
Robert Dargiewicz

WYKORZYSTANIE FOTOKINEMATRII W OCENIE LOKOMOCJI PIŁKARZY NOŻNYCH PODCZAS MECZU

WSTĘP

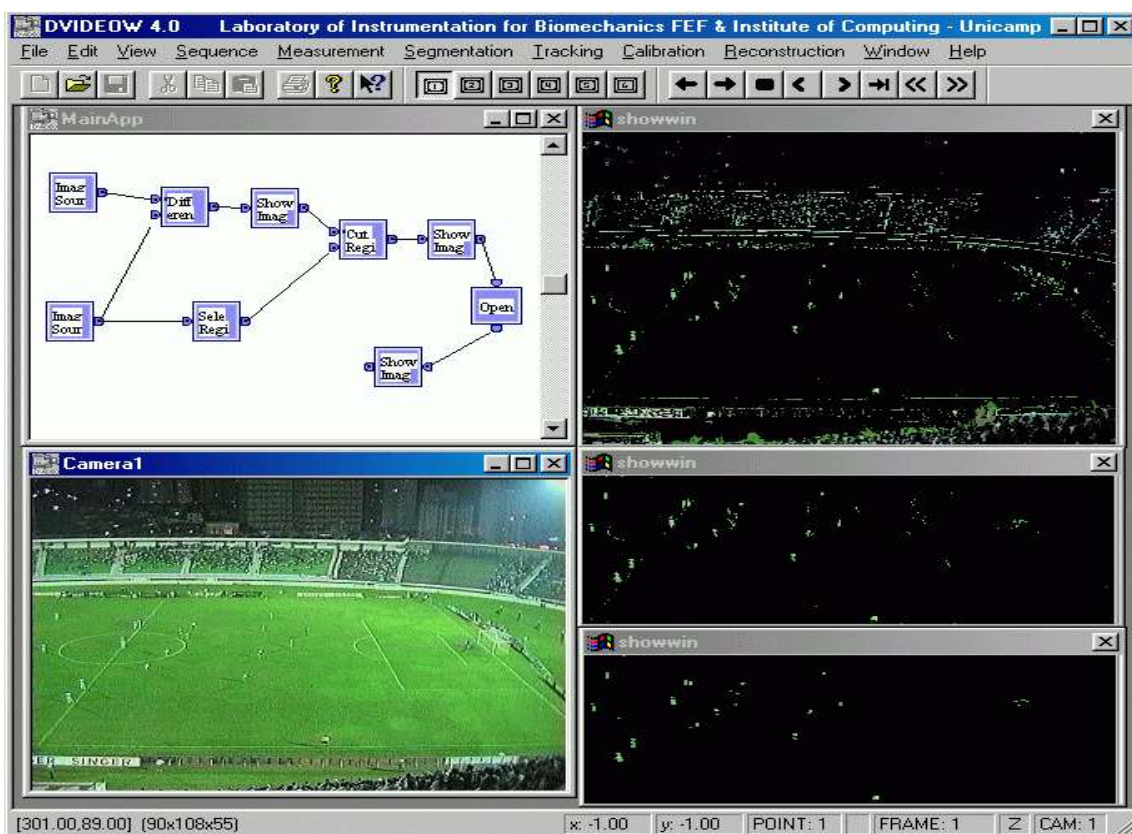
Wiele elementów składowych mistrzostwa sportowego w piłce nożnej, zarówno tych indywidualnych jak i zespołowych, stanowi o końcowym sukcesie i powodzeniu całego zespołu w meczu. Analizując genezę rozwiązań taktycznych przewijających się przez całokształt tej gry, zmiany przepisów oraz identyfikację treningu i walki właściwej, na końcu przyjętej strategii prowadzącej do zwycięstwa jest sam zawodnik. Poziom jego mistrzostwa warunkuje skuteczność realizacji założeń trenera. Pomijając pewne składowe, najważniejsze są możliwości kinematyczne (motoryczne). Z punktu widzenia teorii sportu zakres stosowanych obciążeń treningowych w procesie treningowym wpływa na zmiany wartości poziomu zdolności motorycznych. Następnie, poziom tych zdolności objawiony w monitorowanym meczu jest powodem modyfikacji treningu. To swoiste sprzężenie zwrotne powinno być rozbudowywane o dodatkową kontrolę zawodnika, np. somatyczną, sprawnościową, fizjologiczną, biomechaniczną, psychologiczną [Ważny,1996]. Sozański [1995] i Przybylski [1998], podkreślając istotę optymalizacji procesu treningowego, postulują o wdrożenie adekwatnych rozwiązań kontroli efektów potreningowych, przykładowo w postaci technologii zbierania i opracowywania danych o treningu.

Obserwacja i rejestracja działań ruchowych piłkarzy nożnych podczas meczu, czy też treningu jest nieodzownym elementem nowoczesnej kontroli procesu szkoleniowego [Sozański, 1995]. Umożliwia w dalszym procesie analiz pewną indywidualizację tegoż procesu [Czerwiński, 1994], [Przybylski, 1998]. Takie podejście jest koniecznością w dzisiejszym futbolu – piłkarze różnią się między sobą poziomem cech somatycznych, jak i poziomem wytrenowania na płaszczyźnie zdolności motorycznych. Obiektywne określenie przytoczonych wielkości stanowi podstawę – swoisty układ odniesienia dla oceny możliwości fizjologicznych, możliwości realizacji działań taktyczno-technicznych i innych sfer praktycznych z dziedziny nauk kultury fizycznej.

Obecnie niezbędnym narzędziem pracy trenera stają się urządzenia elektroniczne, [Kosmol, 1995], które umożliwiają proces obserwacji i rejestracji poczynań ruchowych

sportowców. Mówiąc o fotokinemetrii, mamy na myśli właśnie urządzenia elektroniczne, które rejestrują światło (foto), takie jak kamery wideo, czy nie tak dawno jeszcze kamery filmowe. Warto wspomnieć, że prekursorem zastosowania metod filmowych w badaniach ruchu już 1872 roku był E. Muybridge [Bouisset, 1992] i od 1982 roku J. Marey [Tosi, 1992]. Obecnie w dobie informatyzacji zarejestrowany kamerą wideo obraz jest poddawany komputerowej obróbce w celu dalszego określenia wielkości fizycznych opisujących ruch (fotokinemetrii)[Erdmann, 1987].

Przykładami potwierdzającymi istotę stosowania fotokinemetrii w ocenie lokomocyjnych możliwości zawodnika są m.in. opracowania dotyczące rejestracji i komputerowej analizy ruchu. Przykładowo naukowcy z Laboratory of Instrumentation for Biomechanics - LIB, wykorzystując system DVIDEOW zaprezentowali oprogramowanie umożliwiające automatyczne analizowanie ruchu człowieka. Za pomocą gotowych narzędzi zaimplementowanych w program użytkownik wizualnie konstruuje algorytm śledzenia poruszających się obiektów we wprowadzonej sekwencji wideo – ryc. 1.



Ryc.1. Okienko programu DVIDEOW 4.0. Widoczny w lewym górnym narożniku algorytm przetwarza poniższą sekwencję wideo, „wygaszając” tło i eliminując zakłócenia do momentu uzyskania wyłącznie poruszających się obiektów widocznych na fragmencie ryciny w prawym dolnym narożniku. :

Podobną technologicznie do systemu DVIDEOW metodę obróbki obrazu wideo przy wykorzystaniu techniki - GMM (Gaussian Mixture Models) wykorzystaną w piłce nożnej zaprezentowało Tokyo Research Laboratory (TRL). W tym przypadku modyfikacji wizualnej

ulegają wyłącznie poruszający się zawodnicy. Po cyfrowej obróbce materiału wyodrębniono z tła wyłącznie sylwetki samych sportowców i piłki – ryc. 2.

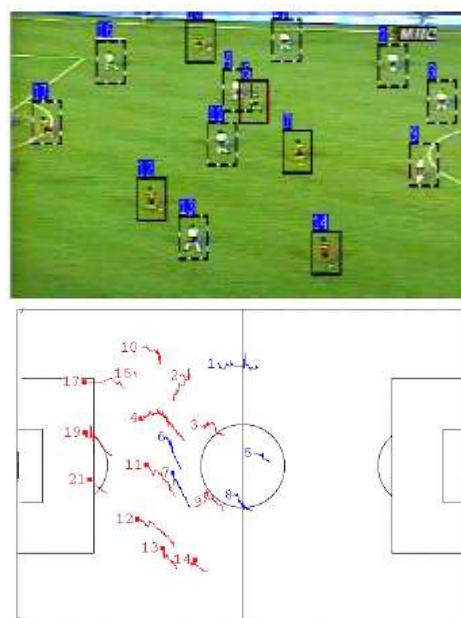


Ryc. 2. Przykład techniki – GMM w obróbce materiału wideo na przykładzie gry w piłkę nożną.

Vandenbroucke i wsp. [1997, 2000] z Université Des Sciences Et Technologies De Lille, przedstawili jeszcze doskonalszą metodę analizy ruchu piłkarzy nożnych. W ich sposobie uwzględniono m.in. segmentację obrazu, wykorzystanie techniki GMM oraz rozpoznanie tzw. kolorystyki obrazu. Umożliwiło to automatyczny podział na graczy konkretnych drużyn i prześledzenie trajektorii poruszania się całego ciała poszczególnych zawodników. System przetestowano także w komercyjnej wersji dla stacji telewizyjnych do prezentacji statystyk meczowych – ryc. 3 i 4.



Ryc. 3. Widok na ekranie monitora systemu SKY Sports Active do obserwacji i analizy ruchu w meczu Anglia - Niemcy.



Ryc. 4. Segmentacja obrazu na poruszających się zawodników obu drużyn w piłce nożnej i efekt analizy – wyznaczone trajektorie obserwowanych piłkarzy.

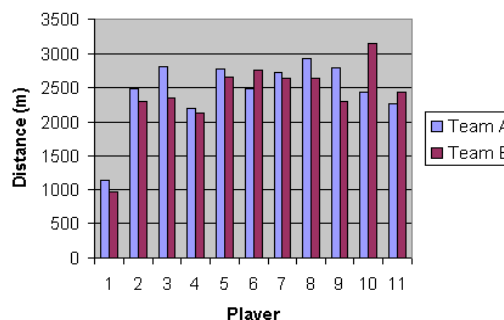
Zespół naukowców z Brazylii [Barros, 2001] wykorzystując wcześniej wspomnianą platformę analizy wideo DIVDEOW 4.0, przedstawił bardzo złożoną i precyzyjną technikę automatycznego śledzenia piłkarzy nożnych. Wykorzystali oni zaawansowane sposoby analizy obrazu z 4-ch równolegle pracujących kamer wideo (segmentacja obrazu) rejestrujących przebieg meczu piłki nożnej, które skutecznie zaimplementowali do wyznaczenia precyzyjnej kinematyki zawodników. Następnie połączone ze sobą cyfrowo zapis, w panoramiczny układ boiska (ryc. 5) umożliwił całościowe i zautomatyzowane przetworzenie danych w systemie komputerowym, przykładowo wykreślono trajektorię poruszania się określonych zawodników – ryc. 6. Efektem końcowym analizy są grafiki statystyczne (wykres 1) oraz animacyjna rekonstrukcja przebiegu gry – ryc. 7 i 8.



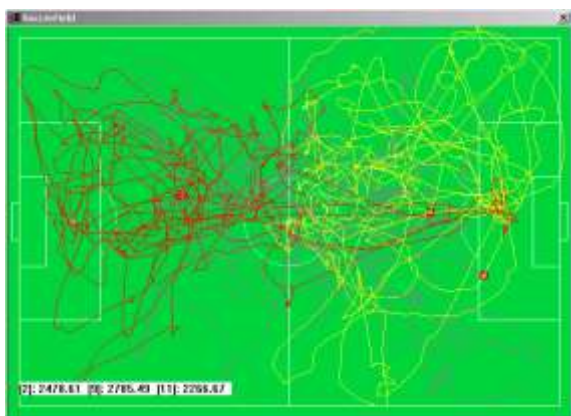
Ryc. 5. Panoramiczny układ boiska uzyskany z 4-ch równolegle filmujących kamer wideo.



Ryc. 6. Nakreślona trajektoria zawodników na rzeczywisty obraz gry.



Wykres 1. Pokonany dystans (w metrach) w przeciągu 22 minut meczu przez zawodników jednej i drugiej drużyny.



Ryc. 7. Okienko programu umożliwiającego wyświetlenie trajektorii poruszania się – widoczna droga 3 zawodników (obrońca, pomocnik i napastnik) podczas 22 minut meczu.



Ryc. 8. Okienko programu umożliwiającego rekonstrukcję przebiegu gry w animacji komputerowej - DEMO CD z meczu finałowego Bayern Leverkusen – Real Madryt

Również Polscy badacze ze środowiska gdańskiego zaprezentowali wersje komercyjnych opracowań – precyzyjnej rejestracji i analizy [Erdmann, 1995], czy oprogramowania [Kuzora, 1996] dotyczących gier zespołowych. W pierwszym przypadku dotyczy to "EMRA Systems" ("Erdmann Movements' Recordings, Analyses Systems"), drugim jest to "CAGE" ("Computer Aided Game Evaluation") oparty



Ryc. 9]]. Widok siatki kalibrującej nałożonej na boisko do hokeja na trawie w programie „Banal” (KONARSKI 2003).[15]

o program komputerowy "Banal" Kuzory [1996] wykorzystujący sposoby rejestracji i analizy zaproponowanych przez Erdmanna [1987]. Ten sposób rejestracji i analizy gier zespołowych został wykorzystany w ocenie gry zawodników piłki nożnej [Dargiewicz i Jastrzębski 1998] i hokeja na trawie – ryc. 9 [Konarski, 2000, 2003]. Metodę tę wykorzystano w realizacji celu niniejszego artykułu, dlatego szerzej opisano ją w rozdziale cel i metoda badań.

KONCEPCJA PODZIAŁU LOKOMOCJI PIŁKARZA NOŻNEGO

Na podstawie analizy literatury naukowej z zakresu piłki nożnej stwierdzono, iż na sposób poruszania się piłkarza w meczu wpływają m.in. czynniki środowiskowe, w szczególności te dotyczące przebiegu samej walki i wynikające z przepisów gry przerwy - piłka poza boiskiem, faule i wykonywanie stałych fragmentów gry, wprowadzenie zawodników rezerwowych. Kolejnym czynnikiem warunkującym intensywność wysiłku jest motoryczny poziom mistrzostwa sportowego, własny i przeciwnika, tzw. „zdolność do narzucania tempa gry”. Nadrzędnym czynnikiem w stosunku do pozostałych jest wiek zawodnika i przypisana mu kategoria wiekowa. Wszystkie wymienione elementy wpływają na czas trwania meczu, jak i całkowitą wartość drogi pokonanej przez piłkarza [Dziąsko i Naglak, 1986]. Tutaj, na całkowity dystans składają się m.in. takie formy poruszania się jak: stanie, marsz, trucht, wolny bieg, bieg z umiarkowaną prędkością, bieg z wysoką prędkością, sprint, bieg tyłem.[Kollath, 1998], [Bangsbo, 1999], [Żyhodniuk, 1994].

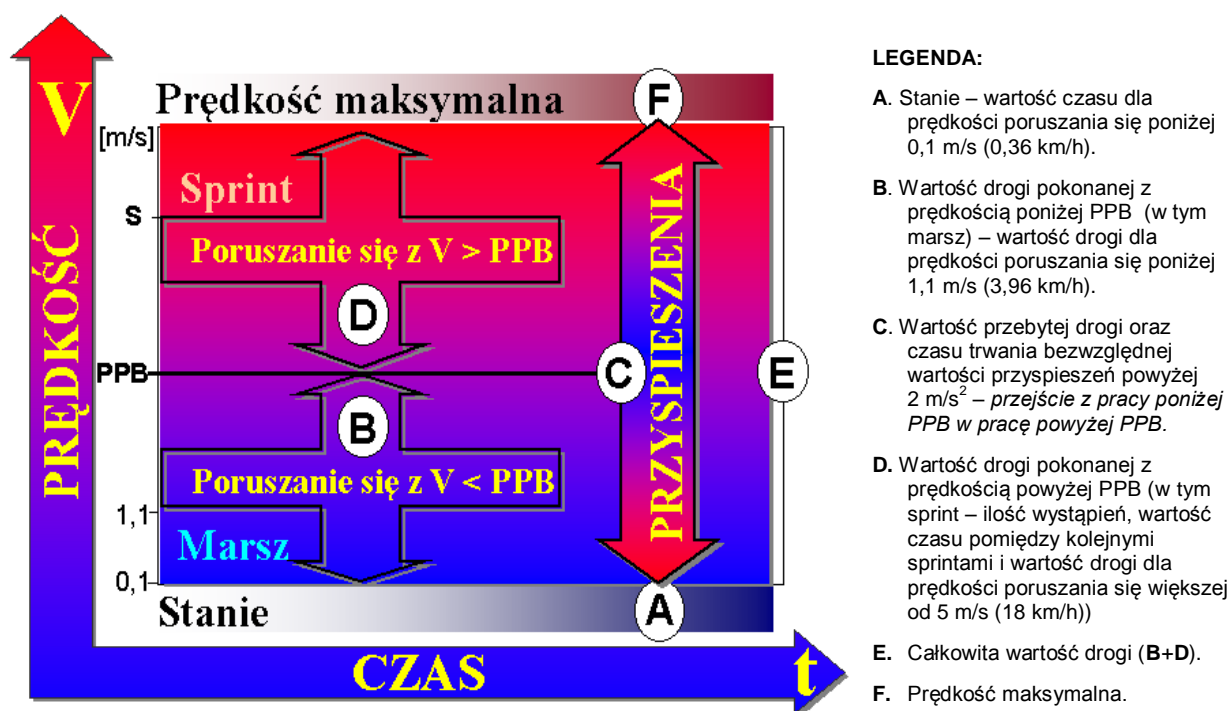
W dotychczasowych pracach, w których zajmowano się obserwacją kinematyki gry piłkarza nożnego jedynie nieliczni autorzy stosowali precyzyjne metody ciągle wykorzystujące urządzenia pomiarowe.[Defour, 1993], [Hennig, 1999, 2000]. Jeszcze mniej jest opracowań łączących w sobie ilość wykonanej pracy przez piłkarza, względem

pokonywanego przez niego dystansu w trakcie trwania spotkania [Ohashi, 1988], [Barros 2001].

Przytoczone motywy występowania zmian intensywności ruchowej piłkarza nożnego podczas meczu można określić logicznie z punktu widzenia możliwości fizjologicznych, tj. posiadania zasobów energetycznych przez sportowca [Lacour, 1982], [Reilly, 1990], Hennig, 2000]. Jeżeli jest to możliwe zawodnik podczas wysiłku będzie wykorzystywał mniej, lub bardziej dogodny czas na odpoczynek – stanie i marsz (wykonywanie stałych fragmentów gry, zmiany zawodników). W chwilach zaangażowania w akcję gry, zgromadzoną energię wykorzysta na przyspieszenie, bieg, sprint i hamowanie - spowodowane ewentualną zmianą kierunku ruchu, strzałem, wślizgiem, wyskokiem, walką „bark w bark” itp. Ogólnie dla całego pokonanego dystansu wyróżniamy w meczu pracę zewnętrzną i pracę wewnętrzną (restytucja i resynteza zasobów energetycznych). Praca włożona w wykonanie zadań podczas meczu będzie się składać zatem ze sprzężeń zwrotnych pomiędzy czasem wykorzystywania energii, a czasem jej odbudowy [Chmura 1997].

W oparciu o kinematyczne modele piłkarzy nożnych i komparacji cytowanych w literaturze naukowej wartości elementów składowych ruchu piłkarza nożnego (w tym wartości pokonywanych odcinków drogi i uzyskiwanych prędkości), z punktem widzenia fizjologii wysiłku fizycznego dla pracy tlenowej i beztlenowej, przyjęto średnią wartość prędkości poruszania się piłkarza – juniora i seniora na poziomie 4 m/s dla progu pracy beztlenowej (PPB) wg literatury [Eckblom 1986], [Bangsbo, 1992, 1994], [Smith 1993] oraz juniora młodszego na poziomie 3,7 m/s na podstawie badań prowadzonych przez Jastrzębskiego [2004]. Opracowano następnie poniższy podział lokomocji zawodnika (ryc. 10):

- A. Stanie – wartość czasu dla prędkości poruszania się poniżej 0,1 m/s (0,36 km/h).
- B. Wartość drogi pokonanej z prędkością poniżej PPB - w tym:
 - marsz – wartość drogi dla prędkości poruszania się poniżej 1,1 m/s (3,96 km/h).
- C. Wartość przebytej drogi oraz czasu trwania bezwzględnej wartości przyspieszeń powyżej 2 m/s^2 – przejście z pracy poniżej PPB w pracę powyżej PPB.
- D. Wartość drogi pokonanej z prędkością powyżej PPB - w tym:
 - sprint – ilość wystąpień, wartość czasu pomiędzy kolejnymi sprintami i wartość drogi dla prędkości poruszania się większej od 7 m/s (25,2 km.h).
- E. Całkowita wartość drogi (suma wartości drogi z pkt. B i D).
- F. Prędkość maksymalna.



Ryc. 10. Podział całkowitego pokonanego dystansu (E) przez piłkarza na składowe tegoż dystansu pokonanego z prędkością poniżej (B) i powyżej (D) PPB z uwzględnieniem przyspieszeń (C), stania (A), marszu, sprintu (S) i prędkości maksymalnej (F).

Również na podstawie literatury [Kollath, 1996, 1998], [Bangsbo 1994, 1999] dla określenia wystąpienia sprintu przez zawodnika (juniora i seniora) przyjęto średnią wartość prędkości 7 m/s oraz 6 m/s dla juniora młodszego [Jastrzębski, 2004].

W założeniu podziału lokomocji uwzględniono również zapis przyspieszeń zawodnika. Wszelka aktywność biegowa zaczyna się od momentu nabierania prędkości, czyli przyspieszania i wytracania prędkości – hamowania. W oparciu o cytowaną wcześniej literaturę naukową przyjęto, że praca beztlenowa stanowi około 20% całości wysiłku piłkarza nożnego w meczu. Na tej podstawie określono, że 20% przyspieszenia ziemskiego będzie stanowić pokonywanie oporu (bezwładności) własnego ciała dla pracy powyżej PPB. Z obliczeń przyjęto bezwzględną wartość przyspieszenia $a \geq 2 \text{ m/s}^2$ dla PPB.

Zaproponowany podział lokomocji gry zawodnika powinien umożliwiać obiektywne porównanie ze sobą badanych w tym zakresie piłkarzy. Potrzeba jednak zaznaczyć, iż dla różnych kategorii wiekowych, należy przyjąć adekwatną wartość prędkości poruszania się dla sprintu oraz przekroczenia progu przemian beztlenowych. W celu dokładniejszej identyfikacji poszczególnych zawodników, o ile jest to możliwe, najlepszym rozwiązaniem byłoby laboratoryjne, lub testowe wyznaczenie indywidualnej prędkości poruszania się dla tegoż

progu, względem którego następowałby podział pokonywanego dystansu (w meczu, czy to w treningu). To samo dotyczy sprintu. Tu, również należy precyzyjnie ustalić wartość indywidualną dla dalszych ocen fizjologicznych możliwości zawodnika. W przypadku przyspieszenia, należałoby wcześniej ustalić średnią procentową wartość udziału restytucji tlenowej w wykorzystywanej przez zawodnika meczu (lub w treningu) i następnie odnieść ten odsetek do wartości 9.81 m/s^2 (przyspieszenia ziemskiego). Uzyskana wartość będzie stanowić podstawę do określenia indywidualnego progu przemian beztlenowych podczas zliczania czasu trwania przyspieszeń oraz hamowań.

Z przyczyn niedostępności informacji o poziomie PPB badanych zawodników, tzn. indywidualnej wartości prędkości, po przekroczeniu której następuje przejście z pracy tlenowej w beztlenową, przyjęto taką samą średnią wartość prędkości poruszania się określającą PPB dla wszystkich piłkarzy. Podobnie zachowano się w przypadku zliczania wystąpienia sprintu. W świetle oceny biomechanicznej (kinematycznej), takie podejście umożliwia ilościowe porównanie badanych, zarówno pod względem indywidualnym, grupowym, jak i całościowym.

Wyznaczenie wymienionych wielkości kinematycznych będzie wymagać ciągłej obserwacji zawodników, a następnie identyfikację położenia ich na boisku, w każdej sekundzie trwania meczu (lub treningu). Względem wymiarów linii boiskowych, stanowiących układ odniesienia dla poruszających się piłkarzy, należy wyliczyć założone wielkości kinematyki gry oraz dodatkowe, dotyczące gry formacji i drużyny – np. wyznaczenie geometrycznego środka położenia całego zespołu na boisku.

CEL I HIPOTEZY BADAWCZE

CEL BADAŃ

Za podstawowy cel przyjęto wykazanie istotnej konieczności stosowania w nowoczesnym procesie szkoleniowym piłkarzy nożnych metod oceny kinematyki działań meczowo-treningowych. Realizację podstawowego celu umożliwi porównanie wielkości kinematycznych piłkarzy nożnych na różnych etapach mistrzostwa sportowego kadry Polski i czołowych reprezentacji europejskich podczas walki właściwej.

HIPOTEZY BADAWCZE

Wykorzystanie fotokinematry umożliwia obiektywną (ilościową) ocenę działań motorycznych (lokomocyjnych) piłkarzy nożnych na następujących poziomach:

h1: Stanie – określenie wartości czasu dla prędkości poruszania się poniżej 0,1 m/s (0,36 km/h).

h2: Wolny bieg – określenie wartości drogi pokonanej z prędkością poniżej PPB - w tym: marsz – wartość drogi dla prędkości poruszania się poniżej 1,1 m/s (3,96 km/h).

h3. Przyspieszenia – określenie wartości przebytej drogi oraz czasu trwania bezwzględnej wartości przyspieszeń powyżej 2 m/s² – przejście z pracy poniżej PPB w pracę powyżej PPB.

h4: Szybki bieg – określenie wartości drogi pokonanej z prędkością powyżej PPB – w tym: sprint – ilość wystąpień, wartość czasu pomiędzy kolejnymi sprintami i wartość drogi dla prędkości poruszania się większej od 7 m/s (25,2 km/h).

h5: Pokonany dystans – określenie całkowitej wartości drogi pokonanej w jednostce obserwacji.

h6: Prędkość średnia – określenie średniej prędkości poruszania się w danej jednostce obserwacji.

h7. Prędkość maksymalna – określenie maksymalnej prędkości poruszania się w danej jednostce obserwacji.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Zebrany materiał badawczy stanowi 101 zawodników: 49 grających w kadrze narodowej, 26 w kadrze olimpijskiej i 26 w kadrze młodzieżowej do lat 16. W sumie zbadano kinematyczne wielkości 51 polskich piłkarzy i 50 zagranicznych w następujących meczach:

1. mecz rozegrany pomiędzy pierwszą reprezentacją Polski, a pierwszą reprezentacją Włoch - wynik 0:0,
2. mecz rozegrany pomiędzy pierwszą reprezentacją Polski, a pierwszą reprezentacją Anglii - wynik 0:2,
3. mecz rozegrany pomiędzy olimpijską reprezentacją Polski, a olimpijską reprezentacją Norwegii - wynik 2:1,
4. mecz rozegrany pomiędzy młodzieżową reprezentacją Polski, a młodzieżową reprezentacją Niemiec - wynik 0:3.

Postępowanie badawcze w obrębie rejestracji i analizy gier obejmowało:

1. Rejestrację ruchu graczy gier zespołowych przy pomocy kamery wideo metodą Erdmanna z 1987 roku oraz przetworzenie zebranych danych na postać ilościową w programie BANAL Kuzory z 1996 roku.
2. Określenie błędu pomiarowego.
3. Minimalizację błędów pomiarowych.
4. Eksportowanie danych.
5. Analizę danych w arkuszu kalkulacyjnym MS Excel 97.

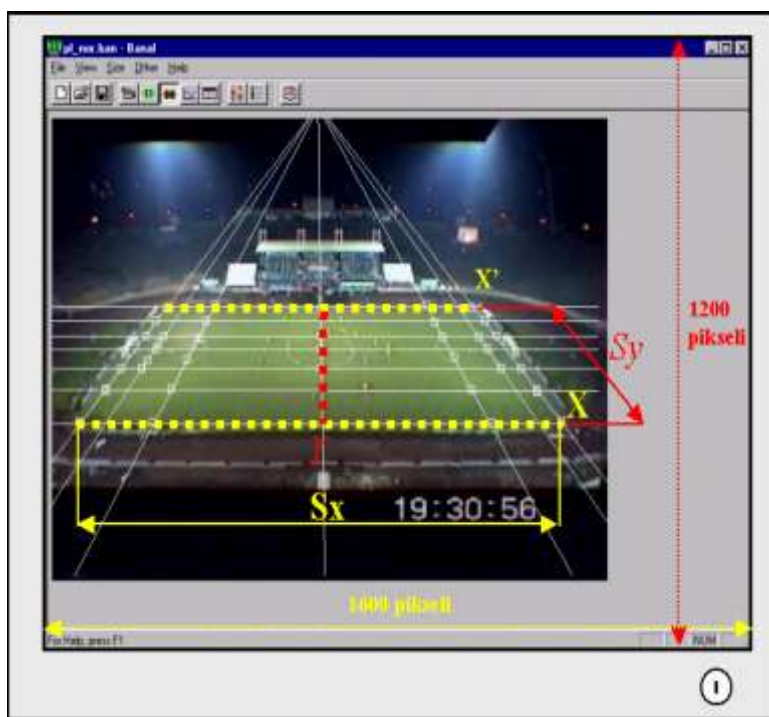
System zapisu i analizy gier sportowych opracowany przez Włodzimierza S. Erdmanna z Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku polega na rejestracji walki sportowej nieruchomą kamerą wideo obejmującą w kadrze całe boisko oraz na analizie kinematyki gry pojedynczych zawodników, formacji i całej drużyny.

Problem wykorzystania omawianej metody EMRA [Erdmann, 1995] zaczyna się od chwili wyboru sprzętu do realizacji badań, poprzez proces rejestracji i obróbki materiału wideo, kończąc na konfiguracji sprzętu komputerowego i optymalizacji ustawień parametrów w programie BANAL [Kuzora 1998]. Zestaw zagadnień metody przedstawia się następująco:

1. Rejestracja
 - a) sprzęt: kamera, obiektyw, nośnik obrazu, statyw, inne,
 - b) warunki środowiskowe: umiejscowienie kamery, warunki atmosferyczne (temperatura, wilgotność, opady, wiatr, oświetlenie dzienne i sztuczne), zakłócenia,
 - c) proces zapisu: ustawienie kadru, ustawienie ostrości, ustawienie ekspozycji.
2. Proces translacji obrazu:
 - a) system komputerowy: jednostka centralna i osprzęt, karta wideo, okablowanie i połączenie kamery z komputerem, digitizer, narzędzia do archiwizacji, oprogramowanie podstawowe,
 - b) przetwarzanie obrazu: ustawienie kontrastu i jasności, wybór rozdzielczości, wybór częstotliwości klatek, wybór kodera sekwencji wideo, zapis i weryfikacja,
3. Analiza obrazu w programie BANAL: maksymalizacja rozdzielczości, próbkowanie, interpolacja,
4. Czynności kalibracyjne w programie BANAL: układ współrzędnych, kalibracja, rejestracja ruchu.
5. Możliwości prezentacyjne w programie BANAL.

OKREŚLENIE BŁĘDU POMIAROWEGO

W zależności od ustawionej rozdzielczości ekranu monitora komputerowego i rozdzielczości wyświetlanego pliku z sekwencją wideo wyznaczono wartość błędu pomiarowego. Uwzględniono błąd perspektywy dla trapezowego układu pola gry – ryc. 11



LEGENDA:

Sx – długość boiska,

Sy – szerokość boiska,

X, X' – ilość pikseli przypadających na dłuższą i krótszą podstawę trapezu,

Y – ilość pikseli przypadających na wysokość trapezu,

pole powierzchni boiska /1/:

$$P_{xy} = S_x \cdot S_y \text{ [m}^2\text{]}, /1/$$

ilość pikseli przypadających na pole powierzchni trapezu /2/:

$$P_t = \left(\frac{X + X'}{2} \right) \cdot Y \text{ [pikseli]}, /2/$$

średnie pole powierzchni piksela dla wymiarów rzeczywistych boiska /3/:

$$R_p = \frac{P_{xy}}{P_t} \text{ [m}^2\text{]}, /3/.$$

Ryc. 11. Określenie dokładności pomiaru dla trapezowego układu pola gry w kadrze kamery.

Przykładowo dla boiska o wymiarach $S_x = 105 \text{ m}$ i $S_y = 70 \text{ m}$, pole powierzchni wynosi: $P_{xy} = 7350 \text{ m}^2$. Ponieważ ilość pikseli przypadających na dłuższą i krótszą podstawę trapezu wynosi: $X = 1200$, $X' = 800$, a na wysokość trapezu $Y = 300$, to całkowita ilość pikseli przypadających na boisko wynosi: $P_t = 300\,000$ pikseli. Średnie pole powierzchni piksela dla wymiarów rzeczywistych boiska dla powyższych wartości wynosi $R_p = 0,0245 \text{ m}^2$, co daje przeciętnie 40 pikseli opisujących 1 m^2 . Dla wielkości liniowych S_x przypada średnio 10 pikseli na metr, a dla S_y 4 piksele na metr. W przypadku błędu perspektywy w układzie widoku boiska innego niż trapezowy, należy stosować wzory na pole powierzchni czworoboku wypukłego.

POZOSTAŁE CZYNNOŚCI ANALITYCZNE

Analiza gry oparta jedynie o możliwości, jakie posiada sam program BANAL jest niewystarczająca, ponieważ okazało się, że informacje o takich wartościach, jak czas stania, dystans marszu, czy też ilość dystansu pokonanego z prędkością powyżej PPB w tym programie nie są możliwe do uzyskania. Niedogodność ta ma szczególne znaczenie w przypadku dokładniejszej identyfikacji czynności ruchowych piłkarza nożnego. Zastosowanie kinematycznej analizy, przykładowo w zdiagnozowaniu wysiłku piłkarza ze względu na fizjologię przemian w jego organizmie, ukierunkowało powstanie niniejszej metody postępowania. Współpracując z fizjologami, Jastrzębskim (AWFiS Gdańsk) i Chmurą (AWF Katowice), określono poszczególne elementy lokomocji gry w piłce nożnej umożliwiające zbadanie intensywności poruszania się zawodnika podczas meczu i treningu. Koniecznością było wyjście poza ramy programu BANAL i przeprowadzenie dalszych analiz w arkuszu kalkulacyjnym. Program BANAL umożliwia transpozycję danych analizowanych piłkarzy do arkusza kalkulacyjnego (ryc. 12)

Ryc. 12. Fragment danych pozycyjnych 20 piłkarzy nożnych przeniesionych z programu BANAL do arkusza kalkulacyjnego MS. Excel.

Dzięki kopiowaniu danej kolumny z danymi pozycyjnymi konkretnego gracza (np. kolumny B i C) do wcześniej przygotowanego arkusza kalkulacyjnego uzyskiwano dalsze wyniki – rycina 13.

Ryc. 13. Fragment arkusza kalkulacyjnego obliczeń kinematyki pojedynczego zawodnika podczas całego meczu piłki nożnej.

Otrzymane wyniki posegregowano i zestawiono w tabelach kinematycznej charakterystyki gry (tabela 1) i częstości występowania sprintów z uwzględnieniem długości drogi pokonanej sprintem (tabela 2) dla każdego analizowanego z osobna zawodnika. W ten sposób opracowano i zaprezentowano dalsze zestawienia sumacyjno-porównawcze w badanym materiale.

Tabela 1. Kinematyczna charakterystyka gry polskiego STOPERA w meczu z Anglią.

Środkowy defensywny pomocnik (Ś.D.P.)	15	30	45	I poł.	60	75	90	II poł.	SUMA
Czas gry (t [min.])	15	15	15	45	15	15	15	45	90
Dystans pokonany marszem (WD [m])	241	252	249	743	253	279	284	817	1559
Czas stania w miejscu (sst [s])	77	83	84	244	75	90	70	235	479
Całkowity pokonany dystans (TD [m])	1871	1933	2237	6042	1848	2133	1756	5737	11779
Dystans pokonany z przyspieszeniem dla PB (aD [m])	137	145	157	440	129	140	149	418	858
Czas trwania przyspieszenia dla PB (dta [s])	28	28	30	86	24	27	28	79	165
Ilość sprintów (As)	5	8	9	22	8	10	11	29	51
Dystans pokonany sprintem (sD [m])	37	72	71	180	62	75	98	235	415
Dystans pokonany z prędkością powyżej PPB (D- [m])	277	300	299	877	262	348	236	847	1724
Dystans pokonany z prędkością poniżej PPB (D+ [m])	1594	1633	1938	5165	1586	1785	1520	4891	10056
Maksymalna prędkość (maxV [m/s])	8,0	9,5	8,9	9,5	8,5	8,0	8,3	8,5	9,5
Wskaźnik kinematyki gry (WKG)	3,7	3,8	4,6	4,0	3,6	3,7	4,1	3,8	3,9
Wskaźnik PB (WPB [%])	15,9	16,3	13,4	14,5	15,6	16,5	16,3	16,1	15,3
Średnia prędkość (V [m/s])	2,1	2,1	2,5	2,2	2,1	2,4	2,0	2,1	2,2
Średnia prędkość (V [km/h])	7,5	7,7	8,9	8,1	7,4	8,5	7,0	7,6	7,9

Tabela 2. Charakterystyka sprintów polskiego L.O. w meczu z Włochami.

Lewoskrzydłowy obrońca (L.O.)		
Czas t[s]	Dystans s[m]	
1	13	20
2	269	4
3	919	9
4	1074	10
5	1136	8
6	1642	20
7	2240	6
8	2480	10
9	2494	4
10	74	9
11	175	6
12	389	4
13	956	4
14	1064	6
15	1218	5
16	1698	6
17	1764	5
18	2016	7
19	2186	5
20	2206	8
21	2243	3
22	2419	6
23	2456	7

SYNTEZA LOKOMOCJI PIŁKARZA - WSKAŹNIKI GRY

Przeprowadzono analizę gry zawodników wyznaczając wskaźnik kinematyki gry (WKG) oraz wskaźnik przemian beztlenowych (WPB) według wzoru:

$$WKG = \frac{TD \times |aD|}{gt \times sst}, \quad WPB = \frac{D+}{TD} \cdot 100, \quad \text{gdzie:}$$

TD - Całkowity pokonany dystans [w metrach],

|aD| - Dystans pokonany z wartością bezwzględną przyspieszeń liczony dla przemian beztlenowych (PB) [w metrach],

gt - Czas gry [w sekundach],

sst - Czas stania w miejscu [w sekundach],

D+ - Dystans pokonany z prędkością powyżej progu przemian beztlenowych (PPB) [w metrach],

KOŃCOWE CZYNNOŚCI ANALITYCZNE

W analizie wyników badań posegregowano materiał badawczy pod względem indywidualnym, grupowym i zespołowym. W ocenie gry całej drużyny i poszczególnych formacji taktycznych zsumowano wielkości kinematyczne zmieniających zawodników. Zestawiono kolejne tabele zawierające statystyki opisowe (minimum, średnia arytmetyczna, maksimum, suma i odchylenie standardowe). Uwzględniono podział na: wszystkich zawodników, zawodników grających cały mecz, osobno obrońców, pomocników i napastników oraz zawodników wchodzących do gry z ławki rezerwowych.

Strumień danych czasowo – pozycyjnych gracza podzielono na 3 stopnie sumacyjne. Dotyczyło to kolejnych kwadransów meczu, obu połówek i całego meczu (rycina obok). Otrzymano łącznie 101 tabel.

Po tych czynnościach wszystkie dane posortowano i zanalizowano statystycznie w programie STATYSTYKA. Istotność różnic kinematyki gry sprawdzono testem t-Studenta.

WYNIKI BADAŃ

SPRINT

Poniżej zobrazowano przykładowy wykres 2 struktury czasowej długości występowania sprintów w Polskiej Drużynie w I połowie meczu z Włochami.

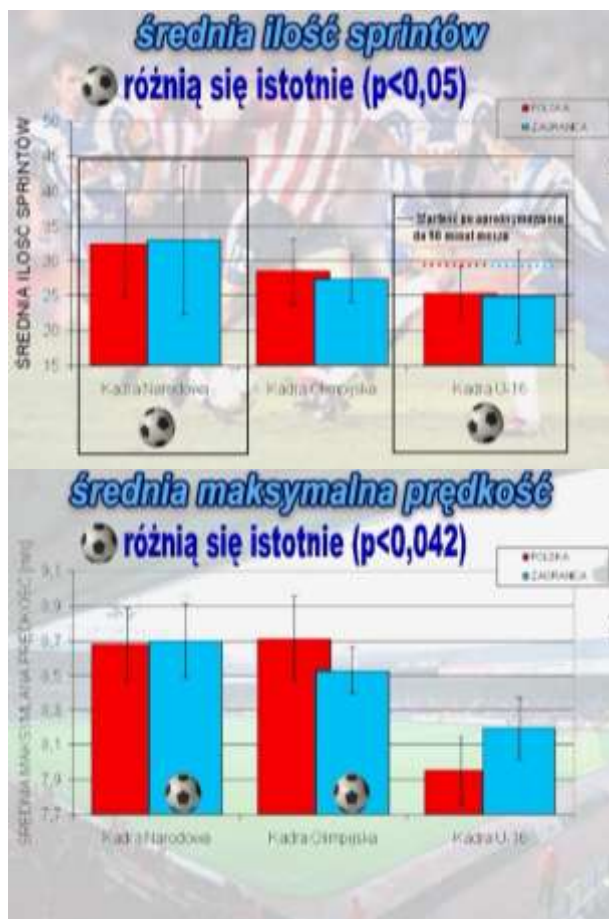




Wykres 2.

Wykres 3.

Ten Najbardziej energochłonny element gry pokazał, że: zawodnicy kadr narodowych pokonują znacząco większy dystans sprintem do Polskiej Kadry Olimpijskiej wykres 3.



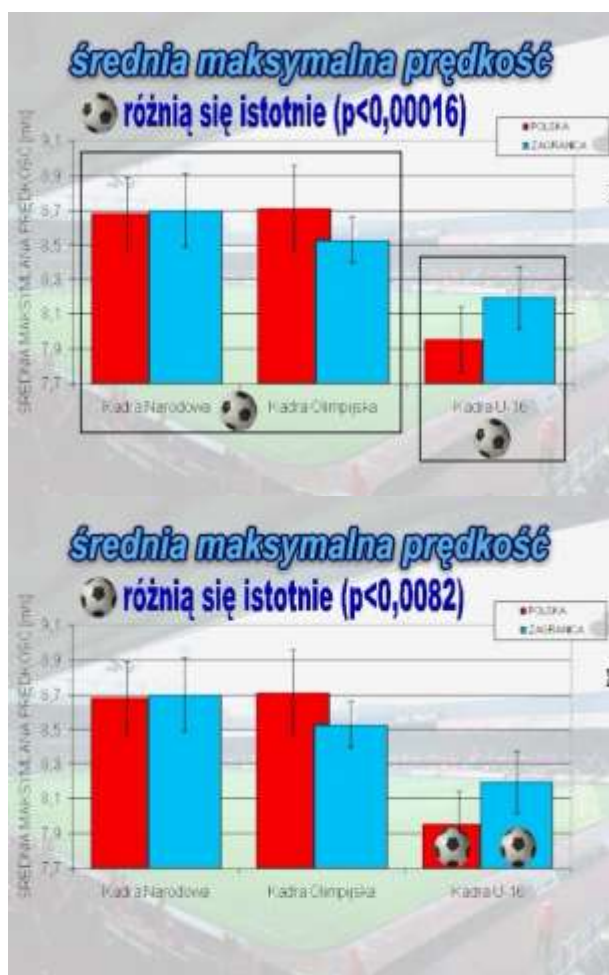
Wykres 4.

Wykres 5.

Natomiast okazuje się, że Zawodnicy Kadr Młodzieżowych istotnie rzadziej podejmują sprint od Zawodników reprezentujących najwyższy etap mistrzostwa sportowego.

W przypadku osiągnięcia maksymalnej prędkości można stwierdzić, że piłkarze zagranicznej kadry olimpijskiej ustępują pod tym względem zagranicznym zawodnikom na wyższym etapie mistrzowskim (wykresy 4 i 5).

Również w uzyskiwaniu prędkości maksymalnej najmłodszy badani osiągnęli znacznie niższe wyniki od starszych piłkarzy, co z racji wieku jest raczej oczywiste, ale należy zaznaczyć, że zagraniczni młodziecy byli lepsi do polskich rówieśników (wykres 6 i 7).



6.

Wykres 7.

Wykres

SZYBKI BIEG

W tym elemencie lokomocji zawodnicy Kadr Narodowych okazali się istotnie lepsi od pozostałych grup badanych (wykres 8).



Wykres 8.

BIEG ZRYWAMI

W przypadku sumarycznego dystansu przyspieszeń Polska Drużyna Kadry Narodowej osiągnęła znacznie lepsze wyniki od olimpijskich i młodzieżowych graczy.

Natomiast zagraniczni piłkarze Kadr Narodowych pokonują więcej dystansu tym sposobem jedynie od polskich graczy olimpijskich i młodzieżowych.



Wykres 9.



Wykres 10.



Wykres 11.

Łącznie wszyscy badani zawodnicy na etapie olimpijskim okazują się także lepsi od młodszych analizowanych graczy (wykresy 9, 10 i 11).

WOLNY BIEG

Również podczas wolniejszego przemieszczania się grupy narodowe osiągnęły istotnie dłuższe dystanse od zagranicznych graczy drużyny olimpijskiej i wszystkich zawodników na etapie młodzieżowym (wykresy 12 i 13).



Wykres 12.

Wykres 13.

MARSZ i STANIE

W przypadku marszu okazuje się, że piłkarze z kadr młodzieżowych przemaszerują potencjalnie więcej od starszych badanych grup zawodników. Wykazano także, że polskie drużyny z kadry olimpijskiej i młodzieżowej charakteryzują się zbliżonym czasem stania – wśród nich nie zanotowano istotnych różnic (wykresy 14 i 15).

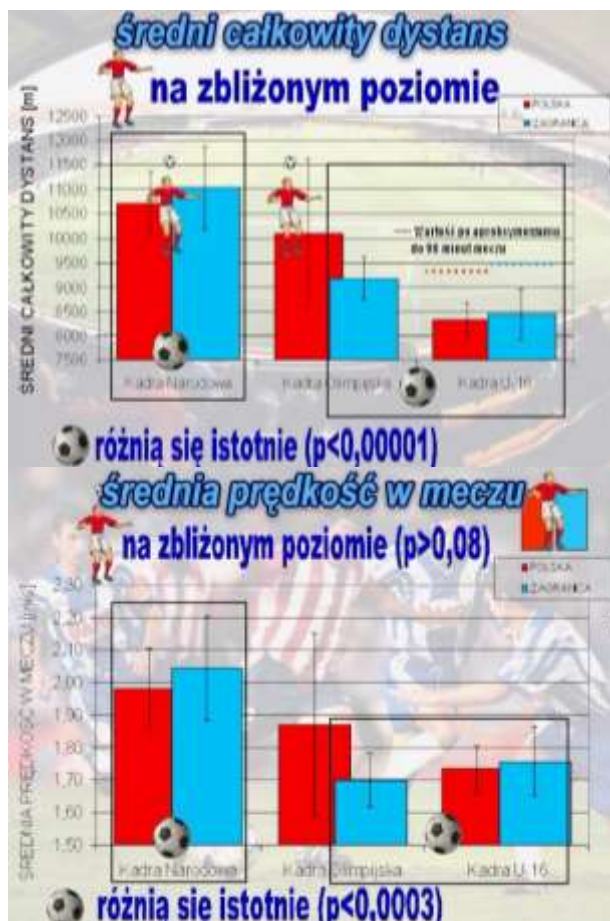


Wykres 14.

Wykres 15.

CAŁKOWITY DYSTANS

Wszystkie badane elementy lokomocji złożyły się na całkowity dystans pokonany w meczu. Tutaj, okazuje się, że piłkarze Kadr Narodowych pokonują istotnie większy dystans od pozostałych drużyn poza polską reprezentacją olimpijską. Potwierdza to stwierdzenie pochodna czasu i dystansu, czyli średnia prędkość osiągnięta w meczu (wykresy 16 i 17).



Wykres 16.

Wykres 17.

WSKAŹNIKI GRY

Kompilując główne formy lokomocji porównano badane drużyny wyliczonymi wskaźnikami (wykresy 18 i 19).



Wykres 18.

Wykres 19.

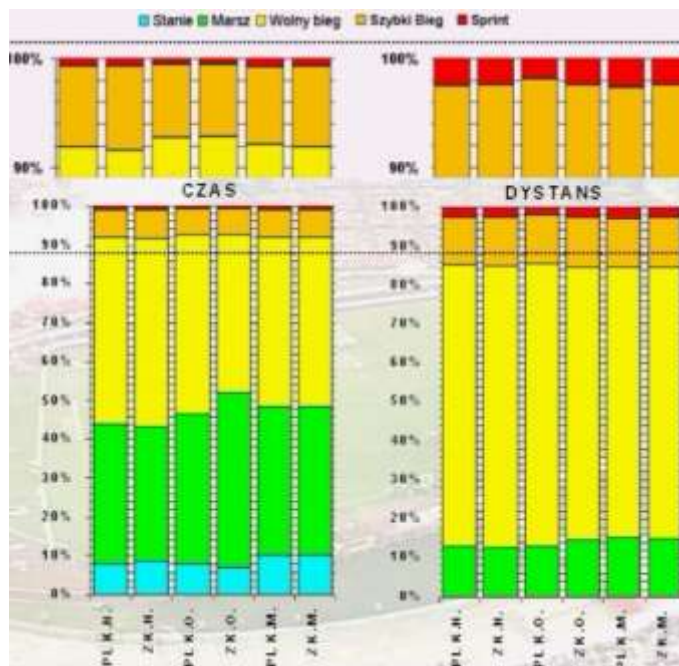
Procentowy udział przemian beztlenowych wśród wszystkich badanych drużyn plasuje się na zbliżonym poziomie. Tutaj, jedynie Polska Kadra Olimpijska istotnie odbiega od pozostałych wyróżnionych grup zawodników.

W świetle analizy statystycznej kinematyki gry wykazano, że istotnie słabiej wypadają najmłodsze badane drużyny.



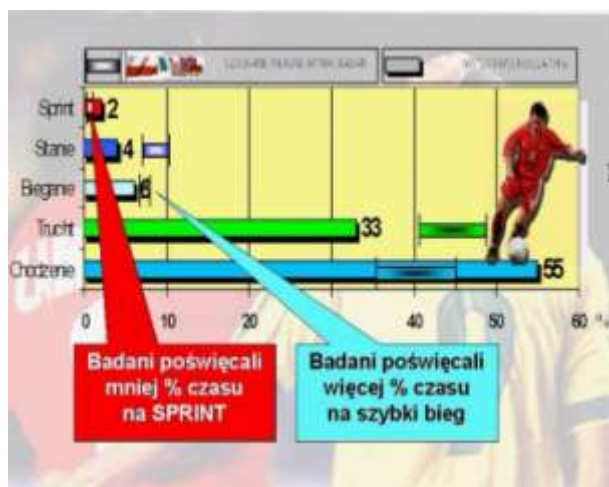
W graficznym zestawieniu określonego dla czasu i dystansu okazuje się, że WOLNY BIEG stanowi ponad 90 % czasu trwania meczu, a sumaryczny dystans sprintu to jedynie około 3 % całej drogi pokonanej w meczu (wykres 21).

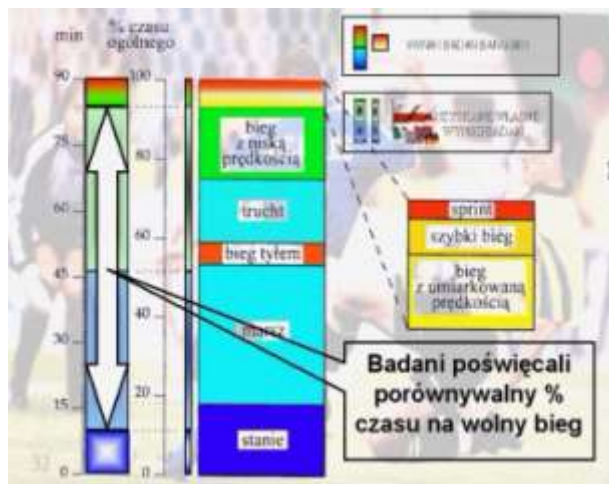
W porównaniu do badań KOLLATH'a [1998] omówione drużyny poświęcały mniej czasu na sprint, ale za to więcej na pozostałe formy biegowe.



Wykres 21.

Odnosząc się także do badań Bangsbo [1999], należy stwierdzić, iż uzyskano podobną czasową strukturę udziału form lokomocji wśród własnych badanych (wykresy 22 i 23).





Wykres 22.

Wykres 23.

DYSKUSJA

Zarejestrowanie poruszania się wszystkich zawodników podczas meczu (lub w treningu), następnie wyliczenie przyjętych wielkości kinematycznych, umożliwia ocenę, porównanie i diagnostykę działań ruchowych piłkarza oraz grupy zawodników w różnych kategoriach wiekowych.

OCENA DZIAŁAŃ RUCHOWYCH

Zawodnik, formacja taktyczna, czy nawet cały zespół, podczas meczu (lub w treningu) realizuje pewne założenia, ustalone wcześniej przez trenera. Pomijając elementy techniczne i inne (np. decyzyjne, koordynacji ruchowej), skupiając się jedynie na tych dotyczących pokonywanych dystansów, prędkości i przyspieszeń towarzyszących przemieszczaniu się, można ocenić ich jakość i ilość. Na podstawie tabelarycznych zestawień kinematyki gry w meczu można przeprowadzić dalsze analizy statystyczne pod względem indywidualnym i grupowym.

OCENA ZAWODNIKA

Porównując w jakim tempie zawodnik pokonuje konkretną ilość dystansu w ciągu meczu z innymi piłkarzami, można dokonać jego oceny np. zaangażowania biegowego. Ważny tu jest czas stania, prędkość maksymalna rozwijana przez piłkarza oraz składowe wartości całkowitego dystansu. Przykładowo jeżeli udział dystansu pokonanego z prędkością $V > PPB$ wynosi 2000 m w stosunku do całego pokonanego dystansu wynoszącego 10000 m,

to można powiedzieć, że zawodnik wykorzystywał 20% swoich możliwości o charakterze przemian beztlenowych w resyntezie energii. Inny mógłby uzyskać wartość np. 18 % dla tego typu pracy. Jednocześnie tę ocenę uzupełniają charakterystyki liczbowe przyspieszeń, jakie wykonał zawodnik. Im wyższa jest wartość procentowa aktywności PB (przemian beztlenowych) świadczy to o lepszym przygotowaniu biegowym zawodnika w aspekcie wytrzymałości szybkościowej. Tak samo informacyjny jest czas stania i dystans pokonany marszem. Wskazane są tu niższe wartości uzyskiwane przez piłkarza. W przypadku pozostałych badanych form poruszania się piłkarza, na korzyść kinematyki gry należy zaliczyć zwiększenie ich poziomu. Dotyczy to całkowitego pokonanego dystansu, ilości i długości sprintów, a także uzyskiwanej maksymalnej prędkości biegu.

Kolejną korzyścią jest informacja o ilości i długości sprintów. Na podstawie czasu oraz przebiegu meczu można obliczyć częstotliwość występowania sprintów. Następnie częstotliwość można porównać z długością sprintu. Wzrost czasu przerwy pomiędzy sprintami i zmniejszający się dystans pokonywany sprintem może świadczyć o stanie zmęczenia zawodnika. Istota tej informacji może być wykorzystana w treningu, w przygotowaniu obciążeń treningowych do kształtowania wytrzymałości szybkościowej danego piłkarza. Podczas meczu, wcześniej stwierdzona „słabość”, lub „wybitność” w tym zakresie u konkretnego zawodnika drużyny przeciwnej może być wykorzystana do ustalenia składu naszego zespołu w meczu rewanżowym. Można „ustawić” lepiej przygotowanego szybkościowo piłkarza do „wygrywania” pojedynków biegowych, lub wcześniejszego przerywania akcji, nie dopuszczając do sprintu „groźnego” przeciwnika. We własnym zespole trener posiadając wcześniej informację o stanie przygotowania kinematycznego swoich graczy, obiektywniej może prowadzić strategię walki w trakcie trwania meczu, przykładowo stosując w odpowiednim momencie wymianę „wyeksploatowanych” graczy na rezerwowych.

OCENA FORMACJI TAKTYCZNEJ

W grze w piłkę nożną wyróżniamy następujące formacje taktyczne: linia obrony, linia pomocy i linia ataku. Ich gra charakteryzuje się działaniami defensywnymi, pozycyjnymi i ofensywnymi. Informuje o tym kierunek ruchu i położenie geometryczne biorących udział w akcji piłkarzy. Cofanie się do własnej bramki, czyli zmniejszanie dystansu pomiędzy własną bramką a zawodnikiem, świadczy o grze defensywnej. Odwrotny stan działań ruchowych, czyli oddalanie się od własnej bramki jest przejawem gry ofensywnej. Stosowanie podań i poruszanie się w poprzek boiska (równoległe do linii środkowej, jak

i bramkowych) jest grą o charakterze pozycyjnym. Sumując zawodników należących do danej formacji i określając kinematykę gry możemy obiektywnie stwierdzić charakter działań tej grupy piłkarzy. Poza jakościowym określeniem stylu gry można ilościowo wykazać udział konkretnych czynności ruchowych danej grupy zawodników, tak samo jak ma to miejsce w przypadku indywidualnej oceny.

Formacje taktyczne w świetle oceny kinematycznej można ze sobą porównywać. Przykładowo odcinki biegowe linii ataku z odpowiadającymi im czasowo odcinkami biegowymi linii obrony przeciwnika. Podobnie też można uczynić wśród obu formacji pomocy – własną w konfrontacji z przeciwną. Zakładając, że stwierdzimy pewne różnice w poruszaniu się pomiędzy analizowanymi formacjami taktycznymi, w danym momencie meczu, możemy obiektywnie wskazać i ocenić, który z elementów kinematyki gry jest dobry, lub który odbiega od przyjętego modelu odniesienia.

Przykładem wykorzystania informacji o kinematyce gry formacji taktycznej może być dobór i selekcja zawodników do danej formacji. Zakładając, że dla zawodników kadry narodowej średni pokonany dystans w linii pomocy wynosi ponad 11000 m, następnie 17 % wszystkich działań ruchowych w meczu (przykładowo, w tym 150 sekund przyspieszeń oraz 300 metrów dystansu pokonanego sprintami) wymaga przemian beztlenowych, to dokonując doboru i selekcji piłkarza, należy sprawdzić, czy ten piłkarz motorycznie spełnia wyznaczone średnie arytmetyczne kinematyki gry. Ocena zawodnika w tym zakresie jest diagnostyczna i może być pozytywna, czyli promująca do kadry, lub negatywna, czyli wykazująca konkretne braki w danych elementach kinematyki gry (brak promocji, lub relegacja z kadry). W drugim przypadku diagnoza zawodnika jest także podstawą do korekty obciążeń treningowych.

OCENA ZESPOŁU

Efektem końcowym meczu piłki nożnej jest wynik bramkowy. Może być to wygrana, przegrana bądź remis. Często bywa tak, że zespół potencjalnie słabszy [Dziąsko i Naglak, 1986], że wynik końcowy meczu nie odzwierciedla możliwości obu drużyn, założono, że można na bazie analizy kinematyki gry całego zespołu wykazać, która drużyna faktycznie grała lepiej. Można również określić, która zagrała ofensywnie, a która defensywnie. Gdyby jednak zaistniała taka sytuacja, że oba zespoły grały ofensywnie, to dalej można określić, który bardziej, a który mniej w stosunku do siebie. Zakładając również odwrotną zależność, należy przyjąć możliwość zaistnienia obustronnej gry z przewagą działań w obronie. Określenie charakteru poczynań strategicznych całego zespołu uzupełniają wyznaczone

sumaryczne wielkości kinematyki gry. Przykładowo, gdy pokonany całkowity dystans w jednym i drugim zespole wyniósł średnio 10500 m, a aktywność ruchowa z wykorzystaniem przemian beztlenowych uplasowała się na podobnym poziomie, to wynik remisowy byłby potwierdzeniem równości możliwości kinematyki gry w tych zespołach. W innym rozstrzygnięciu meczu (wygrana, przegrana) przyczyn wyniku należy szukać głębiej, w grze formacji taktycznych i poszczególnych piłkarzy.

Rozważając całościowo wyniki kinematyki gry np. polskiej kadry narodowej w stosunku do innych drużyn narodowych można wykazać, który zespół był faktycznie lepszy ruchowo podczas meczu, niezależnie od końcowego rezultatu bramkowego. Można także wykazać, w którym meczu piłkarze zagraли najlepiej, a w którym najslabiej. Można również pokazać różnice, jakie występują w kinematyce gry pomiędzy zanalizowanymi zespołami, a nawet porównać ze sobą zespoły różniące się etapem (kategoria wiekowa) i poziomem (narodowy, I-ligowy, II-ligowy etc.) reprezentowanego mistrzostwa sportowego.

Innym przykładem wykorzystania informacji o kinematyce gry całego zespołu w stosunku do danej chwili meczu, jest możliwość późniejszego, sztucznego odtworzenia w warunkach treningowych intensywności ruchów lokomocyjnych i działań pozycyjnych poszczególnych piłkarzy i formacji taktycznych.

Na zakończenie, zanim zostaną przedstawione wnioski, skonstruowano w oparciu o uzyskane wyniki dwanaście modeli mistrza – po 4 dla każdego badanego poziomu mistrzowskiego. Modele dotyczą najlepszych uzyskanych wartości dla poszczególnych form ruchu piłkarza danej formacji taktycznej (3 modele – obrońcy [O], pomocnika [P] i napastnika [N]) oraz dla tzw. uniwersalnego gracza [U] (wartości średnie). Przykładowo ZAWODNIK UNIWERSALNY (U) na etapie Kadry Narodowej powinien móc pokonać całkowity dystans w meczu nie mniejszy niż 12 kilometrów, wykazać się łączną długością sprintu dochodzącą do 400 m, i które to sprinty powinien podejmować do około 50 razy w całym meczu. W tabeli 4 zestawiono proponowane modele.

Tabela 4. Proponowane, mistrzowskie modele kinematyki gry piłkarzy nożnych podczas meczu.

Poziom mistrzostwa	Młodzieżowy	Olimpijski	Narodowy
---------------------------	--------------------	-------------------	-----------------

Element kinematyki gry	O	P	N	U	O	P	N	U	O	P	N	U
Czas gry [s]	4800	4800	4800	4800	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400
Czas stania w miejscu (sst) [s]	460	422	477	453	333	386	414	378	411	406	420	412
Czas aktywności ruchowej [s]	4340	4378	4323	4347	5067	5014	4986	5022	4989	4994	4980	4988
Czas trwania przyspieszenia dla PB (dta) [s]	102	128	116	115	139	152	154	148	173	184	163	173
Czas przerwy pomiędzy sprintami [s]	166	145	160	157	164	186	150	165	106	120	132	118
Całkowity dystans pokonany (TD) [m]	8401	9107	8579	8696	8901	11651	11055	10536	11779	11945	12286	12004
Dystans pokonany z prędkością poniżej PPB (D-) [m]	7017	7699	7239	7318	7499	10064	9471	9011	10056	10082	10377	10171
Dystans pokonany marszem (WD) [m]	1222	1140	1187	1183	1187	1212	1401	1267	1283	1284	1264	1277
Dystans pokonany wolnym biegiem [m]	5795	6559	6052	6135	6312	8852	8070	7745	8773	8797	9112	8894
Dystans pokonany z przyspieszeniem dla PB (aD) [m]	536	658	614	603	689	774	759	741	858	912	809	859
Dystans pokonany z prędkością powyżej PPB (D+) [m]	1384	1408	1340	1377	1402	1587	1584	1524	1724	1864	1909	1832
Dystans pokonany szybkim biegiem [m]	1132	1103	1078	1104	1147	1327	1332	1269	1309	1432	1571	1437
Dystans pokonany sprintem (sD) [m]	252	305	262	273	255	260	252	256	415	432	338	395
Średnia prędkość [m/s]	1,75	1,90	1,79	1,81	1,65	2,16	2,05	1,95	2,18	2,21	2,28	2,22
Prędkość progowa dla PB [m/s]	3,7	3,7	3,7	3,7	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Wartość progowa przyspieszenia dla PB [m/s ²]	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Średnia prędkość z przyspieszania [m/s]	5,25	5,13	5,29	5,22	4,96	5,1	4,93	5,0	4,95	4,96	4,95	4,96
Prędkość progowa dla sprintu [m/s]	6,0	6,0	6,0	6,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Maksymalna prędkość (maxV) [m/s]	8,3	8,3	8,6	8,4	8,8	9,0	9,0	8,9	9,0	9,0	8,9	9,0
Ilość sprintów (As)	29	33	30	31	33	29	36	33	51	45	41	46
Częstotliwość sprintów [Hz]	0,0060	0,0069	0,0063	0,0064	0,0061	0,0054	0,0067	0,0060	0,0094	0,0083	0,0076	0,0085
Wskaźnik kinematyki gry (WKG)	2,0	3,0	2,3	2,4	3,8	4,9	4,2	4,3	5,1	5,6	4,9	5,2
Wskaźnik PB (WPB) [%]	16,5%	15,5%	15,6%	15,8%	15,8%	13,6%	14,3%	14,5%	14,6%	15,6%	15,5%	15,3%

Wytłuszczonym drukiem wyróżniono wielkości zmierzone, normalnym drukiem wielkości wyliczone.

Przytoczone kinematyczne modele mistrza stanowią układ odniesienia i ze względu na możliwości motoryczne (wytrzymałościowo – szybkościowe) zawodnika, mogą być wykorzystane w naborze i selekcji piłkarzy do kadry młodzieżowej, olimpijskiej i narodowej. Innym, przykładowym zastosowaniem, może być optymalizacja treningu sportowego ze względu na dobór i intensyfikację środków treningowych.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań ustalono, że nie ma podstaw do odrzucenia postawionych hipotez dla wszystkich form podziału lokomocji. Wykorzystanie metody fotokinematycznej umożliwi obiektywne porównywanie piłkarzy pod względem indywidualnym, grupowym i zespołowym, tym samym uzasadniono słuszność idei postawionego celu podstawowego niniejszego artykułu.

Zasadność ta jest ugruntowana poniższymi – przykładowymi twierdzeniami, ponieważ wszystkie badane formy lokomocji przetestowano statystycznie – określeniem tzw. komputerowego poziomu istotności. Przykładowe twierdzenia gwarantują, że:

1. Piłkarze grający w Kadrze Narodowej podczas trwania meczu wykazali się znacząco krótszym czasem stania oraz istotnie większym pokonanym całkowitym dystansem, jak też dystansem pokonywanym z prędkością poniżej i powyżej progu przemian beztlenowych oraz udziałem przyspieszeń liczonych dla przemian beztlenowych od drużyn na niższym etapie mistrzostwa sportowego, uzyskując znacząco wyższą średnią prędkość poruszania się w meczu i osiągając większą wartość wskaźnika kinematyki gry.
2. Piłkarze grający w Kadrze Olimpijskiej podczas trwania meczu wykazali się znacząco krótszym czasem stania oraz istotnie większym udziałem przyspieszenia liczonego dla przemian beztlenowych od drużyn na niższym etapie mistrzostwa sportowego.
3. Piłkarze grający w Kadrze Młodzieżowej podczas trwania meczu w większości badanych elementów kinematyki gry osiągnęli jedynie zbliżoną wartość wskaźnika przemian beztlenowych do wskaźnika drużyn na wyższych etapach mistrzowskich.
4. Drużyny polskie i zagraniczne na równorzędnych etapach mistrzostwa sportowego większości elementów kinematyki gry (poza czasem stania i wskaźnikiem przemian beztlenowych oraz uzyskaną prędkością maksymalną) osiągają zbliżone wartości.

Przypisy

1. Bangsbo J., Lindquist F. (1992): Comparison of various exercise test with endurance performance during soccer in professional players. *Int. J. Of Sports Medicine* 13, s. 125-132.
2. Bangsbo J. (1994): The physiology of soccer. [in:] *Acta Physiologica Scandinavica An International Journal of Physiological Science*. Vol. 151, supl. 619.
3. Bangsbo J. (1999) Sprawność fizyczna piłkarza. *Naukowe podstawy treningu*. COS Warszawa, s. 48-55.
4. Barros1 R. M. L., Figueroa P. J., Anido R., Cunha S. A., Misuta M. S., Leite N., Lima Filho E. C., Brenzikofer R. (2001): Automatic Tracking of Soccer Players. [in:] *Book of abstracts, XVIIIth Congress of the International Society of Biomechanics, ETH Zürich, Switzerland, 8-13 july 2001*, pp. 236-237.
5. Bouisset S. (1992): Etienne-Jules Marey, or when motion biomechanics emerged as a science. [in:] Cappozzo A., Marchetti M., Tosi V. *Bioloocomotion: A century of research using moving pictures*. Promograph, Roma, s. 71-88.
6. Chmura J. (1997): Charakterystyka i koszt fizjologiczny czynności ruchowych piłkarza w czasie gry. *Sport Wyczynowy* nr 5-6 Warszawa.
7. Czerwiński J. (1994): Odcinki biegowe u piłkarek ręcznych. *UKFiT. Trening* nr 3(23), Warszawa, s. 72-80.
8. Dargiewicz R. Jastrzębski Zb. (1998): Analiza kinematyczna gry reprezentacji Polski w piłce nożnej. *Lokomocja'98, Centrum Badań Lokomocji, AWF Gdańsk*.
9. Defour, W. (1993). Computer-assisted scouting in soccer. [in:] T. Reilly, J. Clarys and A. Stibbe (eds.), *Science and Football II*. London: E. and F.N. Spon. 160-166.
10. Dziąsko J., Naglak Z. (1986): *Teoria sportowych gier zespołowych*. PWN, Warszawa.
11. Eckblom B. (1986): Applied physiology of soccer. *Sports Medicine* 3, s. 50-60.
12. Erdmann W. S. (1987): Założenia badań ruchu zawodników w grach sportowych metodą optyczną. *Raport Zakładu Biomechaniki 1987-06*. Akademia Wychowania Fizycznego im. J. Śniadeckiego. Gdańsk.
13. Erdmann W. S. (1995): *EMRA Systems. Erdmann movements' recordings, analyses systems*. Gdańsk.
14. Hennig, E. M., Sterzing T. F. (1999): The use of global positioning systems (GPS and DGPS) for the tracking of human motion. [in:] *XVIIth Congress of the International Society of Biomechanics*. Calgary: Dept. of Kinesiology, Univ. of Calgary, p. 193.
15. Hennig, E. M., Briele R. (2000): Game analysis by GPS satellite tracking of soccer players. [in:] *CSB/SCB XI and SB XXV- Canadian Society for Biomechanics Conference*. Montréal, Canada: Département de kinésiologie, Université de Montréal, p. 44.
16. Jastrzębski Z. (2004): Zakres obciążeń treningowych i ich wpływ na dynamikę rozwoju sportowca uprawiającego piłkę nożną i piłkę ręczną. *AWFIS Gdańsk – praca w druku*.
17. Kollath, E.; Krabbe, B. (1996): Kinetic analysis of short sprints of soccer players. [in:] *Kinetische Analyse kurzer Sprints von Fussballspielern, Sportonomics (Muenchen)*, 2 (2). p. 55-58
18. Kollath E. (1998): *Piłka nożna. Technika i taktyka*. Oficyna wydawnicza Marshal, Wrocław, s. 16-17
19. Konarski J., Strzelczyk R. (2000): Propozycja rejestracji obciążeń zewnętrznych i wewnętrznych na przykładzie zawodników hokeja na trawie. *Materiały VIII Konferencji Naukowej pt.: Wychowania Fizyczne i Sport w Badaniach Naukowych - AWF Poznań*.

20. Konarski J. (2003): Charakterystyka obciążeń zewnętrznych i wewnętrznych zawodników trenujących hokeja na trawie. AWF Poznań.
21. Kuzora P. (1996): Computer aided game evaluation (CAGE). Gdańsk.
22. Lacour J.R. (1982): Fizjologiczne aspekty gry w piłkę nożną. Sport Wyczynowy, nr 12.
23. Ohashi, J., Togari, H., Isokawa, M. & Suzuki, S. (1988): Measuring movement speeds and distances covered during soccer match-play. [in:] T. Reilly, A. Lees, K. Davis and W.J. Murphy (eds.), Science and Football I. London: E. and F.N. Spon. 329-333.
24. Ohashi, J., Isokawa, H., Nagahama, H. & Ogushi, T. (1993): The ratio of physiological intensity of movements during soccer match-play. [in:] T. Reilly, J. Clarys and A. Stibbe (eds.), Science and Football II. London: E. and F.N. Spon. 124-128.
25. Przybylski W. (1998): Kompleksowa kontrola specjalnego przygotowania piłkarzy. UKFiT – COS. Trening nr 2-3(38-39), Warszawa, s. 221-228.
26. Reilly T. (1990) Football. [in:] Reilly T., Secher N. H., Snell P., Williams C. - red. Physiology of Sport. Londyn, E. and F. N. Spon, s. 371-425.
27. Smith M. i wsp. (1993): Blood lactate levels in college soccer players during match-play. [in:] T. Reilly, J. Clarys and A. Stibbe (eds.), Science and Football II. London: E. and F.N.
28. Sozański H. (1995): Kierunki unowocześniania procesu treningu. UKFiT. Trening nr 1(25), Warszawa, s.7-20.
29. Tosi V. (1992): Marey and Muybridge: How modern biolocomotion analysis started. [in:] Cappozzo A., Marchetti M., Tosi V. Biolocomotion: A century of research using moving pictures. Promograph, Roma, s. 51-69.
30. Vandenbroucke N., Macaire L., et J.-G. Postaire (1997): Soccer player recognition by pixels classification in an hybrid color space, [in:] Multispectral and Hyperspectral Imagery III, volume 3071, pages 23–33, Orlando.
31. Vandenbroucke N., Macaire L., et J.-G. Postaire (2000): Color image segmentation by supervised pixel classification in a color texture feature space. Application to soccer image segmentation, [in:] IAPR International Conference on Pattern Recognition, volume 3, pages 625–628, Barcelona.
32. Ważny Z. (1996): Kierunki doskonalenia metod kontroli treningu. UKFiT. Sport Wyczynowy nr 3-4, Warszawa, s. 14-26.
33. Żyhodniuk P. (1994) Próba oceny aktywności ruchowej zawodników piłki nożnej na poziomie trzeciej i międzyokręgowej ligi z uwzględnieniem pozycji w drużynie (cz. I) Trener, 4:22-26.