

Robert Wąs*
Wiesław Pilis**
Karol Pilis**

Metody oceny przygotowania fizycznego współczesnego piłkarza nożnego

Streszczenie

Piłka nożna jest sportem i zjawiskiem społecznym, który uprawiany jest przez wiele milionów mężczyzn i kobiet, a środki masowego przekazu pokazują ją setkom milionów ludzi na całym świecie. Piłka nożna stała się sportem, w którym wydolność fizyczna i specjalny rodzaj treningu są krytycznym warunkiem do osiągnięcia sukcesu. Zatem w tej pracy próbowaliśmy scharakteryzować wydolność fizyczną piłkarzy nożnych, która w 80–90% oparta jest o metabolizm tlenowy, a tylko w 10–20% związana jest z metabolizmem beztlenowym. W dalszej części artykułu autorzy próbowali opisać obydwie składowe wydolności fizycznej. Wskazano na ważność oceny maksymalnego poboru tlenu metodą bezpośrednią i wskazano na niedoskonałości oceny tej zmiennej metodą pośrednią. Użyteczność prognozy tlenowo-beztlenowej, testu Konkoniego i maksymalnego długu tlenowego u piłkarzy nożnych również została przedstawiona. W krótki, tabelaryczny sposób przedstawiono również kilka testów oceny wydolności beztlenowej.

Pomimo istotnego znaczenia wydolności fizycznej u piłkarzy nożnych, ocena specjalnych możliwości połowych sportowców powinna być również uwzględniana. Celem kontroli tych możliwości piłkarzy nożnych, autorzy opisali: przerywany test wytrzymałości Yo-Yo, przerywany test odnowy Yo-Yo, wielostopniowy wahadłowy test biegowy, ciągły wielostopniowy test sprawności fizycznej, aerobowy test z piłką, tj. Hoff Test, piłkarski test sprinterski według

* Zespół Szkół Gastronomicznych w Częstochowie

** Instytut Kultury Fizycznej Akademii im. J. Długosza w Częstochowie

Bangsbo, 10-metrowy wahadłowy test biegowy, test wyskoku pionowego i test pięciu kolejnych wyskoków. Ponadto do oceny specjalnych umiejętności piłkarskich opisano następujące testy: piłkarski test podań, piłkarski test strzałów i kilka lokalnie przygotowanych testów. Zaobserwowano, że dobre przygotowanie piłkarza nożnego usprawnia techniczne i taktyczne aspekty gry i jest dobrym czynnikiem protekcyjnym przeciw kontuzjom sportowym.

Słowa kluczowe: piłka nożna, wydolność fizyczna, testy laboratoryjne, testy polowe.

Wstęp

Piłkę nożną w świecie uprawia 265 milionów ludzi, z czego tylko około 30% to piłkarze zrzeszeni w związkach sportowych, natomiast pozostałe 70% to amatorzy [74]. To światowe zjawisko rozpatrywane jest również w wymiarze społecznym. Także w Polsce obserwuje się wyjątkową aktywność społeczną w tym zakresie, gdzie według statystyk aktywnych piłkarzy jest ponad 2 miliony [74]. O ile kilka dekad wstecz piłkę nożną uprawiali jedynie mężczyźni, o tyle współcześnie rozwija się również piłkarstwo kobiece. Gdy doda się do tego setki milionów kibiców tego sportu na świecie i okazjonalnie nawet miliardy ludzi śledzących określoną imprezę piłkarską z pomocą mass mediów, wówczas staje się jasne, że piłka nożna nie jest już tylko rozrywką (formą spędzenia czasu wolnego), a wręcz skomercjalizowaną działalnością o wymiarze ogólnoswiatowym. Stąd też od piłkarzy wymaga się coraz bardziej profesjonalnej gry. Aby tak się stało, poza trenerem odpowiedzialnym za efekt końcowy angażuje się zespoły specjalistów, które naukowo i empirycznie dążą do uatrakcyjnienia widowiska piłkarskiego, między innymi poprzez poprawę przygotowania fizycznego piłkarzy nożnych. Sportowcy ci celem zaspokojenia wzrastających wymagań kibiców co do jakości gry muszą trenować coraz bardziej profesjonalnie, a obciążenia muszą być optymalne. Dlatego za cel tej pracy postawiono przeanalizowanie szczegółów określających poziom przygotowania wydolnościowego i fizycznego współczesnego piłkarza nożnego oraz dokonanie przeglądu dostępnych metod oceny w tym zakresie.

Charakterystyka wydolności fizycznej piłkarza nożnego

Charakterystyka bioenergetyczna wysiłku piłkarza nożnego jest złożona, dotyczy tak tlenowych, jak i beztlenowych szlaków resyntezy ATP, a wielkość ich udziału jest różna i zależna od stopnia wytrenowania. Dal Monte [54] dowodzi,

że piłkarze 60–80% ATP podczas gry pozyskują z wewnątrzmięśniowych zapasów ATP i PCr, 20–30% z procesu glikolizy, natomiast jedynie 10% z metabolizmu tlenowego. Jednak dane te wydają się mało prawdopodobne, ponieważ wynika z nich, że piłkarz w czasie 90. minut gry zdecydowaną większość czasu poruszałby się z wysoką lub bardzo wysoką prędkością biegu. Stolen i wsp. [124] twierdzą, że z fizjologicznego punktu widzenia niemożliwym byłoby utrzymanie wysiłku z tak wysoką intensywnością przez cały okres meczu, ze względu na wysokie stężenie mleczanu w mięśniu i we krwi. Z analizy gry meczowej wynika, że piłkarze większość czasu poruszają się z niską intensywnością: w truchcie, marszu, czy nawet stojąc [17, 20, 23, 58, 103, 113, 115, 132, 142]. Dlatego dużo bardziej słuszne wydają się koncepcje przedstawione przez Ekbloma [58], który sugeruje, iż energia służąca do zaspokojenia potrzeb pracującego organizmu w 80% pozyskiwana jest w szlakach metabolizmu tlenowego, oraz przez Bangsbo [16], który wielkość tę szacuje na 90%, jednakże dodaje, że energia wytwarzana w procesach beztlenowych jest niezbędna, a główne substraty energetyczne tych procesów, czyli fosfokreatyna i ATP, są częściowo odbudowywane już podczas gry, w samych mięśniach. Resynteza ATP podczas pracy o niskiej intensywności dokonywana jest w metabolizmie tlenowym oraz podczas „spłaty” długu tlenowego zaciąganego w okresach wysiłków o intensywności maksymalnej i supramaksymalnej [11, 12, 130]. Głównymi substratami energetycznymi podczas wysiłków o charakterze tlenowym są: węglowodany, wolne kwasy tłuszczowe (WKT) i ketokwasy. By substraty te mogły być utlenione w komórce mięśniowej, musi w niej być utrzymana odpowiednia prężność tlenu. Maksymalne tempo utleniania tych substratów limituje właśnie maksymalna zdolność pobierania tlenu przez organizm, zwana również pułapem tlenowym i oznaczana jako VO_{2max} , będąca wyrazicielem wydolności tlenowej. Według wielu autorów, wielkość ta u piłkarzy nożnych mieści się w granicach 50–75 ml/kg/min (155–205 ml/kg^{0,75}/min), podczas gdy u bramkarzy wynosi 50–55 ml/kg/min (155–160 ml/kg^{0,75}/min) [2, 6, 7, 16, 20, 36, 41, 58, 59, 61, 73, 134, 135, 141]. Natomiast piłkarze poniżej 18. roku życia charakteryzują się wielkością VO_{2max} poniżej 60ml/kg/min [38, 76, 93, 94, 114, 133], jednak niektórzy autorzy oszacowali VO_{2max} juniorów na poziomie powyżej 60 ml/kg/min [45, 68, 100], a nawet powyżej 70 ml/kg/min [6]. Wydolność tlenowa u zawodników wysokiego wyczynu, mierzona na przełomie wieków [41, 141], była istotnie wyższa w porównaniu z tą, oznaczaną w latach 80. ubiegłego stulecia [58, 61, 73]. Jednak wartości te zbadane zostały w warunkach laboratoryjnych, ponieważ wielką trudność sprawia zmierzenie VO_{2max} podczas standardowego meczu. Sztuki takiej próbowali dokonać Ogushi i wsp. [108], używając worka Douglasa, jednakże ze względu na duże rozmiary urządzenia pomiarowego wyniki okazały się niedoszacowane i znacząco niższe w porównaniu z innymi badaniami [68, 125].

Obecnie system zbierania powietrza wydychanego do worków Douglasa coraz częściej jest zastępowany przez inne wygodniejsze urządzenia, umożliwiające dokładniejsze zmierzenie objętości wydychanego powietrza (respirometry) i pobieranie jego próbek do analizy. Castagna i wsp. [42] do oszacowania wielkości poboru VO_2 wśród piłkarzy nożnych używali przenośnego analizatora gazowego firmy COSMED. Na rynku dostępne są również szybkie i wygodne analizatory gazowe firmy Cortex Biophysik (Niemcy) – system CPET w odmianie stacjonarnej (Metalyzer[®] 3B) i miniaturowych prawie rozmiarów przenośny Meta Max[®] 3B.

Często maksymalne pobieranie tlenu wyznacza się metodą pośrednią z wykorzystaniem liniowej zależności pomiędzy częstotliwością skurczów serca HR i wielkością VO_2 przy różnych obciążeniach submaksymalnych [124]. Przy współczesnych zaawansowanych technologiach produkcji małych rozmiarów analizatorów gazowych należy jednak unikać posługiwania się pośrednią metodą oznaczania pułapu tlenowego, ze względu na mniejszą jego dokładność. Zależność ta wykorzystywana jest również do oszacowania wydatków energetycznych piłkarzy nożnych [17, 72]. Balsom i wsp. [13] sugerują, że HR wzrasta nieproporcjonalnie w stosunku do VO_2 po wysiłkach sprinterskich, jednak, jako że wysiłki te w piłce nożnej zajmują tylko 1–11% ogólnego czasu gry, pobór tlenu przez zawodników oznaczany tą metodą może tylko w niewielkim stopniu być lekko przeszacowany. Zakładając, że liniowa zależność HR- VO_2 może być użyta do dokładnego oszacowania VO_2 w piłce nożnej, średnia intensywność wysiłku na poziomie 85% HR_{max} koresponduje z poborem tlenu na poziomie 75% VO_{2max} [9]. Analiza ta pokazuje, że u zawodników u których odnotowano wartości VO_2 podczas gry na poziomie 45,0; 48,8 i 52,5 ml/kg/min, wielkość VO_{2max} będzie mieściła się w granicach odpowiednio 60, 65, 70 ml/kg/min i na podstawie tych pierwszych wartości można wnioskować o wydatku energetycznym piłkarza. Dla zawodnika ważącego 75 kg wydatek taki podczas meczu będzie wynosił odpowiednio: 1519, 1645 i 1772 kcal [124]. Bangsbo [16] wydatek energetyczny podczas meczu dla piłkarza z taką samą masą i zużyciem tlenu na poziomie 60 ml/kg/min określił w granicach 1360 kcal. Średnia intensywność wysiłków, mierzona częstotliwością skurczów serca podczas 90 minut meczu, bliska jest intensywności wysiłku na poziomie progu przemian beztlenowych (najwyższej intensywności wysiłku, podczas której tempo produkcji i usuwania mleczanu są równoważne) i mieści się w granicach 160–175 ud/min, co odpowiada ok. 80–90% maksymalnej częstotliwości skurczów serca (HR_{max}) lub 70–80% maksymalnego poboru tlenu (VO_{2max}) [3, 16, 20, 68, 104, 108, 112, 125, 132]. Stølen i wsp. [124] twierdzą, że niemożliwym byłoby utrzymanie wysiłku z tak wysoką intensywnością przez 90 minut meczu, ze względu na akumulację mleczanu we krwi. Jednakże wskazują oni, że intensywność ta wyrażona jest jako średnia podczas całego meczu, a przecież zawodnicy w różnych okresach gry poruszają się

z bardzo wysoką intensywnością, podczas której mleczan jest produkowany, ale również mają okresy niskiej intensywności jak: stanie, marsz, czy trucht, kiedy następuje jego usuwanie z pracujących mięśni. Chociaż obserwowano relatywnie małe różnice w intensywności wysiłków piłkarskich pomiędzy zawodnikami profesjonalnymi i nieprofesjonalnymi, to całkowita intensywność występująca podczas meczu była wyższa u profesjonalistów [58]. Podczas pracy z intensywnością osiąganą przy progu przemian beztlenowych resynteza ATP odbywa się głównie kosztem rozpadu wewnątrzmięśniowych zapasów glikogenu oraz glukozy przenikającej z krwi do komórek, przy niewielkiej hydrolizie fosfokreatyny (CP) [20, 34, 90]. Margaria i wsp. [98] dowiedli, iż hydroliza CP rozpoczyna się natychmiast po rozpoczęciu pracy z maksymalną intensywnością (w ciągu 10 sek.), i że CP jest wiodącym substratem w resyntezie ATP przy tak wysokiej intensywności wysiłku. Na znaczący udział metabolizmu beztlenowego podczas meczu wskazuje charakter gry, tj. znacząca ilość przyspieszeń, dryblingów, szybkich zmian kierunków biegu, gry wślizgiem, wyskoków, czy strzałów piłki. Wielokrotne powtarzanie tych ćwiczeń doskonali wydolność beztlenową niekwasomlekową, jak i kwasomlekową. Wyrazem tej ostatniej są wysokie stężenia mleczanu we krwi sięgające podczas meczu nawet powyżej 10 mmol/L u piłkarzy wysokiego wyczynu [1, 16, 20, 58]. Średnie stężenie mleczanu podczas meczu piłki nożnej mieści się w granicach 3–9 mmol/l [16, 20, 23, 39, 58, 64, 116, 121]. Wydaje się, że profesjonalni zawodnicy podczas meczu w wyższym stopniu stymulują beztlenowe szlaki resyntezy ATP w porównaniu do nieprofesjonalistów [124]. Stężenie mleczanu u piłkarzy zależy w dużym stopniu od rodzaju aktywności fizycznej poprzedzającej pobór próbki krwi [124]. Rzeczywiście zostało udowodnione, że stężenie mleczanu we krwi pozytywnie korelowało z ilością pracy wykonanej tuż przed pobraniem próbki [17]. Wielu autorów wskazuje, iż stężenie mleczanu w drugiej połowie meczu jest niższe w porównaniu z pierwszą połową [17, 20, 23, 64]. Te dane pokrywają się z pracami innych autorów, którzy opisują redukcję przebiegniętego dystansu oraz niższą intensywność gry podczas drugiej połowy meczu piłkarskiego o 5–10% [15, 17, 103, 113, 115, 125, 132, 142]. Tempo usuwania mleczanu zależy od jego stężenia, aktywności fizycznej w okresie odnowy oraz wydolności fizycznej [124]. Im wyższe stężenie mleczanu, tym wyższe tempo jego usuwania [17]. To ważne spostrzeżenie uzupełnia fakt, że zawodnicy z wyższym VO_{2max} charakteryzują się niższym stężeniem mleczanu we krwi po przerywanych wysiłkach wykonywanych z wysoką intensywnością dzięki zwiększonym możliwościom rekompensacyjnym poprzez: nasilenie metabolizmu tlenowego, większe tempo usuwania mleczanu, zwiększone tempo regeneracji fosfokreatyny [130]. Wzrost VO_{2max} prowadzi do obniżenia stężenia mleczanu we krwi oraz w mięśniach, przy tym samym absolutnym, submaksymalnym obciążeniu pracą, gdyż obniżenie produkcji

tego metabolitu jest rezultatem nasilenia metabolizmu tlenowego w resyntezie ATP oraz wzrostu tempa jego dyfuzji [95, 130]. Usuwanie mleczanu z krwi jest najbardziej wydajne przy intensywności wysiłku na poziomie ok. 70% HR_{max} [9, 70, 71]. Stąd też, obok oznaczenia maksymalnego zużycia tlenu u piłkarzy nożnych, istotne jest oznaczenie progu przemian beztlenowych obrazującego zaangażowanie tlenowych i beztlenowych szlaków resyntezy ATP. Warto podkreślić, że stężenie mleczanu we krwi nie jest odbiciem wielkości produkcji mleczanu. Krustrup i wsp. [91] zmierzili stężenie mleczanu u piłkarzy w mięśniach, które wynosiło 15,9 i 16,9 mmol/kg mokrej tkanki podczas pierwszej i drugiej połowy meczu oraz we krwi, odpowiednio 6,0 i 5,0 mmol/l. Widać więc, iż stężenie mleczanu we krwi znacząco odbiega od stężenia mięśniowego i może ono wskazywać jedynie, że w pewnych momentach meczu beztlenowy system resyntezy ATP, w którym produkowany jest mleczan, pełni bardzo ważną rolę zabezpieczenia energetycznego. Substratem tego procesu jest glikogen mięśniowy i, według tych samych autorów, po zakończeniu meczu jego stężenie obniża się tak dalece, że aż 47 ± 7 włókien mięśniowych jest go pozbawionych lub prawie pozbawionych. Warto jeszcze nadmienić, że 90-minutowy wysiłek o tak wysokiej intensywności powoduje podwyższenie temperatury ciała do 39,0–39,5°C i ubytek jego masy do 3 kg (2–3 litry potu) [20, 65].

Laboratoryjne i polowe metody oceny przygotowania wydolnościowego i motorycznego w piłce nożnej

Ocenę wydolnościową i motoryczną piłkarza można przeprowadzić w warunkach laboratoryjnych z zastosowaniem prostych form wysiłków o dozowanej intensywności i określonym czasie trwania. Drugą, ale niezmiernie ważną grupą testów są sprawdziany przeprowadzane na boisku piłkarskim, w formie i o charakterze zbliżonych do gry meczowej, z zastosowaniem wysiłków przerywanych, tak jak się to dzieje w trakcie meczu [20].

Ocena wydolności tlenowej sportowca na wszystkich poziomach zaawansowania sportowego opiera się na analizie wielkości: poboru tlenu (VO₂), stężenia mleczanu we krwi (LA), częstości skurczów serca (HR) i rozwijanej mocy mechanicznej przy obciążeniu maksymalnym i dwóch obciążeniach submaksymalnych, tj. na poziomie progu beztlenowego i progu tlenowego.

Jak wspomniano powyżej, głównym wskaźnikiem wydolności tlenowej piłkarza jest maksymalny pobór tlenu (VO_{2max}). Jego pomiaru można dokonać metodą bezpośrednią lub pośrednią. **Bezpośredni pomiar maksymalnego poboru tlenu** przeprowadza się zwykle za pomocą analizatorów gazowych podczas wysiłków dynamicznych maksymalnych. W tym celu piłkarze nożni powinni wy-

konywać bieg na bieżni elektrycznej, ponieważ ten model wysiłku bliski jest charakterowi ich pracy [124, 126]. Aby można było pomiar wartości VO_{2max} uznać za rzetelny pod względem doboru obciążeń, powinny być spełnione następujące warunki [8, 143]:

- stabilizacja VO_2 na poziomie maksymalnym powinna wyprzedzać w czasie zakończenie wysiłku (przed zakończeniem wysiłku poziom VO_2 powinien ulec obniżeniu);
- współczynnik oddechowy RER nie powinien być niższy od wartości 1, 10–1, 15;
- stężenie mleczanu po wysiłku w 4–5 minucie powinno przekraczać poziom 8–10 mmol/l.

Jednak pomiary bezpośredniego poboru tlenu wymagają odpowiedniego sprzętu i wykwalifikowanej obsługi, a także są wyczerpujące fizycznie, dlatego często dokonuje się pomiarów VO_{2max} metodą pośrednią. **Pomiar pośredniego poboru tlenu VO_{2max}** opiera się na liniowej zależności między pobieraniem tlenu, a częstością skurczów serca osiąganą w warunkach równowagi czynnościowej podczas wysiłków submaksymalnych [124]. Można go wyznaczyć na przykład przez zastosowanie nomogramu Astranda-Ryhming [10]. Jednakże w literaturze podkreśla się, że przydatność różnego rodzaju metod pośrednich, takich jak: wspomniany **nomogram Astranda-Ryhming**, **Polar Fitness Test**, **Rockport Walk Test**, **George-Fisher Jog Test**, **bieg na dystansie 2,4 km**, czy inne metody, w których pojawiają się ograniczenia, np. w przypadku szacowania zmian wywołanych treningiem (dotyczy to zwłaszcza zawodników wysoko wytrenowanych) [40, 84, 85]. Ważnym elementem w ocenie VO_{2max} jest wybór protokołu próby wysiłkowej. Protokoły stosowane w diagnostyce wydolności tlenowej różnią się przede wszystkim czasem trwania poszczególnych obciążeń w teście o wzrastającej intensywności, wielkością obciążenia początkowego oraz wielkością przyrostu intensywności wysiłku. Poniżej przedstawiono charakterystykę wybranych protokołów testów oceny wydolności tlenowej na bieżni mechanicznej [137]:

- protokół Astranda: przy stałej prędkości 5 mil/h, po 3-minutowym wysiłku przy nachyleniu bieżni 0%, nachylenie wzrasta co 2 minuty o 2,5%;
- protokół Balke'a: przy stałej prędkości 3,3 mil/h, po 1-minutowym wysiłku przy nachyleniu bieżni 2%, nachylenie wzrasta o 1% co minutę;
- protokół Ellestada: prędkość bieżni przyrasta co 2 lub 3 minuty, początkowe nachylenie wynosi 10%, kolejne 15%;
- protokół Harbora: wysiłek rozpoczyna 3-minutowy marsz z prędkością dogodną dla badanego. Nachylenie wzrasta o 1%, 2%, 3%, 4%, w zależności od poziomu wydolności badanego, tak aby wysiłek trwał około 10 minut.

Astrand i Rodahl [8] podkreślają, że istnieje współcześnie wiele testów oceny wydolności fizycznej opartych na liniowym przyroście częstości skurczów

serca i poboru tlenu przez organizm w warunkach pracy ze wzrastającym obciążeniem. Zauważyli oni, że częstość skurczów serca, zliczana przy obciążeniu maksymalnym, jest różna przy zastosowaniu różnych protokołów badawczych podczas testów o wzrastającym obciążeniu, stąd też oznaczany ekstrapolacyjnie z wykorzystaniem zależności VO_2 –HR maksymalny pobór tlenu nie jest dokładny. Nadto wiadomo, że maksymalna częstość skurczów serca obniża się wraz z wiekiem. Dlatego też autorzy ci podali kilka ograniczeń (zamieszczonych poniżej), które wpływają na mniejszą dokładność pośredniej metody określania maksymalnego pobierania tlenu.

1. W niektórych przypadkach pobór tlenu przyrasta relatywnie bardziej niż częstość skurczów serca przy wysokiej intensywności pracy, co w konsekwencji może manifestować się tym, że maksymalny pobór tlenu wyznaczony ekstrapolacyjnie z częstości skurczów serca osiąganych przy obciążeniach submaksymalnych jest zbyt nisko oceniony (niedoszacowany).
2. Maksymalna częstość skurczów serca obniża się wraz z wiekiem i dlatego, w tych samych warunkach badań, możliwości krążeniowe starszych osób są przeszacowane w stosunku do młodszych, i w tym celu wprowadzono korektę wiekową obniżającą wyznaczoną ekstrapolacyjnie wielkość VO_{2max} .
3. W przypadku, gdy pobór tlenu przewidywany jest na podstawie wielkości wykonanej pracy, należy uwzględnić jej wydajność mechaniczną, której zmienność przy wysiłkach na cykloergometrze sięga $\pm 6\%$.
4. Przy obciążeniach submaksymalnych liniowa współzależność poboru tlenu i pojemności minutowej serca jest zachowana, natomiast przy pracy maksymalnej pojawiają się istotne różnice w tej liniowej współzależności. Tak np. przy tym samym poborze tlenu, częstość skurczów serca w poszczególnych dniach może się różnić do 5 uderzeń/minutę.

Tą dobrze dokumentowaną zależność liniowego przyrostu poboru tlenu i rozwijanej mocy mechanicznej opisywali Astrand i Rodahl [8], Wilmore i Costill [138], Brooks i wsp. [35], a Żołądź i wsp. [145, 146, 147] zauważyli, że podczas pracy o wzrastającej intensywności punkt przekroczenia jej intensywności, przy której rozpoczyna się akumulacja mleczanu (próg mleczanowy), jest również obciążeniem, od którego rozpoczyna się nieproporcjonalny przyrost poboru tlenu przez organizm. Od tego obciążenia rozpoczyna się również spadek mechanicznej wydajności pracy. Właśnie ten większy przyrost poboru tlenu przy wyższych obciążeniach pracą może, według Żołądźa i wsp. [148], być przyczyną błędu w oznaczaniu poboru tlenu (metodą pośrednią z wykorzystaniem zależności VO_2 –HR) sięgającego 16–20%. Istota tego zjawiska pozostaje jednakże nieznana.

Aby dokonać kompleksowej oceny wydolności tlenowej sportowca, należy, oprócz wartości maksymalnego pobierania tlenu (VO_{2max}) będącej wskaźnikiem maksymalnej mocy aerobowej, prześledzić również wskaźniki intensywności

pracy i metabolizmu rejestrowane na **poziomie progu tlenowego (LT) oraz beztlenowego (AT)**. Wyznaczenie obydwu progów stanowi określenie udziału matabolizmu tlenowego i beztlenowego w danym wysiłku fizycznym. Wyznaczenie progu tlenowego jest jedną z podstawowych metod diagnostycznych, stosowanych w ocenie tej składowej wydolności fizycznej sportowców w warunkach laboratoryjnych [37]. Wysiłek, którego intensywność nie przekracza poziomu LT, jest definiowany jako regeneracyjny. Po przekroczeniu intensywności wysiłku wynoszącej około 40% VO_{2max} dają się zauważyć pierwsze, początkowo niewielkie, zmiany stężenia mleczanu we krwi, świadczące o włączeniu się przemian beztlenowych w procesy energetycznego zabezpieczenia pracującego organizmu. Powyższy moment określony został mianem progu tlenowego, przy którym stężenie mleczanu wynosi 2 mmol/l [86]. Przekroczenie progu LT, któremu towarzyszy stały, powolny przyrost stężenia mleczanu we krwi, łączy się ze wzrostem znaczenia glikogenu mięśniowego w resyntezie ATP podczas pracy. W wyznaczeniu intensywności odpowiadającej LT można oprzeć na trzech parametrach [52]:

- dynamice stężenia mleczanu we krwi;
- stosunku wentylacji minutowej (VE , l/min) do pobierania tlenu (VO_2 l/min);
- stosunku stężenia mleczanu we krwi (LA , mmol/l) do pobierania tlenu (VO_2 , ml/kg/min).

Kolejnym istotnym wyznacznikiem oceny sprawności metabolizmu tlenowego jest **próg przemian beztlenowych (AT)**. Przy intensywności bliskiej 70–80% VO_{2max} (dla osób wytrenowanych), gdy tempo eliminacji mleczanu nie nadąża za tempem jego powstawania, dochodzi do jego akumulacji, czego dowodem jest gwałtowny wzrost stężenia tego metabolitu we krwi. Ustalono [67, 96], iż maksymalny poziom równowagi pomiędzy wytwarzaniem i eliminacją mleczanu występuje średnio przy stężeniu wynoszącym 4 mmol/l, stąd też tą wartość uważa się za kryterium progu beztlenowego, nazywanego również „początkiem akumulacji mleczanu we krwi” (OBLA onset blood lactate accumulation) [96, 119]. Koncepcja progu na poziomie 4 mmol/l opiera się na założeniu, że każdy wysiłek, przy którym już osiągnięte jest to stężenie mleczanu, powoduje dalszy przyrost jego stężenia we krwi [97]. Współcześnie koncepcja ta spotyka się z coraz większą krytyką. Wielu zawodników toleruje długotrwały wysiłek na poziomie mleczanu 5–6 mmol/l [29]. Pomimo przedłużenia czasu pracy przy takiej intensywności nie obserwuje się wzrostu stężenia mleczanu, który jest podstawą koncepcji progu na poziomie 4 mmol/l. Tym samym założenie, że jest to intensywność powyżej której zawsze następuje wzrost stężenia mleczanu, nie uzyskuje w każdym przypadku potwierdzenia. Próby praktycznego wykorzystania progu beztlenowego jako wskaźnika doboru intensywności obciążeń treningowych zaowocowały z kolei, opracowaniem szeregu metod wyznaczania „in-

dywidualnego progu beztlenowego” (IAT individual anaerobic threshold) [82, 122] uwzględniającego osobnicze zróżnicowania składu włókien mięśniowych oraz aktualnej adaptacji metabolicznej. W tym przypadku próg beztlenowy wyznaczany jest nie przy standardowym stężeniu mleczanu we krwi na poziomie 4 mmol/l, ale przy stężeniu tego metabolitu, odpowiadającej rzeczywistemu poziomowi równowagi mleczanowej [86]. W ciągu ostatnich kilku lat, zwłaszcza w doborze obciążeń treningowych, bardzo pomocne stało się określenie wskaźnika stanu maksymalnej równowagi mleczanowej (MLSS maximal lactate steady state) [25, 26, 27, 28, 29, 62], który wyznacza górną wartość stężenia mleczanu we krwi podczas wysiłków o stałej intensywności, gdy zachowana jest równowaga pomiędzy jego produkcją i utylizacją [66, 67]. Wyznaczając próg AT, można uczynić to, rejestrując dynamikę zmian stężenia mleczanu we krwi, dynamikę wydalania CO₂ z organizmu, czy zmiany wentylacji minutowej płuc w wysiłku o narastającej intensywności [97]. Dostępność tych metod jest ograniczona, a sama procedura wymaga specjalistycznej aparatury i obsługi laboratoryjnej. W praktyce treningu sportowego, szczególnie w sporcie młodzieżowym, stosowane są metody pośrednie, w których wykonaniu wymagania sprzętowe są minimalne. Jednym z testów pośrednich wyznaczania progu AT jest **test Conconiego** [51], którego przeprowadzenie wymaga jedynie stopera i monitora częstości skurczów serca. Metoda ta opiera się na wyznaczeniu zależności między częstością skurczów serca (HR) i prędkością poruszania się na obiekcie treningowym lub startowym. Istota testu opiera się na wzroście HR odpowiadającym wzrostowi intensywności wysiłku. W pierwszej fazie wzrostu intensywności obserwowany jest liniowy przyrost HR. Punkt załamania liniowego przyrostu HR (deflection point) odpowiada, zgodnie z założeniem testu Conconiego, wartości progowej AT [51]. Test ten można także wykonywać na cykloergometrze.

Podczas testów pomiaru **wydolności anaerobowej (beztlenowej)** ATP resynteżowane jest w przemianach beztlenowych, z hydrolizy fosfokreatyny CP i wewnątrzmięśniowych zapasów glikogenu oraz glukozy przenikającej z krwi do komórek mięśniowych [34, 90]. Brak możliwości określenia maksymalnej ilości ATP, resynteżowanego podczas procesów beztlenowych, jest podstawowym mankamentem oceny poziomu wydolności anaerobowej sportowca [136]. W celu uzyskania dokładnej oceny procesów metabolicznych zachodzących w mięśniach pracujących w warunkach beztlenowych można się posłużyć wielkością **długu tlenowego** [14, 21, 63, 101]. Jednak metoda ta obarczona jest błędem związanym z przeszacowaniem udziału przemian beztlenowych, wynikającym z wielu czynników związanych ze „spłatą” tegoż długu, takich jak, podwyższoną podczas wysiłków fizycznych temperaturą czy podwyższonym w tych warunkach stężeniem: wolnych kwasów tłuszczowych, kortyzolu, hormonu wzrostu, katecholamin we krwi [69, 101]. Pomiaru długu tlenowego są w ostat-

nich latach uzupełniane pomiarem skumulowanego deficytu tlenowego, który polega na obliczeniu różnicy pomiędzy kumulowanym zapotrzebowaniem na tlen, a kumulowanym pobieraniem tlenu podczas supramaksymalnego wysiłku fizycznego [63, 90, 101]. W praktyce sportowej, szerokie zastosowanie zyskało określenie **kinetyki koncentracji mleczanu we krwi**, jako że określenie stężenia tego metabolitu podczas wysiłku jest nieodzownym warunkiem oceny zabezpieczenia energetycznego w warunkach niedoboru tlenu [66, 87, 139]. Równocześnie z oceną stężenia mleczanu możemy określać stężenie hemoglobiny i glukozy w analizowanej krwi. W sumie pozwala to na pełniejszą i bardziej wiarygodną ocenę wysiłkowych możliwości sportowca, a także, przy systematycznych pomiarach, na obserwację tempa i kierunku zmian tych możliwości [30, 75]. Mercier i wsp. [102] udowodnili eksperymentalnie istotny wzrost stężenia mleczanu po wysiłku z maksymalną mocą w czasie nieprzekraczającym 10 sekund. Powyższe badania wskazują, że praca fizyczna o wysokiej intensywności, wykonywana w tak krótkim czasie, wywołuje nasilenie procesu glikolizy beztlenowej. Astrand i wsp. [9] dodają jednak, że o ile nie jest znana ogólna objętość krwi, do której dyfunduje kwas mlekowy, o tyle poziom mleczanu we krwi nie daje pełnego obrazu jego koncentracji w mięśniach. Ci sami autorzy sugerują zastosowanie metody histologicznej do oceny intensywności procesów metabolicznych zachodzących w mięśniach pracujących w warunkach beztlenowych, jednakże w praktyce sportowej nie zyskała ona szerokiego zastosowania (wymaga przeprowadzenia biopsji mięśniowej). Wielu autorów m.in. Skinner, Morgan [120], Jaruzny [79], Wołkow [143, 144] uważają czas pracy i wielkość obciążenia organizmu za rzetelne parametry wydolności beztlenowej. Powyższe założenie stanowi kryterium podziału testów oceniających wydolność beztlenową na **testy, o czasie pracy do 10 sekund** oceniające maksymalną moc beztlenową [89] oraz **testy, w których czas pracy wynosi od 30 do 120 sekund**, oceniające pojemność beztlenową [77, 128]. McDougall i wsp. [99] dokonali podziału testów laboratoryjnych stosowanych w ocenie wydolności beztlenowej na trzy grupy: testy o krótkim, średnim i długim czasie trwania. Przegląd testów wykonywanych z supramaksymalną intensywnością, zaklasyfikowanych do powyższych trzech grup, przedstawiono w tabelach 1 i 2.

Tabela 1. Wybrane testy laboratoryjne oceny wydolności beztlenowej krótkiego czasu

Test	Czas pracy (s) ww pracyw (s)	Forma ruchu	Autor
Pojedynczy wyskok w górę	1	wyskok w górę	[118]
Wielokrotny wyskok w górę	15	wyskok w górę	[89]
Test 5-ciu skoków	5–10	pięć kolejnych skoków z pozycji stojącej ze złączonymi stopami	[109]

Test	Czas pracy (s) ww pracyw (s)	Forma ruchu	Autor
Praca w warunkach izokinetycznych	10	zależnie od badanej grupy mięśniowej	[118]
Test Margarii	3–5	bieg po schodach o kącie nachylenia 40–50° z max. prędkością	[98]
Test Kalamena-Margarii	3–5	bieg 6 m + bieg po 9 stopniach o wysokości 17–18 cm stawiając stopę na 3, 6 i 9 stopniu	[80]
Test 10-sekundowy Quebec	10	praca na cykloergometrze	[120]
Test Wingate	5	praca na cykloergometrze	[78]

Tabela 2. Wybrane testy oceny wydolności beztlenowej średniego i długiego czasu

Test	Czas pracy (s)	Forma ruchu	Autor
Test Wingate	30	praca na cykloergometrze	[24]
Test De Bryn-Prevost	30–60	praca na cykloergometrze	[57]
Test Quebec	90	praca na cykloergometrze	[120]
Test 60-sekundowy	60	praca na cykloergometrze	[128]
Bieg na bieżni ruchomej	30	bieg na bieżni ruchomej	[48]
60-sekundowy test wysoków pionowych – Bosco	60	wyskok pionowy, praca na platformie tensometrycznej	[31]
Test ASCM	90	bieg na bieżni ruchomej	[5]
Test 120-sekundowy	120	praca na cykloergometrze	[83]
Test Tesche'a	60–120	praca na cykloergometrze	[129]
Test zaproponowany przez Chethama i Williamsa	30	bieg na bieżni ruchomej	[49]
Test zaproponowany przez Emmericha	60	praca na cykloergometrze	[60]

Jednym z najpopularniejszych wśród wymienionych testów jest zaproponowany przez Bar-Or [24] **Wingate test**, czyli 30-sekundowy wysiłek wykonywany kończynami dolnymi z supramaksymalną intensywnością na cykloergometrze. Opór stawiany przez przyrząd dobiera się indywidualnie dla każdego badanego w zależności od masy ciała. Celem maksymalnego rozwinięcia mocy Dotan i Bar-Or [55] na drodze eksperymentalnej doszli do wniosku, że uzyskuje się to przy pracy $5,13 \text{ J obrót}^{-1} \text{ kg}^{-1}$ dla nóg w grupie mężczyzn, co na cykloergometrze „Monark” odpowiada wartości $0,0872 \text{ kp}^{-1} \text{ kg}^{-1}$ zadawanego obciążenia. Podczas jednej próby wysiłkowej, przeprowadzanej zgodnie z tym protokołem, istnieje możliwość oceny maksymalnej mocy mechanicznej, pojemności beztlenowej jako sumy pracy wykonanej w ciągu całego testu oraz wskaźnika zmęczenia przy rejestracji stężenia mleczanu we krwi. Parametrami uzupełniającymi są: moc średnia oraz czas uzyskania i czas utrzymania mocy maksymalnej. Wygodniej dla celów porównawczych jest wyrażać zmienne mechaniczne otrzymana-

ne w tym teście w jednostkach względnych, wyrażając je w odniesieniu do masy ciała. Niezbędnym oprzyrządowaniem do przeprowadzenia testu Wingate jest: cykloergometr, zestaw czujników elektromagnetycznych i magnesów służących do rejestracji czasu i ilości obrotów zależnie od wersji oprogramowania komputerowego na pedałach lub na kole ergometru i obudowie. Obecnie stosuje się nowoczesne programy pozwalające na obserwację w systemie on-line zmian dynamiki mocy podczas wysiłku np.: programy serii MCE [123] czy użycie w tym celu cykloergometru nowoczesnej generacji, jakim jest Cyclus 2 firmy RBM – Elektronik (Niemcy). Średnie wartości mocy piłkarzy nożnych zmierzone za pomocą Wingate testu mieściły się w granicach 637–841 W, natomiast najwyższe w przedziale 868–1273 W, tj. 13 W/kg [33, 56].

Testy zaprojektowane do oszacowania specyficznych zdolności motorycznych i koordynacyjnych wśród piłkarzy nożnych przeprowadzane są na boisku piłkarskim, a ich charakter i formę wykonania odzwierciedlają wysiłki meczowe. Stanowią one ważną grupę sprawdzianów stanu wytrenowania piłkarza nożnego [19, 22, 106]. Ponieważ próba testowa odbywa się na otwartej przestrzeni, na jej wyniki mogą mieć wpływ warunki pogodowe i stan nawierzchni boiska. Powtarzając testy, należy dążyć do tego, by warunki były takie same lub podobne. Jednym z bardziej popularnych testów boiskowych jest stosowany **wytrzymałościowy test przerywany** zaproponowany przez Bangsbo (The Bangsbo Intermittent Field Test) [17, 18, 19, 20]. Test ten został opracowany specjalnie dla oceny wytrzymałości piłkarzy, zawiera ćwiczenia ułożone w kombinację, które odwzorowują przerywany charakter aktywności piłkarskiej. Jest rutynowo używany do oszacowania VO_{2max} , gdyż jest łatwy do przeprowadzenia i wykonania przez piłkarzy, a charakterem wysiłku naśladuje okresy gry z wysoką intensywnością podczas meczu [17, 18, 19, 20, 22, 105, 114]. Test składa się z czterdziestu 15-sekundowych okresów biegu z wysoką prędkością oraz trzydziestu dziewięciu 10-sekundowych interwałów czasowych przebieganych truchtem. Zawodnicy biegają po specjalnie przygotowanej trasie ustawionej pomiędzy polami karnymi boiska piłkarskiego, której długość wynosi 160 metrów. Wynik testu wyrażony jest ilością przebiegniętych przez piłkarza metrów, sumowanych podczas czterdziestu odcinków biegu z wysoką prędkością [18, 19, 20, 22].

Ostatnio opracowano dwa kolejne testy specjalne dla piłkarzy: przerywany test wytrzymałości Yo-Yo (Yo-Yo Intermittent Endurance Test) i przerywany test odnowy Yo-Yo (Yo-Yo Intermittent Recovery Test) [20]. Polegają one na wykonaniu powtórzeniowych 20-metrowych biegów, przedzielonych krótkimi przerwami odpoczynkowymi w formie truchtu. Czas pokonania odcinków biegowych jest stopniowo skracany i dyktowany sygnałem z taśmy magnetofonowej. Zadaniem testowanego jest pokonanie jak największej liczby odcinków. Test kończy się, jeśli piłkarz nie jest w stanie utrzymać wymaganej prędkości biegu.

Przerywany test wytrzymałości Yo-Yo ocenia zdolność piłkarza do wykonania powtarzanych, intensywnych wysiłków, które mogą sprawiać piłkarzom wiele trudności, zwłaszcza w końcowej części meczu. Podczas wykonywania testu zawodnicy korzystają z 5-sekundowego odpoczynku po każdym biegu, a ogólny jego czas wykonania waha się od 10 do 20 minut. Drugi test, czyli przerywany test odnowy Yo-Yo, ma na celu ocenę zdolności piłkarza do odnowy po intensywnym wysiłku i jego zdolność podjęcia kolejnej intensywnej pracy. Jest to bardzo ważna cecha, która warunkuje możliwości podejmowania przez zawodnika intensywnych wysiłków podczas gry. Prędkość biegu jest wyższa niż w teście wytrzymałościowym, a okres truchtu wynosi 10 sekund. Ogólny czas testu waha się od 3 do 15 minut.

Obydwa testy posiadają wersje przeznaczone dla profesjonalistów i amatorów (poziom 1 i 2). Stølen i wsp. [124] sugerują, że aby dokonać racjonalnego porównania wyników uzyskiwanych w testach Yo-Yo z wielkością VO_{2max} badanych piłkarzy należy używać poziomu dla profesjonalistów. Krustup i wsp. [92] stwierdzili, że zawodnicy, u których zmierzono VO_{2max} powyżej 60 ml/kg/min, przebiegali więcej niż 2250 metrów w teście odnowy Yo-Yo. Testy te w większości przypadków zyskały przychylną ocenę wśród trenerów i fizjologów zajmujących się testowaniem piłkarzy nożnych [44, 91, 92, 117] i są wykorzystywane w tego rodzaju badaniach. Jednakże niektórzy autorzy podważają skuteczność tych prób, zwłaszcza stosowanych u zawodników nieprofesjonalnych [43].

Kolejnym testem służącym do oceny wielkości VO_{2max} jest **wielostopniowy wahadłowy test biegowy (Multistage Shuttle Run Test)**, zwany również **ciągłym wielostopniowym testem sprawności (Continuous Multistage Fitness Test)** [32, 124]. Wykonując go, piłkarze biegają tam i z powrotem 20-metrowe odcinki pomiędzy dwiema liniami, ze wzrastającą prędkością. Intensywność wysiłku podczas testu jest kontrolowana za pomocą sygnałów nagranych na taśmie magnetofonowej, a po każdej minucie czas pomiędzy sygnałami staje się krótszy. Prędkość na początku testu wynosi około 8,5 km/h [32] i wzrasta o 0,5 km/h co minutę. Oszacowana wielkość VO_{2max} przy użyciu **wielostopniowego wahadłowego testu biegowego** może różnić się w granicach $\pm 15\%$, w porównaniu z badaniami laboratoryjnymi wykonanymi na bieżni elektrycznej [9]. Dlatego niektórzy autorzy sugerują, aby wyniki tego testu były wyrażone łączną długością pokonanego dystansu, a nie wielkością VO_{2max} [124].

Jednym z najbardziej nowoczesnych i wiarygodnych testów, skutecznie oceniających wydolność tlenową piłkarzy, jest zaproponowany przez Hoffa i wsp. [72] **test wydolności tlenowej z piłką (Aerobic Testing with The Ball)** tzw. **Hoff Test**. Trasa testu składa się z 290-metrowego okrążenia, które zawodnik pokonuje z piłką, wykonując następujące elementy gry piłkarskiej: drybling, przeskoki przez płotek, zmiany tempa biegu (przyspieszenia i zwolnienia), zwro-

ty oraz bieg tyłem. Czas trwania testu wynosi 10 minut, podczas których zawodnik musi pokonać jak największą liczbę okrążeń. Zawodnicy profesjonalni powinni uzyskać w teście Hoffa wynik powyżej 2100 metrów [124]. Osiągane wyniki testu wysoko korelują z VO_{2max} , a poprawę tych wyników można tłumaczyć jako poprawę VO_{2max} [47]. Kemi i wsp. [81] przeanalizowali wielkości VO_{2max} podczas testu Hoffa z piłką i stwierdzili, że wielkość tego parametru nie różniła się znacząco od wartości uzyskanych na bieżni elektrycznej, a różnice sięgały 4,8%. W badaniach Kemiego i wsp. [81] intensywność biegu wzrasta stopniowo, aż do wartości około 95% HR_{max} , i jest utrzymywana przez trzy minuty na tym poziomie. Następnie zawodnicy zwiększają prędkość biegu do intensywności, która prowadzi do wyczerpania organizmu.

Niezwykle ważnym elementem gry meczowej są wysiłki wykonywane z maksymalną szybkością biegową. Pomimo, że ogólny czas akcji sprinterskich podejmowanych przez piłkarza w czasie meczu nie przekracza jednej minuty, są one niezbędne i niekiedy mogą rozstrzygnąć o wyniku meczu [20]. Valquer [131] twierdzi, że 96% sprintów podczas meczu jest odcinkami krótszymi niż 30 metrów, a 49% z nich krótszymi niż 10 metrów. Na tej podstawie wielu autorów analizuje czas pracy piłkarzy na 10-, 20- lub 30-metrowych odcinkach sprinterskich [45, 50, 88, 110, 140]. Jednak Bangsbo [20] uważa, że odcinki te wynoszą około 40 metrów i obfitują w liczne zmiany kierunków biegu. W związku z tym opracował on **piłkarski test sprinterski (Bangsbo Soccer Sprint Test)** [17, 20], który składa się z siedmiu odcinków biegowych, każdy przedzielony 25-sekundowym truchtem. Czasy uzyskane przez zawodnika na siedmiu odcinkach sprinterskich mogą być wykorzystane do ustalenia trzech zmiennych: 1) najlepszego czasu biegu, 2) średniego czasu biegu, 3) wskaźnika zmęczenia, tj. różnicy między czasem najkrótszym i najdłuższym.

Testem oceniającym jednocześnie szybkość, moc oraz koordynację, i służącym do mierzenia anaerobowych komponent wydolności fizycznej, jest **10-metrowy wahadłowy test biegowy (10m Shuttle Test)** [140]. Próba składa się z jednego 10-metrowego odcinka biegowego pokonywanego wahadłowo, w jak najkrótszym czasie. Test ten wysoko koreluje z takimi wskaźnikami mocy jak wyskok pionowy w górę [140].

Moc oraz skoczność można zmierzyć za pomocą **wysokoku pionowego (Vertical Jump Test)** w górę, przy użyciu specjalnej przenośnej tablicy [124], lub **testu pięciu kolejnych skoków (5-Jump Test)** z pozycji stojącej ze złączonymi stopami [109]. W tym pierwszym teście ćwiczący ustawiony na specjalnej platformie, służącej do odczytania wysokości wyskoku, wykonuje ruch kontrujący w przeciwnym kierunku zejścia do przysiadu, po czym wyskakuje jak najwyżej w górę [107]. Arnason i wsp. [7] opisuje bliską zależność pomiędzy wynikami tego testu, a osiągnięciami poszczególnych drużyn piłki nożnej w rozgrywkach

ligowych. Z kolei test 5-ciu skoków jest łatwy do przeprowadzenia i, według Stølena i wsp. [124], skutecznie ocenia moc zawodników. Zarówno Stølen i wsp. [124], jak i Chamari i wsp. [46] opisują istotną korelację testu 5-ciu skoków z testem wyskoku pionowego w górę.

Do określenia umiejętności technicznych z piłką wśród piłkarzy nożnych Ali i wsp. [4] zastosowali dwa specyficzne testy piłkarskie, tzw. **piłkarski test podań (Loughborough Soccer Passing Test)** i **piłkarski test strzałów (Loughborough Soccer Shooting Test)**. Pierwszy polega na wykonaniu 16-tu celnych podań w jak najkrótszym czasie, natomiast w drugim, zawodnik musi podać piłkę, przyjąc dowolnym sposobem i strzelić do pełnowymiarowej bramki 10 razy. Prędkość lotu piłki po oddanym strzale wynosiła 80 km/h wśród profesjonalistów i 74 km/h wśród amatorów [4]. Gołaszewski [65] do mierzenia umiejętności technicznych piłkarzy opisuje następujące sprawdziany:

- **test uderzenia piłki** – próba polega na 20-krotnym uderzeniu piłki o ścianę z odległości 5 metrów dowolną nogą i dowolną częścią stopy, z przyjęciem piłki lub bez. Wynik próby stanowi czas uzyskany od momentu pierwszego uderzenia do przekroczenia przez piłkę linii „pięciu metrów” po ostatnim uderzeniu,
- **test żonglerki** – podczas wykonania którego, na sygnał, w kole o promieniu 1,5, metra podnosząc piłkę stopą z podłoża, zawodnik wykonuje żonglerkę w czasie 30 sekund. Ocenia się maksymalną liczbę podbić piłki stopą, udem, głową, przy czym jako kolejne liczy się uderzenie inną częścią ciała lub stopą lewą i prawą na zmianę,
- **test kompleksowej sprawności technicznej** – sprawdzian rozpoczyna się prawidłowym wyrzutem piłki z autu przez ćwiczącego, z odległości 8–10 metrów w kierunku ściany. Po odbiciu się od niej piłki, zawodnik przyjmuje ją dowolnym sposobem z półobrotom, wykonuje zwód pojedynczy oraz prowadzenie piłki prawą i lewą nogą wewnętrznym podbiciem między sześciorami chorągiewkami, następnie uderza piłkę wewnętrzną częścią stopy w kierunku ściany lub ławeczki. Po odbiciu piłki wykonuje strzał do bramki zewnętrznym podbiciem bez przyjęcia, a następnie zabiera piłkę z bramki, podnosi ją stopą z podłoża w kole o promieniu 1,8 metra, podbija na wysokość 2,5–3 metry i wykonuje uderzenie piłki głową w wyskoku z odbicia obunóż, w kierunku przeciwnej bramki. Następnie przyjmuje piłkę w biegu podeszwą i w szybkim tempie prowadzi ją lewą i prawą nogą prostym podbiciem na wprost bramki, i z odległości 10–12 metrów uderza piłkę prostym podbiciem tak, aby minęła ona linię bramkową w powietrzu. Ocenę próby stanowi technika wykonania poszczególnych elementów.

Znanym i popularnym testem sprawności technicznej piłkarza, jest opracowany przez J. Pachłę, J. Talagę i T. Ulatowskiego, test **INKF** [127], który składa się z:

- biegu na dystansie 30 metrów – ocena szybkości specjalnej,
- slalomu z prowadzeniem piłki – ocena prowadzenia piłki nogami,
- uderzenia piłki na odległość – ocena siły uderzenia nogą,
- pracy nóg w obronie – ocena tzw. zwrotności piłkarskiej,
- strzału do bramki – ocena celności strzału lewą i prawą nogą.

Przedstawiony zestaw metod oceny sprawności motorycznej i wydolnościowej piłkarza nożnego nie wyczerpuje omawianego zagadnienia. Wiele testów oraz prób wysiłkowych jest zbieżnych, a różnice dotyczą zazwyczaj struktury ruchu, czasu trwania poszczególnych obciążeń wysiłkowych, a także rodzaju parametru, na którym metoda bazuje podczas wyznaczania poszukiwanej wielkości. Trafny wybór metody diagnostycznej oraz rzetelne przeprowadzenie próby przez uczestników i prowadzącego badania są gwarantem uzyskania wiarygodnych rezultatów.

Podsumowanie

Charakterystyka bioenergetyczna wysiłku piłkarza nożnego jest ważna ze względu na wyjątkowo wysoką intensywność rozwijaną podczas gry. Istotne miejsce w tej charakterystyce przypada wysiłkom o charakterze beztlenowym, podczas których zawodnicy w różnych okresach gry poruszają się z bardzo wysoką intensywnością, czego konsekwencją jest produkcja mleczanu mogącego być przyczyną ograniczenia intensywności gry. W warunkach meczowych stężenie tego metabolitu sięga 10–11 mmol/l. Wydolność beztlenową mierzymy przy użyciu testów o czasie pracy do 10 sekund, oceniających maksymalną moc beztlenową, oraz testów, w których czas pracy wynosi od 30 do 120 sekund, oceniających pojemność beztlenową. Bazowe dla prowadzenia działań piłkarskich przez 90 minut są jednak wysiłki oparte na metabolizmie tlenowym, takie jak: stanie, marsz, czy trucht, kiedy następuje dyfuzja mleczanu z pracujących mięśni. Tę składową wydolności fizycznej najlepiej obrazują wielkość maksymalnego pobierania tlenu, czy wielkość obciążenia przy którym występują progi tlenowy i beztlenowy. Maksymalne pobieranie tlenu u czołowych piłkarzy nożnych kształtuje się na poziomie 65–70 ml/kg/min i współcześnie można je dokładnie mierzyć metodą bezpośrednią, tak w laboratorium, jak i w warunkach polowych. Pośrednia metoda określania tej zmiennej traci obecnie na znaczeniu, ze względu na jej niedokładności i coraz większą dokładność metody bezpośredniej. Stąd też energetyczny metabolizm wysiłkowy w tej dyscyplinie sportu określa się jako tlenowo-beztlenowy. W związku z tym, ważna jest ocena wydolności tlenowej i beztlenowej. Można tego dokonać w warunkach laboratoryjnych lub bezpośrednio na boisku piłkarskim, gdzie forma i charakter ruchu są

zbliżone do gry meczowej. Nie bez znaczenia, szczególnie dla trenerów, są wyniki tzw. testów polowych w których ocenia się poziom rozwoju specyficznych cech motorycznych, czy specjalnych umiejętności piłkarskich, obrazujących stan umiejętności technicznych zawodnika. Komercjalizacja tej dyscypliny sportu powoduje jej dynamiczny rozwój, wymuszając polepszenie jakości gry. Wiąże się to z poprawą wydolności fizycznej, dalszym rozwojem cech motorycznych, umiejętności technicznych i taktycznych. W ślad za tym czynione są poszukiwania metod kontroli przygotowania fizycznego i psychicznego piłkarza. Jest powszechnie wiadomym, że wysoko rozwinięta wydolność fizyczna piłkarza nożnego wpływa na precyzję jego zagrań technicznych oraz zwiększa możliwości taktyczne zespołu, a także obniża ilość kontuzji podczas kariery zawodniczej.

Summary

Evaluation Methods of Modern Soccer Player Physical Preparation

Soccer is a sport and social phenomenon which is trained by several millions of men and women and mass-media reports it to hundreds millions of spectators all over the world. Soccer has become a sport in which physical performance and special kind of training are critical to achieve success. Then in this paper we would like to characterize physical performance of soccer players, which in 80–90% is based on aerobic metabolism but only in 10–20% it is connected with anerobic one. In further part of article authors tried to describe these both components of physical performance. It was indicated the importance of maximal oxygen uptake determination by the direct way and it was to pay attention on problems when we use the indirect method. Usefullness of aerobic-anaerobic threshold, Conconi test and maximal oxygen debt in soccer was also reported. In a short table way several anaerobic tests was also shown.

In spite of importance of physical performance in the soccer, estimation of special field capacity of athletes should be arranged too. In order to control this part of soccer players condition authors described: Yo-Yo Intermittent Endurance Test, Yo-Yo Intermittent Recovery Test, Multistage Shuttle Test, Continuous Multistage Test, Aerobic Test with the ball, eg. Hoff Test, Bangsbo Soccer Sprint Test, 10 m Shuttle Test or Vertical Jump Test as well as 5 Jump Test. Moreover in order to estimation special soccer players skills the next tests were described: Loughborough Soccer Passing Test, Loughborough Soccer Shooting Test and several locally preparated tests. It was observed that good soccer players capacity improve technical and tactical aspects of game and is a good protective factors of sport injuries.

Key words: soccer, physical performance, laboratory tests, field tests.

Bibliografia

- [1] Agnevik G. (eds.), (1970): *Fotboll, Idrottsfysiologi, Rapport no. 7*. Trygg-Hansa, Stockholm.
- [2] Al-Hazzaa H.M., Almuzaini K.S., Al-Refae S.A., Sulaiman M.A., Dafterdar M.Y., Al-Ghamedi A., Al-Khuraiji KN. (2001): *Aerobic and anaerobic power characteristics of Saudi elite soccer players*. J. Sports Med. Phys. Fitness, 41 (1): 54–61.
- [3] Ali A., Farrally M. (1991): *Recording soccer players heart rates during matches*. J. Sports Sci., 9: 183–189.
- [4] Ali A., Williams C., Hulse M., Strudwick A., Reddin J., Howarth L., Eldred J., Hirst M., McGregor S. (2007): *Reliability and validity of two tests of soccer skill*. J Sports Sci., 25 (13): 1461–70.
- [5] American College of Sports Medicine. (1986): *Guidelines for exercise testing and prescription*. Lea and Fabiger Publ., Philadelphia.
- [6] Apor P. (1988): *Successful formulae for fitness training*. In: Reilly T., Lees A., Davids K., et al. editors, *Science and Football*. 95–107, E & FN Spon, London.
- [7] Arnason A., Sigurdsson S.B., Gudmundsson A., Holme I., Engebretsen L., Bahr R. (2004): *Physical fitness, injuries, and team performance in soccer*. Med. Sci. Sports Exerc., 36 (2): 278–85.
- [8] Astrand P.D., Rodahl K. (1986): *Tetbook of work physiology*. McGraw-Hill International Editions, New York – Toronto.
- [9] Astrand P.O., Rodahl K., Dahl H.A. (2003): *Textbook of work physiology: physiological bases of exercise*. Hum. Kin., Windsor (Canada).
- [10] Astrand P.O., Ryhming I. (1954): *A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work*. J. Appl. Physiol., 7: 218–221.
- [11] Balsom P.D., Ekblom B., Sjödén B. (1994): *Enhanced oxygen availability during high-intensity intermittent exercise decreases anaerobic metabolite concentration in blood*. Acta Physiol. Scan., 150: 455–456.
- [12] Balsom P.D., Gaitanos G.C., Ekblom B., Sjödén B. (1994): *Reduced oxygen availability during high-intensity intermittent exercise impairs performance*. Acta Physiol. Scan., 152: 279–285.
- [13] Balsom P.D., Seger J.Y., Ekblom B. (1991): *A physiological evaluation of high-intensity intermittent exercise*. Abstr. from the 2nd World Congress on Science and Football, 22–25, Veldhoven.
- [14] Bangsbo J. (1992a): *Is the O₂ deficit an accurate quantitative measure of the anaerobic energy production during intense exercise*. J. Appl. Physiol., 73: 1207–1208.

- [15] Bangsbo J. (1993): *The physiology of soccer*. Acta Physiol Scand., 619.
- [16] Bangsbo J. (1994a): *Energy demands in competitive soccer*. J. Sport Sci., 12: 5–12.
- [17] Bangsbo J. (1994b): *The physiology of soccer – with special reference to intense intermittent exercise*. Acta Physiol Scand Suppl., 619: 1–155.
- [18] Bangsbo J. (1994c): *Fitness training in football. A scientific approach*. Bagsvaerd, Denmark: Ho+Storm, 88–97.
- [19] Bangsbo J. (1995): *Tests de terrain pour footballeurs*. Actualites Sport et Medicine, 38: 3–8.
- [20] Bangsbo J., (1999): *Sprawność fizyczna piłkarza*. Warszawa, Biblioteka Trenera.
- [21] Bangsbo J., Gollnick P., Graham T. (1990): *Anaerobic energy production and O₂ deficit-debt relationship during exhaustive exercise in humans*. J. Physiol. Lond., 42: 539–559.
- [22] Bangsbo J., Lindquist F. (1992b): *Comparison of various exercise tests with endurance performance during soccer in professional players*. Int. J. Sports Med., 13: 125–32.
- [23] Bangsbo J., Nørregaard L., Thorsø F. (1991): *Activity profile of competition soccer*. Can J Sport Sci., 16 (2): 110–6.
- [24] Bar-Or O., Dotan R., Inbar O. (1977): *A 30-sec all-out ergometric test: It's variability and validity for anaerobic capacity*.
- [25] Beneke R. (1995): *Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing*. Med. and Sci. in Sports and Exercise, 27: 863–86.
- [26] Beneke R. et al. (1996b): *Maximal lactate steady-state during the second decade of age*. Med. and Sci. in Sports and Exercise, 28: 1474–1478.
- [27] Beneke R. et al. (1996c): *Maximal lactate steady-state in children*. Pediatric Exerc. Sci., 8: 328–336.
- [28] Beneke R., Hutler M., Leithauser R.M. (2000): *Maximal lactate steady-state independent of performance*. Med. and Sci. in Sports and Exercise, 32: 1135–1139.
- [29] Beneke R., Petelin von Duvillard S. (1996a): *Determination of maximal lactate steady state response in selected sports events*. Med. and Sci. in Sports and Exercise, 28: 241–246.
- [30] Bloomfield J. (eds.) (1992): *Textbook of science and medicine in sport*. Blackwell, Melbourne.
- [31] Bosco C., Luhtanen P., Komi P. (1983): *A simple method for measurement of mechanical power in jumping*. Eur. J. Appl. Physiol., 50: 273–282.
- [32] Brewer J, Ramsbottom R, Williams C. (1988): *Multistage fitness test*. National Coaching Foundation, Leeds.

- [33] Brewer J., Davis J.A. (1992): *A physiological comparison of English professional and semi-professional soccer players*. J. Sports Sci., 10: 146–147.
- [34] Brooks G., Fahey T. (1989): *Exercise physiology: human bioenergetics and its applications*. MacWillan Publ. Comp., New York.
- [35] Brooks G.A., Madsen K., Kiens B. & Richter E.A. (1996): *Effect of muscle acidity on muscle metabolism and fatigue during intense exercise in man*. J. of Physiol., (London) 495, 587–596.
- [36] Bunc V., Heller J., Procházka L. (1992): *Physiological characteristic of elite Czechoslovak footballers*. J. Sports Sci., 10, 149.
- [37] Bunc V., Heller J., Zdanowicz R. (1983): *Sposoby wyznaczania proggu przemian beztlenowych*. „Sport Wyczynowy”, 8–9/24–225: 14–18.
- [38] Bunc V., Psotta R. (2001): *Physiological profile of very young soccer players*. J. Sports Med. Phys. Fitness, 41 (3): 337–41.
- [39] Capranica L., Tessitore A., Guidetti L. et al. (2001): *Heart rate and match analysis in pre-pubescent soccer players*. J. Sports Sci., 19 (6): 379–384.
- [40] Carey D.G. (1997): *Comparative ability of four submaximal exercise test to predict changes in maximal oxygen uptake consequent to an aerobic training programme*. Biol. of Sport, 14: 135–144.
- [41] Casajus J.A. (2001): *Seasonal variation in fitness variables in professional soccer players*. J. Sports Med. Phys. Fitness, 41 (4): 463–469.
- [42] Castagna C., Belardinelli R., Impellizzeri F.M., Abt G.A., Coutts A.J., D’Ottavio S. (2007): *Cardiovascular responses during recreational 5-a-side indoor-soccer*. J. Sci. Med. Sport., 10 (2): 89–95.
- [43] Castagna C., Impellizzeri F.M., Belardinelli R., Abt G., Coutts A., Chamari K., D’Ottavio S. (2006a): *Cardiorespiratory responses to Yo-yo Intermittent Endurance Test in nonelite youth soccer players*. J Strength Cond Res., 20 (2): 326–30.
- [44] Castagna C., Impellizzeri F.M., Chamari K., Carlomagno D., Rampinini E. (2006b): *Aerobic fitness and yo-yo continuous and intermittent tests performances in soccer players: a correlation study*. J. Strength Cond. Res., 20 (2): 320–5.
- [45] Chamari K., Hachana Y., Ahmed Y.B., Galy O., Sghaier F., Chatard J.C., Hue O., Wisloff U. (2004): *Field and laboratory testing in young elite soccer players*. Br. J. Sports Med., 38 (2): 191–6.
- [46] Chamari K., Chaouachi A., Hambli M., Kaouech F., Wisloff U., Castagna C. (2008): *The Five-Jump Test for Distance as a Field Test to Assess Lower Limb Explosive Power in Soccer Players*. J. Strength Cond. Res. [Epub ahead of print].

- [47] Chamari K., Hachana Y., Kaouech F., Jeddi R., Moussa-Chamari I., Wisløff U. (2005): *Endurance training and testing with the ball in young elite soccer players*. Br. J. Sports Med., 39 (1): 24–8.
- [48] Cheatham M., Bobis L., Brooks S. (1986): *Human muscle metabolism during sprint running*. J. Appl. Physiol., 61: 54–60.
- [49] Cheatham M., Williams C. (1985): *Blood pH and blood lactate concentration following maximal treadmill sprinting in man*. J. Physiol., 361, 79 P.
- [50] Cometti G., Maffiuletti N.A., Pousson M., Chatard J.C., Maffulli N. (2001): *Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players*. Int. J. Sports Med., 22 (1): 45–51.
- [51] Conconi F., Ferrari M., Ziglio P., Droghetti P., Codeca L. (1982): *Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners*. J. Appl. Physiol., 52: 869–873.
- [52] Cooper K. (1982): *The aerobic program for total well-being*. Bantam Books, New York.
- [53] Cunningham D., Faulkner J. (1969): *The effect of training on aerobic and anaerobic metabolism during a short exhaustive run*. Med. Sci. Sports Exerc., 1: 65–69.
- [54] Dal Monte (1983): *The functional values on sport*. Firenze. Sansoni.
- [55] Dotan R., Bar-Or O. (1983): *Load optimization for the Wingate anaerobic test*. Eur. J. Appl. Physiol., 51, 409.
- [56] Davis J.A., Brewer J., Atkin D. (1992): *Pre-seasonal physiological characteristics of English first and second division soccer players*. J. Sports Sci., 10 (6): 541–547.
- [57] De Bryn-Prevost P. (1975): *Essai de mise au point d'une epreuve anaerobic sur bicyclette ergometrique*. Med. du Sport, 49: 202–206.
- [58] Ekblom B. (1986): *Applied physiology of soccer*. Sport Med., 3 (1): 50–60.
- [59] Ekblom B. (1994), *Handbook of Sports Medicine and Science. Football (soccer)*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, London.
- [60] Emmerich J. (1978): *Cykloergometryczny test oceny wydolności anaerobowej oraz niektóre fizjologiczno-biochemiczne aspekty wysiłków krótkotrwałych o maksymalnej intensywności*. Wyd. monograficzne AWF Kraków, 11.
- [61] Faina M., Gallozzi C., Lupo S. et al. (1988): *Definition of physiological profile of the soccer players*. In: Reilly T., Lees A., Davids K., et al. editors, *Science and Football*. 158–163, E & FN Spon, London.
- [62] Foster C. et al. (1995): *The bloodless lactate profile*. Med. and Sci. in Sports and Exercise, 27: 927–933.

- [63] Gastin P., Costill D., Lawson D. (1994): *Accumulated oxygen deficit during supramaximal, all out and constant intensity exercise*. Med. Sci. Sport Exerc., 27 (2): 255–263.
- [64] Gerisch G., Rutemöller E., Weber K. (1988): *Sportsmedical measurements of performance in soccer*. In: Reilly T., Lees A., Davids K., et al. (eds), *Science and Football*. 60–67, E & FN Spon, London.
- [65] Gołaszewski J. (2003): *Piłka nożna*. AWF Poznań.
- [66] Heck H. (1990): *Laktat in der Leistungsdiagnostik*. Schorndorf, Hofmann, 23–180.
- [67] Heck H. et al. (1985): *Justification of the 4-mmol/l lactate threshold*. Int. J. of Sports Med., 6: 117–130.
- [68] Helgerud J., Egen L.C., Wisloff U., Hoff J. (2001): *Aerobic endurance training improves soccer performance*. Med. Sci. Sports Exerc., 33 (11): 1925–31.
- [69] Hermansen L. (1971): *Muscle metabolism during exercise*. Plenum, New York.
- [70] Hermansen L., Stensvold I. (1972): *Production and removal of lactate during exercise in man*. Acta Physiol. Scand., 86 (2): 191–201.
- [71] Hermansen L., Vaage O. (1977): *Lactate disappearance and glycogen synthesis in human muscle after maximal exercise*. Am. J. Physiol., 233 (5): 422–429.
- [72] Hoff J., Wisloff U., Engen L.C., Kemi O.J., Helgerud J. (2002): *Soccer specific aerobic endurance training*. Br. J. Sports Med., 36 (3): 218–21.
- [73] Holmann W., Liesen H., Mader A. et al. (1981): *Zur Höchsten und Dauerleistungsfähigkeit der Deutschen Fussball-Spitzenpieler*. Dtsch. Z. Sportmed., 32: 113–120.
- [74] <http://www.fifa.com/worldfootball/bigcount/index.html>.
- [75] Hübner-Woźniak E., Lutosławska G. (2000): *Podstawy biochemii wysiłku fizycznego*. COS, Warszawa.
- [76] Impellizzeri F.M., Rampinini E., Coutts A.J., Sassi A., Marcora S.M. (2004): *Use of RPE-based training load in soccer*. Med. Sci. Sports Exerc., 36 (6): 1042–7.
- [77] Inbar O., Bar-Or O., Skinner J. (1996): *The Wingate anaerobic test*. Hum. Kinetics., Champaign IL.
- [78] James F. et al. (1980): *Response of normal children and young adults to controlled bicycle exercise*. Circulation, 61: 902–912.
- [79] Jaružny N.W. (1985): *Dynamika mechaniczskoj proizvoditelnosti i energeticeskow-wo obmiena u junoszej 17–18 liet pri kratkowriemiennoj myszcznoj rabotie predielnoj intensiwnosti*. Moskwa.

- [80] Katch J., Weltman A. (1979): *Interrelationship between anaerobic power output, anaerobic capacity and aerobic capacity and aerobic power*. *Ergonomics*, 22: 325–332.
- [81] Kemi O.J., Hoff J., Engen L.C. et al. (2003): *Soccer specific testing of maximal oxygen uptake*. *J. Sports Med. Phys. Fitness*; 43: 139–44
- [82] Keul J. et al (1979): *Bestimmung der individuellen anaeroben Schwelle zur Leistungsbewertung und Trainingsgestaltung*. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 7: 212–218.
- [83] Kinderman W., Keul J. (1977): *Anaerobe energiebereitstellung im Hochleistungssport*. Schondorf: Hoffman Verlag.
- [84] Klusiewicz A., Faff J. (2003): *Indirect methods of estimating maximal oxygen uptake on the rowing ergometer*. *Biol. of Sport*, 20: 181–194.
- [85] Klusiewicz A., Starczewska-Czapowska J., Leszczyńska J. (2006): *Przydatność Polar Fitness Testu w ocenie wydolności fizycznej wytrenowanych zawodników*. „Sport Wyczynowy”, 7–8: 499–500.
- [86] Klusiewicz A., Zdanowicz R. (2002): *Prób beztlenowy a stan maksymalnej równowagi mleczanowej – uwagi praktyczne*. „Sport Wyczynowy”, 1–2: 445–446.
- [87] Knowlton R., Ackerman K., Fitzgerald P. (1980): *Physiological and performance characteristics of United States championship class orienteers*. *Med. Sci. Sport Exerc.*, 12: 164–169.
- [88] Kollath E., Quade K. (1993): *Measurement of sprinting speed of professional and amateur soccer players*. In: Reilly T., Clarys J., Stibbe A. (eds), *Science and Football*. E & FN Spon, London, 31–36.
- [89] Komi P., Rusko H., Vos J. (1977): *Anaerobic performance capacity athletes*. *Acta Physiol. Scand.*, 100: 107–114.
- [90] Kozłowski S., Nazar K. (1999): *Wprowadzenie do fizjologii klinicznej*. PZWL, Warszawa.
- [91] Krstrup P., Mohr M., Steensberg A., Bencke J., Kjaer M., Bangsbo J. (2006): *Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance*. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 38 (6): 1165–74.
- [92] Krstrup P., Mohr M., Amstrup T., Rysgaard T., Johansen J., Steensberg A., Pedersen P.K., Bangsbo J. (2003): *The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity*. *Med Sci Sports Exerc.*, 35 (4): 697–705.
- [93] Leatt P., Shepard R.J., Plyley M.J. (1987): *Specific muscular development in under-18 soccer players*. *J. Sports Sci.*, 5 (2): 165–175.
- [94] Luthanen P., Rahkila P. (1989): *Physical fitness profile of Finnish national soccer team candidates*. *Sci. Fottball*, 2: 30–33.

- [95] MacRae H.S.H., Dennis S.C., Bosch A.N. et al. (1992): *Effects of training in lactate production and removal during progressive exercise in human*. J. Appl. Physiol., 72 (5): 1649–1656.
- [96] Mader A. et al. (1976): *Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor*. Sportarzt und Sportmedizin, 27: 80–88, 109–112.
- [97] Mader A., Heck H. (1986): *A theory of the metabolic origin of „aerobic threshold”*. Int. J. Sport Med., 72: 1649–1656.
- [98] Margaria R., Aghemo P., Rovelli E. (1966): *Measurement of muscular power (anaerobic) in man*. J. Appl. Physiol., 21: 1662–1664.
- [99] McDougall J., Wenger N., Green A. (1991): *Physiological testing of the high-performing athletes*. Hum. Kinetics, Champaign IL.
- [100] McMillan K., Helgerud J., Macdonald R., Hoff J. (2005): *Physiological adaptations to soccer specific endurance training in professional youth soccer players*. Br. J. Sports Med., 39 (5): 273–277.
- [101] Medbo J., Mohn A., Tabata I. (1988): *Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit*. J. Appl. Physiol., 64: 50–60.
- [102] Mercier J., Mercier B., Prefaut C. (1991): *Blood lactate increase during the force velocity exercise test*. Int. J. Sports Med., 12: 17–20.
- [103] Mohr M., Krstrup P., Bangsbo J. (2003): *Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue*. J. Sports Sci., 21 (7): 519–28.
- [104] Mohr M., Krstrup P., Nybo L. et al. (2004): *Muscle temperature and sprint performance during soccer matches: beneficial effects of re-warm-up at half time*. Scand. J. Med. Sci. Sports, 14 (3): 156–162.
- [105] Mujika I, Padilla S, Ibañez J, et al. (2000): *Creatine supplementation and sprint performance in soccer players*. Med. Sci. Sports Exerc., 32: 518–25.
- [106] Nicholas C.W., Nuttall F.E., Williams C. (2000): *The Loughborough intermittent shuttle test: a field test that simulates the activity of soccer*. J. Sports Sci., 18: 97–104.
- [107] Nowacki P.E., Cai D.Y., Buhl C. et al. (1988): *Biological performance of German soccer players (professional and junior) tested by special ergometry and treadmill methods*. In: Reilly T., Lees A., Davids K., et al. (eds), *Science and Football*. E & FN Spon, London, 145–157.
- [108] Ogushi T., Ohashi J., Nagahama H. et al. (1993): *Work intensity during soccer match-play*. In: Reilly T., Clarys J., Stibbe A. (eds), *Science and Football*. E & FN Spon, London, 121–123.
- [109] Paavolainen L., Häkkinen K., Hämaläinen I. et al. (1999): *Explosive strength training improve 5-km running time by improving running economy and muscle power*. J. Appl. Physiol., 86 (5): 1527–1533.

- [110] Psotta R., Blahus P., Cochrane D.J., Martin A.J. (2005): *The assessment of an intermittent high intensity running test*. J Sports Med Phys Fitness., 45 (3): 248–56.
- [111] Reilly T, Bangsbo J, Franks A. (2000): *Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer*. J. Sports Sci. 18: 669–83.
- [112] Reilly T. (1994): *Physiological profile of the player*. In: Ekblom B, ed. *Football (soccer)*. London: Blackwell, 78–95.
- [113] Reilly T., Thomas V. (1976): *A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play*. J. Hum. Mov. Stud., 2: 87–97.
- [114] Reilly T., Williams A.M., Nevill A., Franks A. (2000): *A multidisciplinary approach to talent identification in soccer*. J Sports Sci., 18 (9): 695–702.
- [115] Rienzi E., Drust B., Reilly T., Carter J.E., Martin. (2000): *Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite South American international soccer players*. J Sports Med Phys Fitness., 40 (2): 162–9.
- [116] Rohde H.C., Espersen T. (1988): *Work intensity during soccer match play*. In: Reilly T., Lees A., Davids K., et al. (eds), *Science and Football*. 68–75, E & FN Spon, London.
- [117] Rostgaard T., Iaia F.M., Simonsen D.S., Bangsbo J. (2008): *A test to evaluate the physical impact on technical performance in soccer*. J Strength Cond Res. 2008 Jan; 22 (1): 283–92.
- [118] Saris W., Noordeloos A., Ringhalda B., Van't Hof M., Binkhorst R. (1985): *Reference values for aerobic power of healthy 4–18 year Dutch children. Preliminary results*. In: Binkhorst R., Kemper H., Saris W., *Children and Exercise XI*. Hum. Kinetics, Champaign IL., 151–160.
- [119] Sjödin B. et al. (1982): *Changes in onset of blood lactate accumulation (OBLA) and muscle enzyme after training at OBLA*. Europ. J. of Appl. Physiol., 49: 45–57.
- [120] Skinner J., Morgan D. (1985): *Aspects of anaerobic performance*. In: Clarke D., Eckert H. (eds.), *Limits of human performance*. Hum. Kin., Champaign IL.
- [121] Smith M., Clarke G., Hale T. et al. (1993): *Blood lactate levels in college soccer players during match play*. In: Reilly T., Clarys J., Stibbe A. (eds), *Science and Football II*. 129–134, E & FN Spon, London.
- [122] Stegemann H., Kindermann W. (1981): *Bestimmung der individuellen anaeroben Schwelle bei unterschiedlich Ausdauertrainierten aufgrund des Verhaltens der Lactatkinetik während der Arbeits- und Erholungsphase*. Deutsche Zeits. für Sportmed., 1: 213–221.
- [123] Stevens G., Wilson B. (1986): *Aerobic contribution to the Wingate test*. Med. Sci. Sports Exerc., 18, 2.

- [124] Stølen T., Chamari K., Castagna C., Wisløff U. (2005): *Physiology of soccer: an update*. Sports Med., 35 (6): 501–36.
- [125] Strøyer J., Hansen L., Klausen K. (2004): *Physiological profile and activity pattern of young soccer players during match play*. Med. Sci. Sports Exerc., 36 (1): 168–74.
- [126] Svensson M., Drust B. (2005): *Testing soccer players*. J. Sports Sci., 23 (6): 601–618.
- [127] Talaga J. (1997b): *Trening piłki nożnej*. Biblioteka Trenera, RCMSzKFIS, Warszawa.
- [128] Tamayo M., Sucec A., Philips W., Buon M., Laubach L., Frey M. (1984): *The Wingate anaerobic test, peak blood lactate and maximal oxygen debt in elite volleyball players. A validation study*. Med. Sci. Sports Exerc., 16: 126.
- [129] Tesch P.A. (1980): *Muscle fatigue in man. With special reference to lactate accumulation during short term intense exercise*. Acta Physiol. Scand. Suppl., 480, 1.
- [130] Tomlin D.L., Wenger H.A. (2001): *The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise*. Sports Med., 31: 1–11.
- [131] Valquer W., Barros T.L., Sant'anna M. (1998). *High intensity motion pattern analyses of Brazilian elite soccer players*. In: Tavares F. (eds.), IV World Congress of National Analysis of Sport, Porto 23–27. Porto: FCDEF-UP, 1998, 80.
- [132] Van Gool., Van Gerven D., Boutmans J. (1988): *The physiological load imposed in soccer players during real match-play*. In: Reilly T., Lees A., Davids K., Murphy W.J. (eds), *Science and Football*. 51–59, E & FN Spon, London.
- [133] Vanderford M.L., Meyers M.C., Skelly W.A. et al. (2004): *Physiological-land sport – specific skill response of olympic youth soccer athletes*, J. Strength Cond. Res., 18 (2): 334–342.
- [134] Vanfraechem J.H.P., Tomas M. (1993): *Maximal aerobic power and ventilatory threshold of a top level soccer team*. In: Reilly T., Clarys J., Stibbe A. (eds), *Science and Football II*. 43–46, E & FN Spon, London.
- [135] Verstappen F., Bovens F. (1989): *Interval testing with football players at a laboratory*. Sci. Football, 2: 15–16.
- [136] Vodak P., Wilmore J. (1975): *Validity of the 6-minute jog walk and the 600-yard run-walk in estimating endurance capacity in boys 9–12 years of age*. Res. Q., 46: 230–234.
- [137] Weltman A. (1995): *The blood lactate response to exercise*. Hum. Kinetics, Champaign, IL.

- [138] Wilmore J.H., Costill D.L. (1994): *Physiology of Sport and Exercise*. pp. 110. Hum. Kinetics, Champaign IL.
- [139] Wilson B., Chislom D. (1993): *Total body maximal aerobic power in children as measured by Concept II rowing ergometer (abs.)*. *Pediatr. Exerc.*, 5: 487.
- [140] Wisløff U., Castagna C., Helgerud J., Jones R., Hoff J. (2004): *Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players*. *Br J Sports Med.*, 38 (3): 285–8.
- [141] Wisløff U., Helgerud J., Hoff J. (1998): *Strength and endurance of elite soccer players*. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 30 (3): 462–7.
- [142] Withers R.T., Maricic Z., Wasilewski S. et al. (1982): *Match analysis of Australian professional soccer players*. *J. Hum. Mov. Stud.*, 8: 159–176.
- [143] Wołkow N.I. (1986): *Zakonomiarnosti biochimizjeskoj adaptacji w procesje sportiwnoj trenirowki*. GCOLIFK, Moskwa.
- [144] Wołkow N.I., Karasiow A.W., Hosni M. (1995): *Teoria i praktika interwalnoj trenirowki w sportie*. WOLORSAD, Moskwa.
- [145] Żołądź J.A., Duda K., Majerczyk J. (1998a): *Oxygen uptake does not increase lineary at high power of incremental exercise*. *Eur. J. of Appl. Physiol.*, 77: 445–451.
- [146] Żołądź J.A., Rademaker A.C.H.J. & Sargent A.J. (1994), *Non-linear increase in oxygen uptake during progressive incremental exercise test in man*, *J. of Physiol.*, (London) 479 P, 92 P.
- [147] Żołądź J.A., Rademaker A.C.H.J., Sargent A.J. (1995): *Non-linear relationship between O₂ uptake and power output at hight intensities of exercise of humans*. *J. of Physiol.*, (London) 488: 211–217.
- [148] Żołądź J.A., Szkutnik Z., Majerczyk J., Duda K. (1998c): *Detection of the change point in oxygen uptake during an incremental exercise test using the recursive residuals: Relationship to the plasma lactate accumulation and blood acid base balance*. *Eur. J. of Appl. Physiol.*, 78: 369–377.