy wiekowe. W 2003 r. badacze włoscy opublikowali wyniki wieloletnich badań, prowadzonych na obszarze prowincji Veneto, zamieszkałej przez ok. 4 mln ludzi, w tym ponad 40 tys. sportowców w wieku od 12 do 35 lat [4]. Stwierdzili, że ryzyko nagłego zgonu młodego sportowca jest $3,5 \times$ wyższe niż jego rówieśnika nieuprawiającego sportu (3 na 100 000 sportowców/rok w średnim wieku 23 lat). Śmiertelność na boisku sportowym szacowana na podstawie badań amerykańskich wynosi 1-2/100 000 sportowców/rok, co oznacza jeden nagły zgon co 3 dni w samych USA [5, 6]. Jeszcze dramatyczniejsze wyniki podano w publikacji francuskiej z 2011 r., gdzie ryzyko nagłego zgonu u sportowców wyczynowych było $4,5 \times$ wyższe niż u ludzi w tym samym wieku, którzy uprawiali sport rekreacyjnie [7]. Wydaje się, że wyniki amerykańskie są zaniżone, gdyż badania obejmowały inne grupy sportowców, np. uczniów szkół średnich, którzy uprawiali sport na zajęciach szkolnych (we Włoszech i Francji badania obejmowały tylko sportowców wyczynowych) i jeszcze do niedawna nie było konsekwentnie prowadzonych rejestrów. Dane z 2011 r. wskazują na znacznie wyższą śmiertelność wśród amerykańskich sportowców, szczególnie pochodzenia afroamerykańskiego (5,6/100 000 rocznie) [8]. Pewne jest, że 9- czy 10-krotnie częściej umierają mężczyźni niż kobiety, najczęściej piłkarze, koszykarze i biegacze [9].

Czy aktywność sportowa zwiększa ryzyko nagłego zgonu?

Czy to oznacza, że sport szkodzi? Wróćmy do słynnej publikacji Domenico Corrado i wsp. z JACC 2003 pod znaczącym tytułem *Does Sports Activity Enhance the Risk of Sudden Death in Adolescents and Young Adults?* [4]. Praca ta pokazała, że przyczyną nagłego zgonu u znamiennej większości sportowców było nagłe zatrzymanie krążenia, u podłoża którego leżała niewykryta wcześniej choroba serca i/lub naczyń, predysponująca do groźnych zaburzeń rytmu. Inne przyczyny (neurologiczne, urazy) występowały z tą samą częstością u sportowców i ludzi nieuprawiających sportu. Podobne wyniki opublikowano w USA, gdzie stwierdzono, że nagłe zatrzymanie krążenia było przyczyną 93% wszystkich zgonów młodych sportowców [10]. Zgon występował w trakcie wysiłku fizycznego lub tuż po jego zakończeniu u 90% ofiar; większość sportowców (> 80%) nie zgłaszała dolegliwości kardiologicznych w okresie 36 miesięcy przed wystąpieniem zgonu, a 90% nie miało żadnych objawów poprzedzających zatrzymanie krążenia. Nagłe zgony występowały dwukrotnie częściej w trakcie treningu niż w czasie zawodów.

Przyczyny nagłego zgonu sportowców

Najczęstszą przyczyną nagłego zatrzymania krążenia u sportowców są genetycznie uwarunkowane choroby mięśnia sercowego: kardiomiopatia przerostowa i arytmogenna [4, 7, 11]. Na trzecim miejscu znajdują się anomalie tętnic wieńcowych, które u ludzi nieuprawiających sportu są zwykle łagodną odmianą anatomiczną. U starszych sportow-

ców (powyżej 25. roku życia) główną przyczyną nagłego zatrzymania krążenia okazuje się być choroba wieńcowa. Zwracają uwagę duże różnice w ocenie przyczyn nagłego zgonu sercowego wśród sportowców w Europie i USA. Dane amerykańskie wskazują na kardiomiopatię przerostową lub „nieokreślony” przerost mięśnia lewej komory jako przyczynę w ponad 40% przypadków nagłych zgonów, podczas gdy w Europie odsetek ten wynosi 7-14%. Kardiomiopatia przerostowa jest chorobą uwarunkowaną genetycznie, spowodowaną najczęściej mutacjami białek sarkomerów, czyli jednostek kurczliwych komórki mięśnia sercowego. Charakteryzuje się asymetrycznym przerostem mięśnia lewej komory. Nieregularne położenie powiększonych kardiomiocytów (*disarray*) i wzmożone włóknienie niedokrwionego mięśnia stanowią substrat dla arytmii. Choroba ta jest najczęstszą przyczyną nagłych zgonów sercowych u ludzi poniżej 30. roku życia, a uprawianie sportu zwiększa ryzyko groźnych zaburzeń rytmu, spowodowanych wzmożeniem aktywności układu współczulnego, gwałtownego niedokrwienia przerośniętego mięśnia, zaburzeń elektrolitowych zwiększających dyspersję depolaryzacji i repolaryzacji mięśnia sercowego, stanowiących substrat dla migotania komór.

W Europie, a szczególnie we Włoszech, główną przyczyną tragedii na boisku jest kardiomiopatia arytmogenna, kiedyś nazywana arytmogenną dysplazją lub kardiomiopatią prawej komory (do 27%) [4]. Różnice te prawdopodobnie wynikają głównie z porównania innych grup wiekowych (amerykańscy sportowcy to uczniowie szkół średnich i college'ów, w Europie przewaga sportowców zawodowych), ale też z różnej interpretacji badań sekcyjnych – jeszcze 20 lat temu w Ameryce uważano kardiomiopatię arytmogenną za chorobę występującą jedynie w basenie Morza Śródziemnego i nie dokonywano rutynowo oceny prawej komory). Biorąc pod uwagę jednakową częstość występowania kardiomiopatii przerostowej w Europie i Ameryce, różnice etniczne nie mogą odgrywać zasadniczej roli, aczkolwiek niewątpliwie w populacji afroamerykańskiej skłonność do przerostu mięśnia lewej komory w wyniku treningu jest istotnie większa, a przebieg kardiomiopatii przerostowej bardziej złośliwy.

Arytmogenna kardiomiopatia prawej komory – choroba sportowców

Kardiomiopatia arytmogenna powstaje w wyniku mutacji białek desmosomów, tj. połączeń międzykomórkowych, odpowiedzialnych za ścisłe przyleganie komórek tworzących syncycjum mięśnia sercowego. Spowodowane mutacją osłabienie połączeń międzykomórkowych powoduje obumieranie odłączonych od syncycjum kardiomiocytów i zastąpienie ich przez tkankę łączną i tłuszczową. Proces ten zwykle zaczyna się w prawej komorze i powoduje ogniskowe, a w miarę rozwoju choroby także uogólnione zaburzenia jej kurczliwości; w niektórych przypadkach obejmuje także mięsień lewej komory. Wydłużenie czasu przewodzenia przez labirynt włókien mięśniowych otaczających obszary niepobudliwe jest przyczyną niestabilności elektrycznej mięśnia sercowego.

Choroba ta jest przyczyną 11% nagłych zgonów sercowych u ludzi poniżej 35. roku życia. Uprawianie sportu zwiększa ryzyko nagłej śmierci pięciokrotnie [4]! U pacjentów z potwierdzonymi mutacjami desmosomalnymi udowodniono, że ekspresja choroby a przede wszystkim pojawienie się objawowych częstoskurczów komorowych występuje znacznie wcześniej u ludzi uprawiających sport i jest zależna od czasu poświęconego treningom [12]. Jest to wyjątkowa sytuacja, gdyż w odróżnieniu od innych chorób mięśnia sercowego, w których wysiłek fizyczny wyzwała zaburzenia rytmu, w tym przypadku dodatkowo dochodzi do progresji choroby na skutek długotrwałych treningów. Przeciążenie objętościowe prawej komory związane z koniecznością generowania przez serce większego rzutu powoduje rozciąganie ścian prawej komory, której niepełnowartościowe desmosomy łatwiej i szybciej ulegają uszkodzeniu.

Tak więc odpowiedź na pytanie, czy sport może zwiększać ryzyko nagłego zgonu z pozoru jest prosta: tak, ale u ludzi, którzy cierpią na chorobę serca predysponującą do groźnych dla życia zaburzeń rytmu serca. Istnieją jednak przesłanki, aby uważać, że zbyt duży wysiłek może być przyczyną niefizjologicznej przebudowy mięśnia sercowego z niekorzystnymi konsekwencjami klinicznymi. Tzw. serce sportowca to dobrze zbalansowany przerost mięśnia z zachowaną kurczliwością i niewielkim poszerzeniem jam serca, z towarzyszącą przewagą działania układu przywspółczulnego. Łagodne zaburzenia rytmu stwierdza się u sportowców nierzadko, ale nie potwierdzono, by miały jakikolwiek związek z fizjologicznym przerostem mięśnia lewej komory [13].

Wpływ długotrwałego treningu na arytmogenny remodeling mięśnia sercowego

Zauważono, że podłoże zaburzeń rytmu zwykle znajduje się w mięśniu prawej komory. Częstym zjawiskiem u sportowców są zaburzenia przewodzenia w prawej komorze (niezpełny lub zupełny blok prawej odnogi pęczka Hisa), a co więcej, po długotrwałym wysiłku obserwuje się przemijające pogorszenie kurczliwości prawej komory i zwiększenie jej wymiarów z towarzyszącym wzrostem biomarkerów martwicy. U niektórych weteranów sportów wytrzymałościowych nie dochodzi do pełnej regresji powyższych po zaprzestaniu treningów. Ostatnie lata przyniosły ciekawe odkrycia dzięki zastosowaniu nowoczesnych metod obrazowania mięśnia sercowego za pomocą rezonansu magnetycznego i tomografii komputerowej. Rezonans magnetyczny jest szczególnie przydatny w obrazowaniu włóknienia, które dowodzi uszkodzenia tkanki mięśniowej. Okazuje się, że znacznie częściej stwierdza się włóknienie mięśnia lewej komory i obniżenie kurczliwości serca u weteranów sportów wytrzymałościowych i w porównaniu z młodymi sportowcami i ludźmi nieuprawiającymi sportu. Obecność ognisk włóknienia istotnie koreluje z latami treningu i liczbą przebiegniętych maratonów i ultramaratonów [14]. Podobne zjawisko opisali La Gerche i wsp., którzy dodatkowo zauważyli zwią-

zek między wytrzymałościowym wysiłkiem a zwłóknieniem przegrody międzykomorowej, strukturalnymi, czynnościowymi i biochemicznymi markerami dysfunkcji prawej (ale nie lewej) komory [15].

Czy istnieje więc związek między zwłóknieniem mięśnia sercowego powstałego wskutek przeciążenia serca poprzez długotrwałe treningi a zaburzeniami rytmu serca, które mogą prowadzić do zatrzymania krążenia? W badaniach eksperymentalnych udowodniono, że serca szczurów poddawanych kilkutygodniowemu treningowi wytrzymałościowemu ulegają zwłóknieniu, a co więcej stają się podatne na indukcję groźnych zaburzeń rytmu [16]. Analiza obrazu klinicznego pacjentów ze złożonymi arytmiami (w tym 20% po nagłym zatrzymaniu krążenia), którzy uprawiali sporty wytrzymałościowe, tylko u 5% wykazała kardiomiopatię przerostową lub chorobę wieńcową, natomiast aż u 89% z nich stwierdzono uszkodzenie prawej komory, a 59% spełniało kryteria diagnostyczne arytmogennej kardiomiopatii [17]. Mutacje desmosomalne występowały u tych sportowców znacznie rzadziej niż w populacji genotypowanych chorych z kardiomiopatią arytmogenną [18]. Praca La Gerche i wsp. udowodniła, że uszkodzenie prawej komory i groźne zaburzenia rytmu występują u sportowców, którzy nie byli nosicielami mutacji odpowiedzialnych za powstanie kardiomiopatii arytmogennej! Czy więc jednak istnieje nabyta postać arytmogennej kardiomiopatii prawej komory? Przeciwnicy tej teorii uważają, że prawdopodobnie istnieją inne niewykryte jeszcze czynniki genetyczne usposabiające do uszkodzenia prawej komory, zwolennicy – że sport, szczególnie wytrzymałościowy, może powodować groźne uszkodzenie mięśnia sercowego, jeżeli przekroczona zostanie pewna granica tolerancji obciążenia, która w chwili obecnej nie jest dokładnie określona ani też nieznane są czynniki, od których ona zależy.

Regularny wysiłek fizyczny jest jednym z najważniejszych składników profilaktyki choroby wieńcowej. Dlatego tak wielki zaskoczeniem było wykrycie większego stopnia zwapnienia tętnic wieńcowych, większej liczby incydentów niedokrwienia mięśnia sercowego i obszarów zwłóknienia podwosierdziowego, świadczących o przebytych zawałach serca u „zdrowych” maratończyków powyżej 50. roku życia, w porównaniu do grupy ludzi nieuprawiających sportu, ale z tymi samymi czynnikami ryzyka choroby wieńcowej [19]. Przyczyna tego zjawiska nie jest jasna. Bierze się pod uwagę stres oksydacyjny, uwolnienie cytokin, mikroembolizację tętnic wieńcowych na skutek mikrourazów, zwiększenie gotowości zakrzepowej związanej z podwyższonym stężeniem katecholamin.

Czy można zapobiec nagłemu zgonowi na boisku sportowym?

Wyjaśnienie ewentualnego niekorzystnego wpływu wysiłków fizycznych na morfologię, strukturę i czynność serca wymaga jeszcze dalszych badań dużych grup sportowców. Tymczasem, w erze ekstremalnych wysiłków sportowców wyczynowych, często trenujących w specjalnych warunkach oraz wielkiej popularności sportów amatorskich,

szczególnie wytrzymałościowych, w czasach gdy zaciera się różnica między sportem amatorskim a zawodowym, kardiologia sportowa stoi przed wielkim wyzwaniem zapewnienia sportowcom bezpieczeństwa. Jakie koszty może ponosić społeczeństwo, aby zapewnić sportowcom badania, które wykluczą groźną chorobę serca? Czy istnieją takie badania, nawet jeżeli nie będzie się liczyć ich kosztów, na podstawie których z pełną odpowiedzialnością można powiedzieć, że sportowiec jest bezpieczny?

W 2009 r. w JAMA opublikowano artykuł Corrado i wsp. który zrewolucjonizował badania profilaktyczne sportowców [20]. W 1982 r. rozpoczęto na obszarze Veneto we Włoszech program przesiewowych profilaktycznych badań sportowców (Italian Preparticipation Screening Program). Poza badaniem lekarskim składającym się z wywiadu zawierającego nie tylko pytania dotyczące samego sportowca, ale i historii chorób w rodzinie oraz badania przedmiotowego, każdy sportowiec miał wykonany elektrokardiogram. Zapis był analizowany przez kardiologów z Center for Sports Medicine w Padwie. Na podstawie nieprawidłowego EKG w ciągu 20 lat trwania programu 4 tys. sportowców (9%) skierowano na dalsze badania, z czego tylko 0,9 tys. (2%) zdyskwalifikowano z powodu stwierdzenia groźnej choroby serca. W wyniku tych działań śmiertelność wśród sportowców w Veneto spadła prawie dziewięciokrotnie, uzyskując wartości niższe niż w populacji rówieśników nieuprawiających sportu. Wśród zdyskwalifikowanych sportowców byli głównie chorzy z kardiomiopatią przerostową i arytmogenną. Zaprzestanie uprawiania sportu spowodowało, że żaden z tych sportowców nie zmarł nagle, jeżeli przestrzegał zalecenia odstąpienia od treningów.

Europejskie Towarzystwo Kardiologiczne i Międzynarodowy Komitet Olimpijski zalecają wykonywanie EKG u każdego sportowca rozpoczynającego karierę. Niestety, tylko w niektórych krajach Europy zalecenia te są przestrzegane i to w większości przypadków tylko w odniesieniu do sportowców wyczynowych. Faktem jest, że interpretacja EKG sportowca jest bardzo trudna i wymaga dużej wiedzy i doświadczenia. Trzeba pamiętać, że nadinterpretacja zmian w EKG może pociągać za sobą dramatyczne decyzje dla młodego człowieka, który wiąże swoje życiowe ambicje ze sportem. Kardiolodzy amerykańscy nie mają obowiązku włączania EKG do badań profilaktycznych sportowców. Ich stanowisko jest podyktowane wieloma względami. Uważają, że badanie EKG jest niewystarczająco swoiste, a jego wysoka czułość powoduje konieczność wykonywania wielu badań dodatkowych u zdrowych ludzi, co znacznie zwiększa koszty skriningu i powoduje zakłócenia w programach treningowych sportowca czy klubu, natomiast nie daje gwarancji wykluczenia wszystkich chorób serca, które mogą spowodować nagły zgon. W takiej sytuacji dopuszczenie do uprawiania sportu na podstawie prawidłowego EKG łączyłoby się z odpowiedzialnością prawną w razie nieprzewidzianego niefortunnego wypadku. Nie tylko amerykańscy, ale również wielu europejskich kardiologów uważa śmierć na boisku za nieuniknioną rzadkość.

Kardiolodzy zajmujący się badaniami sportowców dobrze wiedzą, jak bardzo trudno jest podjąć decyzję o dopuszczeniu do treningów w niektórych przypadkach granicznych zmian w sercu, które mogą być wyrazem fizjologicznej przebudowy w odpowiedzi na wysiłek, ale mogą również świadczyć o ciężkiej chorobie, która jest skrytym zabójcą. Mamy pełną świadomość niedoskonałości metod badawczych i niedostatku wiedzy o czynnikach ryzyka nagłego zgonu sercowego. Ogromną wagę przywiązuje się ostatnio na świecie do zapewnienia dostępu do zewnętrznego defibrylatora na każdym boisku sportowym. Jak pokazały rejestry defibrilacja wykonana w ciągu 5 minut od zatrzymania krążenia ma u sportowców 60% skuteczność.

Piśmiennictwo

- [1] De Backer G., Ambrosioni E., Borch-Johnsen K. et al. *Third Joint Task Force of European and Other Societies on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice. European guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice.* Eur. Heart J. 24: 1601-1610.
- [2] Predel H.G. (2014) *Marathon run: cardiovascular adaptation and cardiovascular risk.* Eur. Heart J. 35: 3091-3098.
- [3] Clarke P.M., Walter S.J., Hayen A. et al. (2012) *Survival of the fittest: retrospective cohort study of the longevity of Olympic medallists in the modern era.* BMJ 345: e8308.
- [4] Corrado D., Basso C., Rizzoli G., Schiavon M., Thiene G. (2003) *Does sports activity enhance the risk of sudden death in adolescents and young adults?* J. Am. Coll. Cardiol. 42: 1959-1963.
- [5] Maron B.J., Pelliccia A. (2006) *The heart of trained athletes: cardiac remodeling and the risks of sports, including sudden death.* Circulation 114: 1633-1644.
- [6] Drezner J.A., Rogers K.J. (2006) *Sudden cardiac arrest in intercollegiate athletes: detailed analysis and outcomes of resuscitation in nine cases.* Heart Rhythm 3: 755-759.
- [7] Marijon E., Tafflet M., Celermajer D.S. et al. (2011) *Sports-related sudden death in the general population.* Circulation 124: 672-681.
- [8] Harmon K.G., Asif I.M., Klossner D., Drezner J.A. (2011) *Incidence of sudden cardiac death in National Collegiate Athletic Association athletes.* Circulation 123: 1594-1600.
- [9] Bille K., Figueiras D., Schamasch P., Kappenberger L., Brenner J.I., Meijboom F.J., Meijboom E.J. (2006) *Sudden cardiac death in athletes: The Lausanne Recommendations.* Eur. J. Cardiovasc. Prev. Rehabil. 13: 859-875.
- [10] Drezner J.A., Chun J.S., Harmon K.G., Derminer L. (2008) *Survival trends in the United States following exercise-related sudden cardiac arrest in the youth: 2000-2006.* Heart Rhythm 5: 794-799.
- [11] Maron B.J., Thompson P.D., Ackerman M.J. et al. (2007) American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism. Recommendations and considerations related to preparticipation screening for cardiovascular abnormalities in competitive athletes: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism: endorsed by the American College of Cardiology Foundation. Circulation 115: 1643-1455.

- [12] James C.A., Bhonsale A., Tichnell C. et al. (2013) *Exercise increases age-related penetrance and arrhythmic risk in arrhythmogenic right ventricular dysplasia/cardiomyopathy-associated desmosomal mutation carriers*. J. Am. Coll. Cardiol. 62: 1290-1297.
- [13] Biffi A., Maron B.J., Di Giacinto B. et al. (2008) *Relation between training-induced left ventricular hypertrophy and risk for ventricular tachyarrhythmias in elite athletes*. Am. J. Cardiol. 101: 1792-1795.
- [14] Wilson M., O'Hanlon R., Prasad S. et al. (2011) *Diverse patterns of myocardial fibrosis in lifelong, veteran endurance athletes*. J. Appl. Physiol. (1985) 110: 1622-1626.
- [15] La Gerche A., Burns A.T., Mooney D.J. et al. (2012) *Exercise-induced right ventricular dysfunction and structural remodelling in endurance athletes*. Eur. Heart J. 33: 998-1006.
- [16] Benito B., Gay-Jordi G., Serrano A. et al. (2008) *Chronic exercise induces atrial and right ventricular fibrosis in a rat model*. Eur. Heart J. 29: 740.
- [17] Heidbuchel H., Hoogsteen J., Fagard R. et al. (2003) *High prevalence of right ventricular involvement in endurance athletes with ventricular arrhythmias. Role of an electrophysiologic study in risk stratification*. Eur. Heart J. 24: 1473-1480.
- [18] La Gerche A., Robberecht C., Kuiperi C. et al. (2010) *Lower than expected desmosomal gene mutation prevalence in endurance athletes with complex ventricular arrhythmias of right ventricular origin*. Heart 96: 1268-1274.
- [19] Mohlenkamp S., Lehmann N., Breuckmann F. et al. (2008) *Marathon Study Investigators, Heinz Nixdorf Recall Study Investigators. Running: the risk of coronary events: Prevalence and prognostic relevance of coronary atherosclerosis in marathon runners*. Eur. Heart J. 29: 1903-1910.
- [20] Corrado D., Basso C., Pavei A. (2006) *Trends in sudden cardiovascular death in young competitive athletes after implementation of a preparticipation screening program*. JAMA 296: 1593-1601.

The incidence of sudden death in athletes

The incidence of sudden death is 4 fold greater in athletes than in their nonathletic counterparts due to a quiescent cardiac abnormality predisposing to life threatening arrhythmia. The most common cause of sudden cardiac death in younger athletes are genetic disorders like hypertrophic or arrhythmogenic cardiomyopathy and coronary artery anomalies whereas in older athletes – atherosclerotic coronary artery disease. There are some indications that excessive endurance exercise may be itself potentially harmful causing myocardial remodeling affecting the right ventricle and resulting in proarrhythmic effect of damaged myocardium. Endurance sport may increase a risk of coronary events. Preparticipation screening protocol encompassing electrocardiogram is recommended. ECG improves efficacy in detection of conditions capable of causing sudden death in sport. Disqualification of athletes affected by life threatening heart diseases significantly decreases risk of sudden cardiac death.

Key words: sport, sudden cardiac death, preparticipation screening program