
Η ΜΕΤΡΗΣΗ, Η ΚΙΝΗΣΗ ΚΑΙ Ο ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΣ
ΤΗΣ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

M

ετά την πρωτοποριακή εργασία του Τέιτ σχετικά με την πορεία της μπάλας, ο καινούριος επιστημονικός κλάδος –που θα γινόταν, τελικά, η επιστήμη του αθλητισμού– ατόνησε εντυπωσιακά. Αν ρίξουμε μια ματιά στους τίτλους των εργασιών που ανακοινώθηκαν στα σύγχρονα περιοδικά της επιστήμης του αθλητισμού, δεν θα βρούμε δημοσιευμένο τίποτε σημαντικό με χρονολογία νωρίτερα από τη δεκαετία του 1950. Το σχόλιο αυτό δεν έχει σκοπό να υποτιμήσει την τεράστια συνεισφορά χαρισματικών προπονητών και παικτών στον χώρο του ποδοσφαίρου, την περίοδο που μεσολάβησε. Αν έλειπαν αυτοί, δεν θα είχαν υλοποιηθεί οι ριζοσπαστικές αλλαγές που έγιναν στα αγωνιστικά συστήματα, ούτε θα είχαν υιοθετηθεί ορισμένα προσωπικά αγωνιστικά στιλ, ούτε θα είχαν αφομοιωθεί αρκετές πολύπλοκες ποδοσφαιρικές δεξιότητες. Οι επιστήμονες του αθλητισμού ανήκαν στο μέλλον – ωστόσο, η επαγγελματική προσέγγιση του παιχνιδιού που εμφανιζόταν

ο συστηματικά από κάποιες εθνικές ομάδες, έδειχνε ότι επρόκειτο να έρθουν μεγάλες αλλαγές. Όταν οι Βραζιλιάνοι έφτασαν στη Σουηδία για το Παγκόσμιο Κύπελλο του 1958, αμέσως μετά τις τραυματικές εμπειρίες τους στην Ελβετία (τα προηγούμενα τέσσερα χρόνια), θεωρούσαν καινοτομία (και περηφανεύονταν γι' αυτό) το γεγονός πως η ομάδα τους διέθετε όχι μόνο γιατρό, αλλά και ψυχολόγο. Ο γιατρός τους επισκέφθηκε τη Σουηδία –την προηγούμενη χρονιά– συγκεντρώσε πληροφορίες και ετοίμασε έναν ογκώδη φάκελο με τα πλέον κατάλληλα μέρη για να καταλύσει η αποστολή της ομάδας, προτιμώντας τις καλύτερες προπονητικές εγκαταστάσεις. Δεν γνωρίζουμε πολλά για τις τεχνικές που χρησιμοποίησε ο ψυχολόγος τους, ωστόσο, από τον τρόπο που αντιμετώπιζε τα παιχνίδια και από το καινούριο αγωνιστικό σύστημα που υιοθέτησε η ομάδα, φαινόταν πως η Βραζιλία είχε ξεορκίσει τους δαίμονες της Βέρνης. Αντιθέτως, η Εθνική Αγγλίας ταξίδευε χωρίς γιατρό στην ομάδα της μέχρι και τα τελικά του Παγκοσμίου Κυπέλλου της Χιλής, το 1962. Λίγο έλειψε να πληρώσει ακριβά αυτή την απρονοησία, αφού, στη διάρκεια των αγώνων κινδύνευσε να χάσει τη ζωή του ο αμυντικός Πίτερ Σουάν. Την παράλειψη επανόρθωσε ο Άλφ Ράμοσεϊ, που διορίστηκε προπονητής της εθνικής ομάδας μετά από άλλη μια αποτυχία στο Παγκόσμιο Κύπελλο του 1962.

Η μακρά περίοδος αδράνειας της επιστήμης του αθλητισμού έφτασε στο τέλος της κατά τη δεκαετία του 1950, όταν άρχισαν να εμφανίζονται νέες σημαντικές επιστημονικές εργασίες. Ολοένα και περισσότεροι έδειχναν να συνειδητοποιούν ότι ο αθλητισμός ήταν ένα πεδίο μελέτης εξίσου αξιόλογο όσο και τα υπόλοιπα πεδία της επιστήμης, καθώς και το γεγονός ότι οι αθλητές θα μπορούσαν να ωφεληθούν από τους καρπούς της επιστημονικής έρευνας. Το ποδόσφαιρο, μολοντί άκρως δημοφιλές, άργησε να προσελκύσει το ενδιαφέρον των ερευνητών και χρειάστηκε να φτάσουμε στη δεκαετία του 1960 για να αποσπάσει τη δέουσα προσοχή. Έκτοτε, η επιτυχία στο ποδόσφαιρο έπαψε να βασίζεται στον παράγοντα τύχη, καθώς οι συμβατικότητες και οι προκαταλήψεις αμφισβητήθηκαν από τις

πρωτοποριακές τεχνικές, που ξεκινούσαν από την ακριβή μέτρηση των κινήσεων των παικτών στη διάρκεια των αγώνων, μέχρι τον προσδιορισμό των ιδιαίτερων δεξιοτήτων που απαιτούνταν στα σουτ και στις κεφαλιές ακριβείας. Όλη αυτή η προσπάθεια βασίστηκε στην έρευνα της ανθρώπινης αντίληψης σε βάθος, στην απόρριψη της ελλιπούς –και συχνά παραπλανητικής– θεώρησης του κόσμου που μας αποκαλύπτουν οι περιορισμένες αισθήσεις μας, και στην καταγραφή και μέτρηση κάθε κίνησης με κάθε λεπτομέρεια.

Ο Τέιτ ξεπέρασε τις δυσκολίες της εποχής του επιστρατεύοντας τις ρηξικέλευθες θεωρητικές και πρακτικές παρατηρήσεις του, όμως αντί να εκτοξεύει μπαλάκια του γκολφ ο' ένα εκκρεμές και να μετρά τις ελάχιστες αποκλίσεις, θα μπορούσε να είχε μελετήσει εικόνες υψηλής ταχύτητας και να αντλήσει τα στοιχεία για την ταχύτητα και τη γωνία εκτόξευσης κάνοντας απλούς υπολογισμούς ύστερα από μια μόνιμη καταγραφή του γεγονότος. Κάτι τέτοιο θα ήταν εφικτό με τη χρήση της φωτογραφίας – ο Τέιτ, δίχως άλλο, γνώριζε τις επιστημονικές δυνατότητες του μέσου. Όμως, ακόμα και με τις βελτιώσεις που είχαν συντελεστεί στην τεχνική της φωτογράφισης κατά τη δεκαετία του 1870, ο συμβατικός χρόνος που απαιτούνταν για τη λήψη της φωτογραφίας υπολογιζόταν ακόμα σε δευτερόλεπτα. Στο γκολφ, ένα καλό χτύπημα ήταν αδύνατον να καταγραφεί με τον συμβατικό εξοπλισμό της εποχής. Η κίνηση της μπάλας ήταν σχεδόν αθέατη ταξίδευε τόσο γρήγορα ώστε ήταν ανέφικτο να απεικονιστεί σε μια φωτογραφική πλάκα. Το πρόβλημα έμελλε να επιλυθεί από δύο ανθρώπους που μόνο συμβατικοί δεν ήταν. Έζησαν περίπου την ίδια εποχή με τον Τέιτ, και οι παρατηρήσεις τους αποκάλυψαν τα μυστικά στην κίνηση των ανθρώπων και των ζώων, καθώς απαθανάτιζαν τέλειες εικόνες που ήταν αδιόρατες στο ανθρώπινο μάτι.

Ο Ετιέν-Ζιλ Μάρεϊ και ο Έρντγουερντ Μάμπριτζ γεννήθηκαν και οι δύο το 1830, έζησαν την ίδια χρονική περίοδο με τον Τέιτ (1831-1901), και πέθαναν ακριβώς την ίδια χρονιά, το 1904. Ωστόσο, οι τρεις τους δεν συναντήθηκαν ποτέ, ούτε ο Τέιτ γνώριζε το

πεδίο του επιστημονικού τους ενδιαφέροντος. Ωστόσο, ο Μάρει και ο Μάιμπριτζ συναντήθηκαν στο Παρίσι, το 1861, μετά από πρόσκληση του Μάρει. Εκεί αντάλλαξαν ιδέες πάνω στις διαφορετικές προσεγγίσεις τους για το απαιτητικό θέμα της καταγραφής και της ανάλυσης της κίνησης σε όλα τα πλαίσια.

Ο Τέιτ μάλλον θα ταίριαζε καλύτερα με τον Γάλλο Μάρει. Σε σύγκριση με τον Μάιμπριτζ ήταν πιο συμβατικός, αν και όχι λιγότερο προικισμένος ή επινοητικός. Κι αυτός, όπως ο Τέιτ, ήταν ακαδημαϊκός και είχε σπουδάσει Ιατρική στο Πανεπιστήμιο του Παρισιού. Επίσης, ήταν πολύ ικανός στη μηχανική και εφηύρε συσκευές που μπορούσαν να απεικονίσουν τον ανθρώπινο παλμό και το φτερούγισμα των πουλιών και των εντόμων. Οι μηχανικές συσκευές, ακόμη και οι πιο ευαίσθητες, πάντα επηρεάζουν ως ένα βαθμό και μπορεί να απορρυθμίσουν και να αλλοιώσουν τη συμπεριφορά του υπό μελέτη υποκειμένου.

Φαίνεται πως μετά τη συνάντησή του με τον Μάιμπριτζ, το 1861, ο Μάρει σκέφτηκε πως ο καλύτερος τρόπος για να απαθανατίσουμε την κίνηση, χωρίς να επηρεάσουμε τη συμπεριφορά του υποκειμένου, ήταν η φωτογραφία. Υπήρχε μόνο ένα πρόβλημα: το ελαφρύ φωτογραφικό φιλμ εμφανίστηκε τη δεκαετία του 1880, και μέχρι τότε δεν ήταν δυνατόν να τυλιχτεί το φιλμ γρήγορα μέσα στη μηχανή. Ο Μάρει έλυσε το πρόβλημα χρησιμοποιώντας μια κυκλική φωτογραφική πλακέτα που περιστρεφόταν με ταχύτητα πίσω από τον φωτογραφικό φακό, έτσι ώστε να μπορεί να απαθανατίσει διαδοχικά στοπ-καρέ όταν επρόκειτο να φωτογραφίσει κάτι που κινείται. Η πρωτότυπη συσκευή αναφερόταν με την ονομασία *«fusil photo»*, η «μηχανή τουφέκι», καθώς έμοιαζε πάρα πολύ με μακρύκαννο όπλο, με τη διαφορά ότι η κάννη ήταν ένας φωτογραφικός φακός που χρησιμοποιούσαν προκειμένου να εστιαστούν οι εικόνες πάνω στην περιστρεφόμενη πλακέτα. Οι εξορμήσεις του στη γαλλική ύπαιθρο θα πρέπει να προκαλούσαν ποικίλα σχόλια, όμως με τη βοήθεια αυτής της συσκευής κατάφερε ν' αποκαλύψει πολλά κρυφά σημεία της πτήσης, «παγώνοντας» τις γρήγορες κινήσεις στο φτε-

ρούγισμα των πουλιών. Ανέπτυξε, επίσης, μια ιδιαίτερα πρωτοποριακή μέθοδο για την καταγραφή της ανθρώπινης κίνησης. Τα ανθρώπινα «μοντέλα» στα πειράματά του φορούσαν μαύρες ολόσωμες στολές, με ανακλαστικά στρογγυλά σημεία στους αστραγάλους, τα γόνατα και τους αγκώνες. Από τα άκρα του σώματος ξεκινούσαν λεπτές ανακλαστικές ταινίες οι οποίες ενώνονταν με αυτά τα σημεία. Όταν φωτογράφιζε το «μοντέλο» σε ένα πολύ σκοτεινό φόντο, εμφανίζονταν στην εικόνα μόνο τα στρογγυλά σημεία και οι ανακλαστικές ταινίες, επιτρέποντας έτσι μια τέλεια γραμμική καταγραφή του ανθρώπινου διασκελισμού – τα πρώτα δείγματα αυτών που σήμερα ονομάζουμε κινητογραφήματα. Με την πρώτη ματιά δεν μοιάζουν να είναι κάτι παραπάνω από ανθρωπάκια σε κινούμενα σχέδια, αλλά όταν προσδιορίζεται σε ποιον ανήκουν οι μάζες των διαφόρων άκρων των σωμάτων, μπορούμε να μελετήσουμε την κίνηση του ανθρώπινου μοντέλου με πολύ μεγάλη ακρίβεια. Η επινόηση ενός μαθηματικού μοντέλου που προέρχεται από τα κινητογραφήματα, μας δίνει τη δυνατότητα να διερευνήσουμε ερωτήματα του τύπου, «Τι θα γίνει αν...» Τι θα γίνει αν αυτός ο παίκτης γείρει το σώμα του λίγο παραπάνω τη στιγμή που κλοτσάει την μπάλα; Θα αυξηθεί η ταχύτητα εκτόξευσης της μπάλας; Και τι θα γίνει αν ο τερματοφύλακας κάνει ένα βήμα προς τα πλάγια, πριν βουτήξει για να σώσει το πέναλτι – άραγε, θα βελτιωθεί το εύρος της εκτίναξης; Οι αρχές του Μάρει εντοπίζονται ακόμη και σήμερα σε ιδιαίτερος εξελιγμένα συστήματα ανάλυσης της κίνησης, παρόλο που τα ανακλαστικά σημεία του έχουν αντικατασταθεί από πομποδέκτες υπέρυθρων ακτίνων. Οι τεχνικές αυτές χρησιμοποιούνται ευρέως για την παραγωγή ρεαλιστικών απεικονίσεων σε μεγάλες χολιγουντιανές ταινίες, που γυρίζονται με τον ίδιο τρόπο όπως τα κινούμενα σχέδια.

Ο Μάιμπριτζ ήταν ένας πολύ πιο εκκεντρικός άνθρωπος. Γεννημένος ως Έρντγουερντ Τζέιμς Μάγκεριτζ, στο Κίνγκστον του Τάμσερ, σε ηλικία είκοσι ετών πήγε στην Αμερική, αλλά επέστρεψε στην Αγγλία για να σπουδάσει φωτογραφία. Το 1872 έγινε φίλος

με τον Λίλαντ Στάνφορντ, μεγιστάνα των σιδηροδρόμων και κυβερνήτη της Καλιφόρνια. Ο Μάμπριτζ, που ήταν πλέον ένας καταξιωμένος και ικανός φωτογράφος, πείσθηκε να χρησιμοποιήσει τις γνώσεις του προκειμένου να διευθετηθεί ένα φιλόδοξο στοίχημα που είχε βάλει ο Στάνφορντ με τους συνεργάτες του, Τζέιμς Ρ. Κην και Φρέντερικ Μακρέλις. Κάποιες μαρτυρίες ανεβάζουν το ποσό του στοιχήματος στα 25.000 δολάρια. Ο Στάνφορντ, που έκανε περιουσία κατασκευάζοντας σιδηροδρομικές γραμμές, θα μπορούσε άνετα ν' αντέξει την απώλεια του στοιχήματος, αλλά δεν υπάρχει καμιά μαρτυρία ότι τα χρήματα άλλαξαν χέρια. Το στοίχημα αφορούσε τις κινήσεις ενός αλόγου και την πιθανότητα (όπως πίστευε ο Στάνφορντ) κατά τη διάρκεια του καλπασμού, να υπάρχει μια στιγμή όπου και οι τέσσερις οπλές δεν θα πατούσαν στο έδαφος. Η κίνηση είναι υπερβολικά γρήγορη για να την καταγράψει το ανθρώπινο μάτι, και χρειάστηκαν σχεδόν έξι χρόνια για να βρεθούν πειστικές αποδείξεις και να κερδίσει (ο Στάνφορντ) το στοίχημα. Σε αντίθεση με την προσέγγιση του Μάρεϊ, ο Μάμπριτζ χρησιμοποιούσε πολλές φωτογραφικές μηχανές, που τραβούσαν διαδοχικές φωτογραφίες καθώς το άλογο κάπαζε κατά μήκος ενός περιφραγμένου διαδρόμου.

Η έρευνα διεκόπη το 1874, όταν ο Μάμπριτζ δικάστηκε για φόνο. Ήταν επιπόλαιος χαρακτήρας, και σε μια στιγμή παροξυσμού δεν δίστασε να πυροβολήσει τον εραστή της γυναίκας του επειδή υποψιαζόταν ότι ήταν ο πατέρας του νεογέννητου γιου τους. Η ετυμηγορία ήταν ανθρωποκτονία εκ προθέσεως, αλλά η απόφαση του δικαστηρίου ήταν απαλλακτική – γεγονός που μάλλον οφειλόταν στην επιρροή του Στάνφορντ. Ωστόσο, οι δυο άντρες ήρθαν αργότερα σε ρήξη, όταν ο Στάνφορντ προσπάθησε να ιδιοποιηθεί την ανακάλυψη του Μάμπριτζ, παρουσιάζοντάς τον ως έναν απλό, μισθοσυντήρητο φωτογράφο. Ο Μάμπριτζ δικαιώθηκε όταν στη συνέχεια τύπωσε πολλές χιλιάδες απ' αυτές τις φωτογραφίες σε δύο έργα του που δημοσίευσε, με τίτλους «Η Κίνηση των Ζώων» (1887) και «Η Ανθρώπινη Μορφή σε Κίνηση» (1901). Τόσο αυτός, όσο

και ο Μάρεϊ κατασκεύασαν συσκευές που αποτέλεσαν τους προγόνους των μηχανών προβολής κινηματογραφικών ταινιών, επηρεάζοντας σε μεγάλο βαθμό την πρόμη ανάπτυξη της ταινίας ως μέσου ψυχαγωγίας.

Ενώ οι ιδέες του Τέιτ περιέπεσαν σε αχρηστία, δεν συνέβη το ίδιο με την επιστημονική συνεισφορά των Μάρεϊ και Μάμπριτζ, αν και κανείς δεν θα μπορούσε τότε να προβλέψει τους ρυθμούς με τους οποίους θα αναπτυσσόταν η επιστήμη γύρω από την ανάλυση της κίνησης. Το φιλμ από σελλιδόντ καθιερώθηκε ταχύτατα και τα νέα γαλακτώδη συστατικά των φιλμ επέτρεπαν ακόμη πιο σύντομους χρόνους στη σύλληψη του στιγμιότυπου, που ελαχιστοποιήθηκε σε εκατοστά, ακόμα και σε χιλιοστά του δευτερολέπτου. Στον χώρο του αθλητισμού, οι προπονητές αντιλήφθηκαν γρήγορα τις δυνατότητες του μέσου. Οι πιο καίριες κινήσεις μπορούσαν να προβληθούν ξανά, ακόμα και να αναπαραχθούν σε αργή κίνηση. Όμως, αυτό που ενθουσίαζε τους επιστήμονες του αθλητισμού ήταν η πιθανότητα ποσοτικής ανάλυσης από εικόνες σε φιλμ. Μπορείς να προβάλεις το φιλμ μιας λανθασμένης ενέργειας πολλές φορές, και συχνά να βρεις τη λύση προκειμένου ο αθλητής να αποφύγει στο μέλλον το ίδιο λάθος· τι συμβαίνει, όμως, όταν το λάθος είναι ανεπαίσθητο και προκύπτει από μια αλληλουχία πολλών λανθασμένων ενεργειών, που είναι προφανώς ασήμαντες από μόνες τους; Ή όταν ο προπονητής και ο αθλητής επιθυμούν ν' αναπτύξουν νέες τεχνικές, που τα πιθανά αποτελέσματά τους είναι αβέβαια, ακόμη και επικίνδυνα; Για να διερευνηθούν αυτά τα ερωτήματα, πρέπει πρώτα να βρούμε έναν τρόπο που θα μας επιτρέψει να κατανοήσουμε όχι μόνο την κίνηση αυτή καθαυτή, αλλά και τις θεμελιώδεις δυνάμεις που την προκαλούν. Με τα ζητήματα αυτά καταπιάνεται η επιστήμη της βιο-Μηχανικής, ένας επιστημονικός κλάδος που βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην επιστήμη της ανάλυσης της κίνησης ως εργαλείου για την εφαρμογή των συμπερασμάτων του.

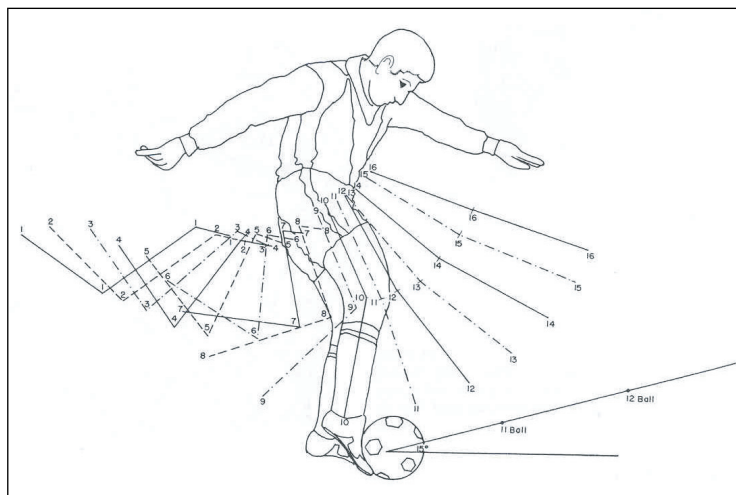
Το σημείο εκκίνησης για να περιγράψουμε οποιαδήποτε μορφή κίνησης, είναι η ακριβής γνώση των δυνάμεων που την προκαλούν.

Αυτό το θεμελιώδες ζήτημα διερευνήθηκε και επιλύθηκε από τον Νεύτωνα, τον 17ο αιώνα, και εκφράστηκε από τους περίφημους νόμους της κίνησης που φέρουν το όνομά του. Για να το πούμε απλά, οι δυνάμεις προκαλούν επιταχύνσεις. Για να υπολογίσουμε το μέγεθος της επιτάχυνσης διαιρούμε τη δεδομένη δύναμη προς τη μάζα του αντικειμένου που μετακινείται. Γνωρίζοντας την επιτάχυνση, είναι πολύ εύκολο να βρούμε την ταχύτητα του αντικειμένου σε οποιαδήποτε στιγμή, καθώς και την απόσταση που θα έχει διανύσει σε μια δεδομένη χρονική περίοδο. Στο ποδόσφαιρο, αυτό θα αντιστοιχούσε με το να γνωρίζουμε πόση δύναμη καταναλώνεται στα λίγα χιλιοστά του δευτερολέπτου όταν το πόδι βρίσκεται σ' επαφή με την μπάλα. Αν κλοτησούμε μια ακίνητη μπάλα, θα εκτοξευθεί με μια αρχική ταχύτητα, και το πόσο μακριά θα φτάσει εξαρτάται από τις δυνάμεις της βαρύτητας και της αεροδυναμικής. Φαίνεται απλό, ωστόσο υπάρχει ένας μικρός «ύφαλος». Αν εξαιρέσουμε τις κινήσεις κάτω από εξιδανικευμένες συνθήκες –όπως π.χ. την περίπτωση ενός αντικειμένου που εκτελεί ελεύθερη κίνηση, υπόκειται στον νόμο της βαρύτητας και δεν υφίσταται τριβή εξαιτίας της αντίστασης από τον αέρα– σπανίως έχουμε λεπτομερή εικόνα των δυνάμεων που εφαρμόζονται σε ένα κινούμενο σώμα, ή του τρόπου που μεταβάλλονται με την πάροδο του χρόνου. Αυτές ακριβώς τις δυνάμεις και τους συσχετισμούς τους προσπαθεί να κατανοήσει εξαρχής ο βιο-μηχανικός. Πρόκειται, καθώς φαίνεται, για έναν κλασικό ατέρμονα συλλογισμό.

Για να επιλύσουμε το πρόβλημα στην πράξη, το κόλπο είναι να δουλέψουμε αντίστροφα: παρατηρούμε την κίνηση και ύστερα αναλύουμε τις δυνάμεις που ευθύνονται γι' αυτήν με δυο λόγια, παρατηρούμε το αποτέλεσμα και κατευθυνόμαστε προς την αιτία. Ξεκινάμε με ακριβή στοιχεία σχετικά με τη θέση του αντικειμένου, τα οποία αντλούμε από μια αλληλουχία εικόνων καταγεγραμμένων σε φιλμ, ή από βιντεοκάμερες. Οι ακριβείς συντεταγμένες της θέσης του αντικειμένου μπορούν να εντοπιστούν απευθείας απ' αυτά τα στοιχεία, με την προϋπόθεση ότι ο χώρος που διεξάγεται το πείρα-

μα έχει βαθμονομηθεί προσεκτικά. Επομένως, έχουμε μια σειρά στιγμιότυπων (εικόνες), καθώς και τους αντίστοιχους χρόνους που χρειάζεται για να πάμε από το ένα στιγμιότυπο στο άλλο· επίσης γνωρίζουμε πόσο γρήγορα έχουν απαθανατιστεί αυτές οι εικόνες (την ταχύτητα κινηματογράφησης των καρέ). Όλα αυτά τα στοιχεία μετατρέπονται πολύ εύκολα σε επί μέρους ταχύτητες (η απόσταση που διανύεται ανά μονάδα χρόνου) και σε επί μέρους επιταχύνσεις (η μεταβολή της ταχύτητας ανά μονάδα χρόνου). Επικαλούμαστε για άλλη μια φορά τον νόμο του Νεύτωνα, και πολλαπλασιάζουμε τις επιταχύνσεις με τη δεδομένη μάζα του αντικειμένου ώστε να προκύψουν οι επί μέρους στιγμιαίες δυνάμεις που εφαρμόζονται. Η διαδικασία αυτή, που αποτελεί μια πολύ ισχυρή τεχνική στη βιο-Μηχανική, ονομάζεται *αντίστροφη δυναμική*, επειδή οι νόμοι του Νεύτωνα εφαρμόζονται κατά την αντιστροφή της διαδικασίας. Στη δεκαετία του 1960 και του 1970, ο Στάνλεϊ Πλάγκενχοφ, πρωτοπόρος στην ανάλυση της ανθρώπινης κίνησης, μελέτησε εικόνες κινηματογραφικού φιλμ, καρέ-καρέ, και ψηφιοποίησε προσεκτικά τις θέσεις των άκρων του σώματος. Το αποτέλεσμα ήταν μια σειρά από κινητογραφήματα με εξαιρετική ακρίβεια στη μέτρηση (εικόνα 4.1), που έμοιαζαν πολύ μ' αυτά του Μάρει και μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να προσδιοριστούν επακριβώς οι ταχύτητες των μελών του σώματος και οι επιταχύνσεις. Τα κινητογραφήματα αυτά πρόσφεραν σημαντικές πληροφορίες, π.χ. σε ό,τι αφορά τη μηχανική που εφαρμόζεται όταν επιχειρείται ένα σουτ.

Το φωτογραφικό φιλμ, ως μέσο έρευνας, έχει αντικατασταθεί σε μεγάλο βαθμό από την ψηφιακή εικόνα που μας δίνει το βίντεο. Σε τομείς όπου η επεξεργασία και η ανάλυση των στιγμιότυπων αποτελούν αποφασιστικούς παράγοντες, δεν μπορεί να γίνει καμιά σύγκριση ανάμεσα στο φιλμ και στα ψηφιακά μέσα. Είναι εντυπωσιακό, πόσο ακριβείς μετρήσεις μπορούν να γίνουν χάρη σ' αυτά τα μέσα, σε πειραματικές μελέτες δραστηριοτήτων όπως οι επαναφορές ή οι εκτελέσεις φάουλ, όπου το πεδίο κίνησης εκτείνεται, συχνά, πολύ πάνω από τα 20 μέτρα.



ΕΙΚΟΝΑ 4.1 Κινητογράφημα ψηφιακά επεξεργασμένο από κινηματογραφικό φιλμ (σύμφωνα με τον Πλάγκενχοφ).

Εκεί όπου το οπτικό πεδίο είναι περιορισμένο, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε συμπληρωματικά συστήματα παρατήρησης. Αυτά τα συστήματα δεν παράγουν ορατές εικόνες, αλλά επιτυγχάνουν πολύ μεγάλη ακρίβεια, μετρώντας πολύ συχνά τις θέσεις σε κλάσματα του χιλιοστού. Η βασική αρχή λειτουργίας τους μοιάζει πολύ με τα κινητογραφήματα του Μάρεϊ και τις ολόσωμες μαύρες στολές· τα «μοντέλα» φορούν ελαφρούς αισθητήρες, ενσωματωμένους σε σημεία-κλειδιά της ανατομίας τους. Ο σταθμός που καταγράφει τις κινήσεις εκπέμπει υπεριώδεις ακτίνες υψηλής συχνότητας, και οι αισθητήρες ανταποκρίνονται, δίνοντας τις στιγμιαίες συντεταγμένες της θέσης τους. Ένα τεράστιο όφελος από τα συστήματα αυτού του είδους είναι ότι δεν απαιτείται ψηφιοποίηση των διαδοχικών εικόνων για να πάρουμε τις συντεταγμένες της θέσης. Όλα αυτά τα φροντίζει το ηλεκτρονικό λογισμικό που συνδέεται με το σύστημα λήψεως στοιχείων. Ωστόσο, όπως συμβαίνει και με την

ψηφιακή απεικόνιση, τα αρχικά αποτελέσματα έχουν τη μορφή θέσεων, ταχυτήτων και επιταχύνσεων, οπότε απαιτείται και πάλι η χρήση κάποιας μορφής αντίστροφης δυναμικής για να φτάσουμε στις ύψιστης σημασίας δυνάμεις.

Συστήματα σαν κι αυτά –που βασίζονται στην ψηφιακή απεικόνιση ή στη χρήση αισθητήρων υπεριώδους ακτινοβολίας– έχουν συνεισφέρει τα μέγιστα στην κατανόηση της ανθρώπινης κίνησης στα διάφορα αθλήματα, και έχουν συμβάλει σημαντικά στην ανάπτυξη της βιο-Μηχανικής επιστήμης. Χρειάστηκε να περάσουν πολλές δεκαετίες μέχρι να φτάσουμε στα πολύπλοκα συστήματα της εποχής μας, όμως ήδη από τη δεκαετία του 1950 άρχισαν να εμφανίζονται σοβαρές επιστημονικές εργασίες, σηματοδοτώντας την έξοδο από τον λήθαργο σε πολλά πεδία του αθλητισμού.

Όπως ήταν αναμενόμενο, οι πρώτες εργασίες πραγματοποιούνταν ξανά την πορεία της μπάλας –που τόσο είχε συναρπάσει τον Τέιτ– όμως, τώρα, κάλυπταν ευρύτερο χώρο περιλαμβάνοντας το μπίιζμπολ και το γκολφ. Το ποδόσφαιρο έπρεπε να περιμένει μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1960 για να καταπιαστεί μαζί του μια σοβαρή ποσοτική μελέτη, ωστόσο δύο επιστημονικές εργασίες ξεχώρισαν εκείνη την εποχή. Η πρώτη ασχολήθηκε με την αντιληψη των παικτών σε ό,τι αφορά τη δυνατότητα να σκοράρουν, χωρίς να παραθέσει ιδιαίτερη επιστημονική βιβλιογραφία, απλώς περιλάμβανε κάποιες ενδιαφέρουσες παρατηρήσεις. Αντιθέτως, η άλλη, μια στατιστική μελέτη των κινήσεων για μεταβίβαση της μπάλας και επίτευξη γκολ επηρέασε βαθύτατα τον προβληματισμό σχετικά με το ποδόσφαιρο, και ειδικά το αγγλικό παιχνίδι. Ας τις εξετάσουμε μία μία με τη σειρά.

Το 1962, δυο ψυχολόγοι, ο Τζον Κοέν και ο Ε.Τζ. Ντιαρνέλι, από το Πανεπιστήμιο του Μάντσεστερ, δημοσίευσαν μια εργασία με τίτλο «*Ικανότητα και ορθή κρίση των ποδοσφαιριστών καθώς επιχειρούν να σκοράρουν*». Προσδιόρισαν την εργασία τους ως μια μελέτη που αφορά «την πιθανότητα με βάση την ψυχολογία», ωστόσο δεν ήταν ένα «ανέμελο» ταξίδι στο θέμα, με ασαφείς συλλογισμούς ή ακατανόητους τεχνικούς όρους. Με την έρευνά τους, οι δυο συγ-

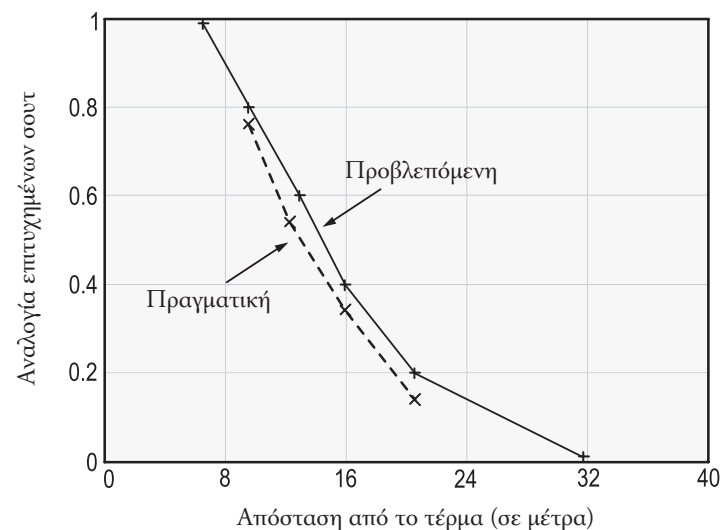
γραφείς έθεσαν ένα πολύ συγκεκριμένο ερώτημα: πόσο ικανοί είναι οι ποδοσφαιριστές να προβλέπουν τις θέσεις από τις οποίες μπορούν να μετατρέπουν σε γκολ μια δεδομένη αναλογία των σουτ που επιχειρούν; Υιοθετώντας μια ακραία άποψη μπορούμε να υποθέσουμε ότι τα σουτ που εξαπολύονται από απόσταση άνω των 35 μέτρων αποτυγχάνουν κατά 100%, ενώ όλα όσα επιχειρούνται από μικρότερη απόσταση θα είναι επιτυχημένα. Όμως, πώς αλλάζουν οι πιθανότητες ανάμεσα σ' αυτές τις δυο ακραίες περιπτώσεις και –εξίσου σημαντικό– πόσο ικανοί είναι οι επιθετικοί να κάνουν αυτή την εκτίμηση την ώρα του αγώνα;

Αυτή η εργασία μου προκάλεσε μεγάλο ενδιαφέρον. Στα τέλη της δεκαετίας του 1960 διερευνούσα ένα σημαντικό σενάριο που απεικονίζει τον αγώνα ανάμεσα στον επιθετικό και τον τερματοφύλακα, το λεγόμενο «ένας εναντίον ενός»: στην άμυνα έχει δημιουργηθεί ρήγμα και ο επιθετικός τρέχει μόνος του προς την αντίπαλη εστία, έχοντας ν' αντιμετωπίσει μόνο τον τερματοφύλακα. Ο ακριβής τόπος και ο χρόνος που θα γινόταν το σουτ θα μου παρείχε πολύτιμα στοιχεία για να τεκμηριώσω το θεωρητικό μοντέλο μου και, μάλιστα, οι δυο ερευνητές που προανέφερα είχαν στήσει άριστα το σενάριο. Για την έρευνά τους, ο Κοέν και ο Ντιαρνέλι ζήτησαν βοήθεια από δυο κορυφαίες ομάδες, την Μάντσεστερ Γιουνάιτεντ και την Γουέστ Μπρόμγουιτς Άλμπιον, καθώς και από δυο ερασιτεχνικές ομάδες, μία του Πανεπιστημίου του Μάντσεστερ και μία ενός τοπικού σχολείου. Χρησιμοποιήθηκαν συνολικά τριάντα τρεις παίκτες, 20 από τους κορυφαίους συλλόγους και 13 από τις ερασιτεχνικές ομάδες. Οι σημερινοί επαγγελματίες της επιστήμης του αθλητισμού ίσως χαμογελάσουν νοσταλγικά μ' αυτές τις αναλογίες, και ειδικά με τον μεγάλο αριθμό κορυφαίων επαγγελματιών παικτών που ήταν πρόθυμοι να βοηθήσουν τους ερευνητές. Στις μέρες μας, δυσκολευόμαστε συχνά να επιστρατεύσουμε ακόμα και χαρισματικούς ερασιτέχνες ως «εθελοντές» για τις έρευνές μας.

Ας δούμε τώρα πώς έγινε η έρευνα: υπό την παρουσία κάποιων παρατηρητών, ζητήθηκε από τους παίκτες να προελάσουν από το

δικό τους μισό του γηπέδου προς την εστία του αντιπάλου, κινούμενοι στον κεντρικό άξονα. Τους ζητήθηκε να σταματήσουν στη θέση όπου ένιωθαν με βεβαιότητα ότι θα μπορούσαν να πετύχουν ένα γκολ έστω και αν έκαναν εκατό προσπάθειες. Αφού σημειώθηκε η συγκεκριμένη θέση, ο κάθε επιθετικός προχώρησε στη θέση όπου ένιωθε ότι θα μπορούσε να επιτύχει έστω και μία φορά αν έκανε πέντε προσπάθειες, μετά στη θέση όπου ένιωθε ότι οι επιτυχίες του θα ήταν δύο στις πέντε και, τέλος, έφτασε μέχρι το σημείο όπου ένιωθε σίγουρος ότι θα μπορούσε να έχει εκατό τοις εκατό επιτυχία σε κάθε προσπάθειά του. Στη συνέχεια οι παίκτες επέστρεψαν στις σημειωμένες θέσεις και μετρήθηκαν τα πραγματικά ποσοστά επιτυχίας για τα πέντε σουτ που επιχειρήσαν από κάθε σημείο.

Η εικόνα 4.2 δείχνει τα αποτελέσματα και συγκρίνει την εκτίμηση των παικτών για τη δυνατότητα επιτυχίας, ως προς τα πραγμα-



ΕΙΚΟΝΑ 4.2 Προβλεπόμενα και πραγματικά ποσοστά σκοραρίσματος ενός ποδοσφαιριστή (σύμφωνα με τους Κοέν και Ντιαρνέλι).

τικά τους επιτεύγματα. Όπως ήταν αναμενόμενο, οι εκτιμήσεις αποδείχτηκαν κάπως αισιόδοξες αλλά, σε γενικές γραμμές, η αντιστοιχία είναι αρκετά καλή. Η πιθανότητα για επιτυχία τέρματος κυμαίνεται από το απόλυτο μηδέν σε απόσταση περίπου 30 μέτρων από το τέρμα, μέχρι την απόλυτη βεβαιότητα στα 6 μέτρα. Ακριβώς στα όρια της μεγάλης περιοχής οι επιθετικοί μετέτρεψαν το 40% των σουτ σε γκολ, ενώ –ένα στοιχείο αρκετά ενδιαφέρον– η πιθανότητα τέρματος από το σημείο του πέναλτι, τα 11 μέτρα, φτάνει το 70%, ποσοστό που ταυτίζεται, σε μεγάλο βαθμό, με το ποσοστό επιτυχίας σε εκτελέσεις πέναλτι, που μελετήθηκαν λεπτομερώς σχεδόν τέσσερις δεκαετίες μετά την εργασία.

Άλλη μια σημαντική σειρά μετρήσεων αφορούσαν περιπτώσεις όπου επιτρεπόταν στον τερματοφύλακα να διαφοροποιήσει την τακτική του και ν' αφήσει την εστία του, προκειμένου να αντιμετωπίσει την απειλή. Προέκυψαν τρία ξεχωριστά μοντέλα: 1) ο επιθετικός εκτέλεσε το χτύπημα σε κάποια απόσταση από τον τερματοφύλακα, 2) εκτέλεσε σε κοντινή απόσταση από τον τερματοφύλακα, ή 3) τον ντρίμπλαρε και επιχείρησε να πετύχει γκολ σε άδειο τέρμα. Περισσότερα από τα μισά τέρματα σημειώθηκαν όταν ο τερματοφύλακας άργησε ν' αφήσει την εστία του. Από τη σκοπιά του επιθετικού, λιγότερο επιθυμητή επιλογή ήταν η περίπτωση που ο τερματοφύλακας «έβγαινε» γρήγορα και τον πλησίαζε τόσο ώστε να εμποδίσει ή να αποκρούσει το σουτ. Αυτά τα αποτελέσματα διαμόρφωσαν σε μεγάλο βαθμό τις σκέψεις μου γύρω από το «ένας εναντίον ενός» μεταξύ τερματοφύλακα και επιθετικού. Για τον τερματοφύλακα, καλύτερη στρατηγική φαινόταν η προσπάθεια να αποτρέψει άμεσα την ευκαιρία που είχε ο επιτιθέμενος για σουτ – και ένας τρόπος για να προσδιορίσουμε επακριβώς αυτή τη σημαντική θέση στο μοντέλο μου, προέκυψε από τη γεωμετρία των θέσεων των παικτών σε σχέση με τα δοκάρια της εστίας. Ήταν προτιμότερο ο τερματοφύλακας ν' αφήσει την εστία του, παρά να περιμένει το αναπόφευκτο σουτ, παρόλο που ο επιθετικός θα μπορούσε να τον «προσπεράσει» με ντρίμπλα. Αλλά ακόμα και σ' αυτή την περίπτωση υπήρχαν περισσότε-

ρες πιθανότητες να αποκρούσει, «βουτώντας» στα πόδια του επιθετικού την ώρα που εκείνος θα προσπαθούσε να τον αποφύγει.

Ο Κοέν και ο Ντιαρνέλι είχαν καταφέρει να επαληθεύσουν ως έναν βαθμό τα ευρήματά τους, αναλύοντας τα φιλμ πραγματικών αγώνων – ανάμεσά τους και το φιλμ από τον περίφημο τελικό του Κυπέλλου Ευρώπης, του 1960, ανάμεσα στη Ρεάλ Μαδρίτης και την Άιντραχτ Φρανκφούρτης. Ωστόσο, μολονότι σημειώθηκαν πάρα πολλά γκολ (η Ρεάλ Μαδρίτης κέρδισε 7-3, με τέσσερα γκολ του Πούσκας και τρία του Ντι Στέφανο), η Ρεάλ πέτυχε τα περισσότερα τέρματα με σουτ από τη μεγάλη περιοχή, οπότε η βασική υπόθεση της έρευνας, η οποία στηριζόταν στον μοναχικό επιθετικό που εφορμά προς την εστία με μοναδικό αντίπαλο τον τερματοφύλακα, σπανίως έβρισκε εφαρμογή. Όπως προαναφέραμε, το φιλμ δεν ήταν το καλύτερο μέσο για να αποσπαστούν γρήγορα πληροφορίες *ad hoc*, και, ως εκ τούτου, στη δεκαετία του 1960 υπήρχαν ελάχιστες ευκαιρίες καταγραφής των αγώνων που μετέδιδε η τηλεόραση, μέσα από τις οποίες θα μπορούσαν να αναλυθούν, σε ύστερο χρόνο, συγκεκριμένες φάσεις με μεγάλη λεπτομέρεια. Παρ' όλα αυτά, η μελέτη τους αποκάλυπτε σημαντικά στοιχεία, και, ομολογουμένως, οι καταγραφές ήταν αξιοζήλευτες για εκείνη την εποχή, με δεδομένη την πληθώρα των σημερινών πηγών πληροφόρησης.

Η δεύτερη έρευνα-κλειδί σε ό,τι αφορά αυτές τις πρώιμες μελέτες του ποδοσφαίρου, παρουσιάστηκε το 1968 από τον Τσαρλς Ριπ και τον Μπέρναρντ Μπέντζαμιν, οι οποίοι εξέτασαν τη διαδικασία της πάσας και του σουτ στην εργασία τους με τίτλο *«Ικανότητα και τύχη στο επαγγελματικό ποδόσφαιρο»*. Τα στοιχεία που εμφανίστηκαν σ' αυτό το έργο είχε συγκεντρώσει σε μια περίοδο πολλών ετών ο Ριπ, ένας πρώην αντισημηνάρχης της RAF, ο οποίος είχε εφεύρει μια στενογραφική μέθοδο για να καταγράφει οποιαδήποτε φάση γινόταν με την μπάλα στη διάρκεια του αγώνα. Ο Ριπ βρισκόταν πολύ μπροστά από την εποχή του – το σημειογραφικό του σύστημα, καθώς και οι μέθοδοί του για την ανάλυση του αγώνα, προηγήθηκαν παρόμοιων προσπαθειών σχεδόν κατά δύο δεκαετίες. Το έργο του

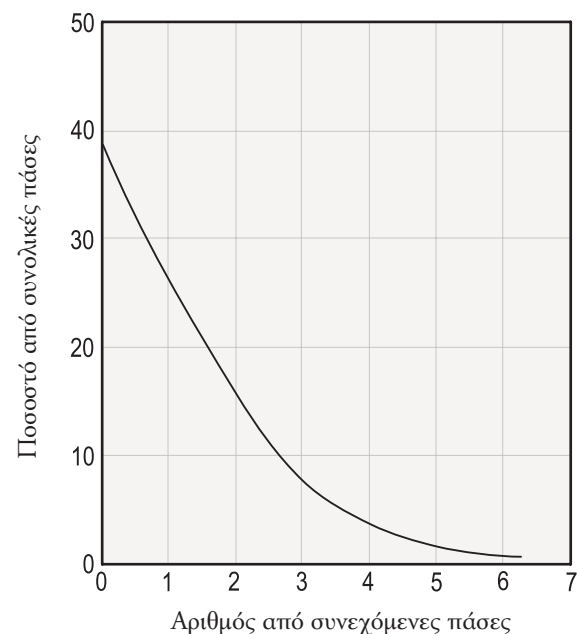
στις αρχές της δεκαετίας του 1950, καθώς και η επιτυχημένη προ-σφορά του ως προπονητή διαφόρων ομάδων της RAF, σύντομα τράβηξαν την προσοχή των επαγγελματιών του χώρου. Η Μπρέντ-φορντ, ομάδα Δεύτερης Κατηγορίας εκείνη την εποχή, που κινδύ-νευε να υποβιβαστεί, «σώθηκε» χάρη στις παρεμβάσεις του Ριπ, ο οποίος συνέχισε με επιτυχία τη σταδιοδρομία του εργαζόμενος ως σύμβουλος, πρώτα στην ομάδα της Γουλβς τη δεκαετία του 1950, και στη Γουότφορντ τη δεκαετία του 1960.

Στην κοινή μελέτη Ριπ-Μπέντζαμιν, καταγράφηκαν λεπτομε-ρώς συνολικά 578 αγώνες που διεξήχθησαν από το 1953 έως το 1967, και περιελήφθη ένα ευρύ φάσμα αγώνων από την Κορυφαία Κατηγορία της Αγγλίας, καθώς και από δύο Παγκόσμια Κύπελλα. Ένα θέμα που προκαλούσε τότε –όπως και σήμερα– έντονο ενδια-φέρον, ήταν η κατοχή της μπάλας, και το καίριο ερώτημα αφορού-σε το χρονικό διάστημα που μπορούσαν οι παίκτες μιας ομάδας ν’ αλλάζουν μεταξύ τους πάσες, πριν χαθεί ο έλεγχος της μπάλας. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στην εικόνα 4.3. Εναλλαγές μεγά-λες σε διάρκεια δεν συμβαίνουν συχνά και, στην πράξη, οι πιθανό-τητες να στηθεί μια πολύ μακριά αλυσίδα από πάσες, είναι πολύ μι-κρές. Όλοι θυμόμαστε καταπληκτικές εναλλαγές που οδήγησαν σ’ ένα θεαματικό γκολ, αλλά πολλές χιλιάδες βαρετές, επαναλαμβανό-μενες αλλαγές κατοχής της μπάλας έχουν διαγραφεί από αυτόν τον ιδιαίτερος επιλεκτικό μηχανισμό που ονομάζουμε μνήμη.

Αξίζει να κοιτάζουμε τα πραγματικά νούμερα. Κινήσεις που πε-ριλάμβαναν μόνο τέσσερις πάσες κατέλαβαν το 5% του χρόνου στη μελέτη τους. Κινήσεις με έξι πάσες και πάνω αποτελούν ένα πολύ μικρό ποσοστό, περίπου 1% του συνόλου. Ο λόγος είναι φανερός: οι μεγάλες σε διάρκεια ανταλλαγές απαιτούν επαναλαμβανόμενη ακρίβεια, κάτι ιδιαίτερος δύσκολο, καθώς οι αμυντικοί πλησιάζουν για να περιορίσουν τον χώρο και μαρκάρουν ατομικά τον κάθε παί-κτη-στόχο καθώς εξελίσσεται η επίθεση.

Από αυτή την εργασία προέκυψαν δύο ακόμη στατιστικές-κλει-διά. Ο Ριπ και ο Μπέντζαμιν απέδειξαν ότι περίπου το 80% των

τερμάτων που είχαν σημειωθεί στους αγώνες προέκυψαν μετά από τρεις ή λιγότερες πάσες, και ότι η αναλογία των γκολ προς τις προ-σπάθειες για σουτ, ήταν κοντά στο 1 προς 10. Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώθηκαν μεταγενέστερα από πλήθος ερευνών γύρω από τη διαδικασία της πάσας και του σουτ, οδηγώντας στην υπο-ψία ότι αυτά τα νούμερα ίσως δείχνουν κάτι πιο βασικό μέσα στο παιχνίδι. Όπως απέδειξαν οι Κοέν και Ντιαρνέλι, ένας πολύ ση-μαντικός παράγοντας είναι η απόσταση από την εστία, και ίσως συνδέεται με το γεγονός ότι, πολύ συχνά, μόνο ένα πολύ μικρό μέ-ρος της εστίας είναι ανοιχτό για σουτ. Ορισμένοι ίσως αισθάνονται ότι επιχειρήματα σαν κι αυτά, ασχολούνται υπερβολικά με τη στα-



ΕΙΚΟΝΑ 4.3 Πιθανότητες ολοκλήρωσης μιας επιτυχημένης κίνησης της ομάδας καθώς οι παίκτες αλλάζουν μεταξύ τους πάσες, πριν χαθεί ο έλεγχος της μπάλας (σύμφωνα με τους Ριπ και Μπέντζαμιν).

τιστική του παιχνιδιού. Όποιοι κι αν είναι οι λόγοι, κανείς δεν έχει φτάσει κοντά σε μια εξήγηση.

Αναμφισβήτητα, τα ευρήματα του Ριπ και του Μπέντζαμιν επηρέασαν άμεσα το ποδόσφαιρο· ειδικά στην Αγγλία, πυροδότησαν έντονες συζητήσεις και οδήγησαν κάποιους συλλόγους να παίξουν αυτό που ονομάστηκε «άμεσο παιχνίδι», ή «παιχνίδι με μεγάλες μπαλιές», με στόχο να φτάσει η μπάλα όσο το δυνατόν γρηγορότερα στη μεγάλη περιοχή του αντιπάλου· κάποιοι σχολίαζαν –σαρκαστικά– πως αυτή η τακτική αναπλήρωνε την έλλειψη ειδικευσης στον χώρο του κέντρου, αφού η μπάλα ελάχιστα έμενε πλέον εκεί – και αξίζει, ίσως, να σημειώσουμε ότι αυτός ο τρόπος παιχνιδιού δεν υιοθετήθηκε ποτέ σε διεθνές επίπεδο. Η επιτυχία της Γουλβς και της Γουότφορντ οφειλόταν ως ένα σημείο στη μέθοδο του Ριπ, ωστόσο, ο ίδιος «χτυπήθηκε» από τον αγγλικό Τύπο, που δεν μπορούσε να «χωνέψει» την ιδέα πως η στατιστική και οι πιθανότητες έπαιζαν σημαντικό ρόλο σ' αυτό το υπέροχο παιχνίδι. Η επιχειρηματολογία του Ριπ αποδυναμώθηκε περαιτέρω από το γεγονός ότι ορισμένες ομάδες που είχαν ενστερνιστεί τις αρχές του (με τις οποίες, ωστόσο, ποτέ δεν είχε συνδεθεί άμεσα), έπαιζαν με μεγάλες μπαλιές, αποκλείοντας ουσιαστικά κάθε άλλον τρόπο παιχνιδιού. Μια από αυτές τις ομάδες ήταν η Γουίμπλετον. Σε μια περίοδο στην κορυφαία διοργάνωση του αγγλικού ποδοσφαίρου, οι εντός έδρας αγώνες της προσέλκυαν λιγότερους φιλάθλους από πολλές ομάδες που αγωνίζονταν σε πολύ μικρότερες κατηγορίες. Η τακτική της έγινε γνωστή ως προσέγγιση-«μονόδρομος», και οι εκφραστές της μέσα στην ομάδα, εξαιτίας της ορμής και της συχνότητας που εφορμούσαν με την μπάλα προς τη μεγάλη περιοχή, αποκαλούνταν «Η Τρελή Συμμορία» (παρατσούκλι βγαλμένο από έναν θίασο έξι κωμικών που συνδύαζαν τα ακροβατικά του τσίρκου με τη φαρσοκωμωδία και είχαν παίξει στο θέατρο Palladium του Λονδίνου στη δεκαετία του 1930).

Οι μελέτες των Κοέν-Ντιαρνέλι και Ριπ-Μπέντζαμιν, φώτισαν αρκετές πλευρές του παιχνιδιού στη δεκαετία του 1960, αλλά καμιά

τους δεν παρείχε στους προπονητές τις πληροφορίες που ήθελαν σχετικά με τη φυσιολογία που έπρεπε να έχουν οι παίκτες ανάλογα με τη θέση που κατέχουν στον σχηματισμό της ομάδας. Ξεκινώντας με ένα σύνολο έντεκα παικτών, ποιος θα ήταν ο πιο κατάλληλος τρόπος να τους τοποθετήσουμε στους κλασικούς ρόλους που απαιτούν η άμυνα (συμπεριλαμβανομένου του τερματοφύλακα), το κέντρο και η επίθεση; Η ικανότητα, η δύναμη και η ταχύτητα είναι οι προφανείς παράγοντες που καθορίζουν τις επιλογές, αλλά τι γίνεται με την αντοχή που απαιτεί κάθε θέση; Μήπως οι αμυντικοί «δουλεύουν» πιο σκληρά από τους επιθετικούς, και μήπως, όπως ίσως υποψιαζόμαστε, οι μέσοι τρέχουν πιο πολύ απ' όλους; Υπήρχαν κάποιες αντικρουόμενες απόψεις, αλλά μόλις το 1976, όταν εμφανίστηκε μια πολύ σοβαρή επιστημονική εργασία πάνω στο θέμα, μπορέσαμε ν' απαντήσουμε με σιγουριά σ' αυτά τα ερωτήματα. Η συγκεκριμένη εργασία δημοσιεύτηκε από δυο ερευνητές του Πολυτεχνείου του Λίβερπουλ (σήμερα ονομάζεται Πανεπιστήμιο Τζον Μουρς του Λίβερπουλ), τον Τόμας Ράιλι και τον Βον Τόμας, και έφερε τον τίτλο «Απεικόνιση σε κίνηση για την ανάλυση του ρυθμού έργου κατά τους διαφορετικούς ρόλους ανά θέση σε συνθήκες αγώνα του επαγγελματικού ποδοσφαίρου».

Πριν από αυτή την εργασία είχαν γίνει πολυάριθμες προσπάθειες να αποδοθούν αριθμητικά οι αποστάσεις που διανύουν οι παίκτες στη διάρκεια ενός αγώνα. Οι εκτιμήσεις παρουσίαζαν μεγάλες αποκλίσεις, ξεκινώντας από τα 17 και καταλήγοντας μόλις στα 4,8 χιλιόμετρα. Σύμφωνα με τη διαίθησή μας, αυτά τα νούμερα δεν φαίνονται πιθανά. Η απόσταση που διανύουν οι παίκτες στη διάρκεια ενός αγώνα ισούται με την ενέργεια που καταναλώνουν. Διαφορές σαν κι αυτές που προαναφέρθηκαν συνεπάγονται τεράστια απόκλιση στον μεταβολισμό και στην αντίστοιχη φυσική κατάσταση· αν οι παίκτες μιας ομάδας διένυαν κατά μέσο όρο πάνω από την τριπλάσια απόσταση από τους αντιπάλους τους, ο αγώνας θα διεξαγόταν σε φρενήρη ρυθμό, καθιστώντας τον συναγωνισμό εντελώς μονόπλευρο.

Στη διαδικασία ολοκλήρωσης του έργου τους, οι Ράιλι και Τόμας είχαν την υποστήριξη μιας από τις κορυφαίες ομάδες της Πρώτης Κατηγορίας (ισοδύναμης με την Πρέμιερσιπ, με βάση τη σημερινή οργάνωση του ποδοσφαίρου). Για την αξιολόγηση κάλυψαν όλους τους ρόλους: πλάγιους οπισθοφύλακες, κεντρικούς αμυντικούς, μέσους, επιθετικούς και τερματοφύλακες. Η ομάδα που επελέγη αγωνιζόταν εκείνη την εποχή με το σύστημα 4-3-3. Ο προσδιορισμός του αγωνιστικού στιλ είναι σημαντικός, επειδή μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τις απαιτήσεις σε ό,τι αφορά τον ρυθμό έργου για κάθε θέση. Στα πιο κοινά σύγχρονα αγωνιστικά συστήματα αυτός ο παράγοντας δεν έχει μελετηθεί ακόμη σε βάθος, και συχνά παραβλέπεται όταν εξετάζονται τα ζητήματα που αφορούν τον ρυθμό έργου.

Οι Ράιλι και Τόμας χώρισαν τους τύπους της κίνησης σε ξεχωριστές κατηγορίες: τρέξιμο για εξάσκηση (τζόγκινγκ), τρέξιμο με μέση ταχύτητα, γρήγορο τρέξιμο σε μικρή απόσταση (σπριντ), περπάτημα και κίνηση προς τα πίσω. Τα περισσότερα απ' αυτά αποτελούν οικείες έννοιες. Το τρέξιμο με μέση ταχύτητα ορίστηκε ως «τρέξιμο με προφανή σκοπό και προσπάθεια». Καταγράφηκαν, επίσης, και πιο στατικές δραστηριότητες, όπως τα άλματα για κεφαλές και αποκρούσεις, ή μια κατάσταση όπου ο παίκτης μένει ακίνητος, είτε επειδή ξεκουράζεται είτε επειδή είναι τραυματισμένος. Για να υπολογίσουν τις αποστάσεις που διανύονται στα εντός έδρας παιχνίδια χρησιμοποίησαν τις γνωστές γραμμές του γηπέδου, αλλά, επιπλέον, ζωγράρισαν γραμμές πάνω στους τοίχους στις τέσσερις πλευρές του γηπέδου, δημιουργώντας αποτελεσματικά ένα πλέγμα από «σημαδούρες». Για τους εκτός έδρας αγώνες χρησιμοποιήθηκαν τα πιο βολικά σημεία στις διαφημιστικές πινακίδες, και συνδέθηκαν με τα σημάδια στο γήπεδο. Οι ερευνητές παρακολούθησαν τους αγώνες μιας ολόκληρης σεζόν –πενήντα ένα ανταγωνιστικά παιχνίδια– εστιάζοντας σε έναν συγκεκριμένο παίκτη σε κάθε αγώνα. Τα στοιχεία καταγράφονταν με το χέρι σε μπλοκ και συμπληρώνονταν από προφορικά σχόλια με τη βοήθεια ενός φορητού μα-

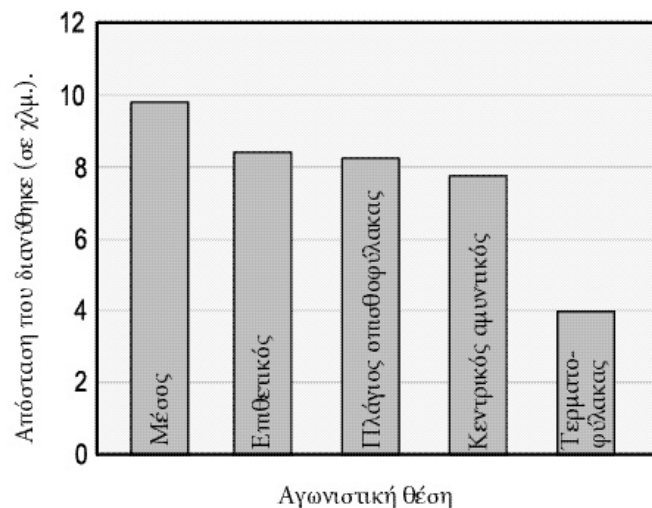
γνητοφώνου. Προϋπόθεση-κλειδί ήταν πως οι εκτιμήσεις που βασίζονταν στο δίκτυο από σημαδούρες μέσα στο γήπεδο, μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να δώσουν την ακριβή απόσταση που είχε διανυθεί στην πραγματικότητα. Για να το πετύχουν αυτό, κινηματογράφησαν τους υπό μελέτη παίκτες σε κάθε αγώνα, κι έτσι κατέγραψαν τις συχνότητες διασκελισμού για καθένα από τις χαρακτηριστικές κινήσεις, όπως το τζόγκινγκ, το σπριντ κ.τ.λ. Σε όλες τις μορφές του τρεξίματος, οι παίκτες εμφανίζουν γενικά την ίδια συχνότητα διασκελισμού, αλλά μεταβάλλουν το μήκος του για να κινηθούν γρηγορότερα. Οπότε, το ζητούμενο ήταν απλώς να μετρήσουν ακριβώς τη μέση τιμή του μήκους του διασκελισμού κάθε παίκτη κατά τη διάρκεια της προπόνησης όταν έκανε τζόγκινγκ, σπριντ ή όταν έτρεχε με μέση ταχύτητα. Στη συνέχεια, μετρώντας τον αριθμό των βημάτων στις κινηματογραφημένες σκηνές, μπορούσαν να προσδιορίσουν με ακρίβεια την απόσταση που διένυε ένας παίκτης με τους διάφορους τρόπους τρεξίματος. Με αυτόν τον τρόπο το ποσοστό λάθους στη μέτρηση της απόστασης υπολογιζόταν μόλις στο 1%, απολύτως αποδεκτό μέγεθος ακρίβειας για μια εκτίμηση αυτού του είδους, δεδομένου ότι οι παίκτες διανύουν συνήθως πολλά χιλιόμετρα σε ένα παιχνίδι.

Τα αποτελέσματα της μελέτης ήταν αποκαλυπτικά. Σε κάθε αγώνα ένας παίκτης εκτελεί γύρω στις 1.000 ατομικές κινήσεις, οι οποίες συμπεριλαμβάνουν εναλλαγές ανάμεσα στα διάφορα μοτίβα κίνησης (ξεκούραση, τζόγκινγκ, σπριντ, κ.τ.λ.) καθώς και ειδικές δραστηριότητες, όπως οι κεφαλές και τα τάκλινγκ. Αυτές οι εναλλαγές δραστηριότητας συμβαίνουν, κατά μέσο όρο, κάθε 5 με 6 δευτερόλεπτα και οι περίοδοι ξεκούρασης διαρκούν μόλις 3 δευτερόλεπτα περίπου, ανά δύο λεπτά. Οι αποστάσεις που διανύονται με σπριντ υπολογίστηκαν κατά μέσο όρο στα 15 μέτρα, κάτι που συνέβαινε με διαλείμματα των 90 δευτερολέπτων.

Το ποδόσφαιρο αποκαλείται συχνά «παιχνίδι κατοχής», αλλά στη μελέτη των Ράιλι και Τόμας αποκαλύφθηκε ότι, ουσιαστικά, οι δέκα παίκτες –εξαιρουμένου του τερματοφύλακα– έχουν επαφή με

την μπάλα μόνο κατά το 2% της απόστασης που διανύουν σ' έναν αγώνα. Το παιχνίδι παίζεται ουσιαστικά μακριά από την μπάλα, και ο θεατής που επικεντρώνει την προσοχή του στον παίκτη που κατέχει την μπάλα, χάνει ένα μεγάλο μέρος του αγώνα. Αυτό δεν αφορά μόνο τους θεατές, αλλά και τους παίκτες. Η χειρότερη κριτική για έναν αμυντικό είναι ότι «παρακολουθεί την μπάλα», αφού έτσι αδυνατεί συχνά ν' αντιληφθεί μια επιθετική κίνηση-κλειδί που γίνεται μακριά από αυτή.

Οι αποστάσεις που διανύει κάθε παίκτης ανάλογα με τη θέση στην οποία αγωνίζεται εμφανίζονται στην εικόνα 4.4. Από τους δέκα –εξαιρείται, φυσικά, ο τερματοφύλακας– εκείνοι που εμφανώς επωμίζονται το βάρος του ρυθμού έργου της ομάδας είναι οι μέσοι, οι οποίοι, στη συγκεκριμένη μελέτη, καλύπτουν κατά μέσο όρο 9,8 χιλιόμετρα ανά αγώνα. Οι κεντρικοί αμυντικοί καλύπτουν κατά μέ-



ΕΙΚΟΝΑ 4.4 Απόσταση που καλύπτεται σε διάφορες αγωνιστικές θέσεις (σύμφωνα με τους Ράιλι και Τόμας).

σο όρο 7,8 χιλιόμετρα, αν και το μεγαλύτερο μέρος της απόστασης, σε σύγκριση με τους παίκτες που αγωνίζονται σε άλλες θέσεις, καλύπτεται με κινήσεις προς τα πίσω ή προς τα πλάγια. Οι επιθετικοί και οι πλάγιοι οπισθοφύλακες συμπίπτουν σε ό,τι αφορά τη συνολική απόσταση που διανύουν –8,4 και 8,2 χιλιόμετρα αντιστοίχως– αλλά υπήρξε μια διαφορά στους τύπους κίνησης που παρατηρήθηκαν γ' αυτούς τους αγωνιστικούς ρόλους. Η μεγαλύτερη μεταβλητότητα σε ό,τι αφορά τη συνολική απόσταση που διανύεται σε μια σεζόν, παρατηρήθηκε στους πλάγιους οπισθοφύλακες (οκτώ παίκτες, συνολικά, συμμετείχαν στη μελέτη) μαρτυρώντας ότι, σε μεγάλο βαθμό, ο ρυθμός έργου σχετίζεται με την αγωνιστική τακτική. Αν η τακτική απαιτεί από τους πλάγιους οπισθοφύλακες να παίζουν αμυντικά, τα μοτίβα της κίνησής τους θα μοιάζουν πολύ μ' αυτά των κεντρικών αμυντικών. Ωστόσο, όταν προωθούνται τρέχοντας προς την αντίπαλη περιοχή, τα μοτίβα κίνησής τους θα μοιάζουν πολύ περισσότερο με αυτά των μέσων και θα διανύεται πολύ μεγαλύτερη απόσταση από εκείνη που διανύουν όταν ο ρόλος τους είναι αυστηρά αμυντικός. Υπήρξε, επίσης, ξεκάθαρη διαφορά στις συγκρίσεις ανάμεσα στο πρώτο και στο δεύτερο ημίχρονο. Λαμβάνοντας υπόψη όλες τις μορφές κίνησης (τζόγκινγκ, τρέξιμο με μέση ταχύτητα και σπριντ), το 73% όλων των παικτών –πλην του τερματοφύλακα– παρουσίασαν πτώση στο δεύτερο ημίχρονο λόγω κόπωσης, με αποτέλεσμα να διανύουν σημαντικά μικρότερες αποστάσεις.

Με δεδομένη τη μοναδικότητα του ρόλου του, αξίζει να φτιάξουμε ένα ξεχωριστό αγωνιστικό προφίλ για τον τερματοφύλακα. Οι Ράιλι και Τόμας απέδειξαν ότι ο τερματοφύλακας διανύει περίπου 4 χιλιόμετρα στη διάρκεια ενός αγώνα, γεγονός που με μια πρώτη ματιά μάλλον μας ξαφνιάζει, αφού αναφέρεται σε έναν παίκτη ο οποίος περιορίζεται, ουσιαστικά, στη μεγάλη περιοχή. Το προφίλ των δραστηριοτήτων του έρχεται σε διαμετρική αντίθεση με αυτό των άλλων παικτών. Ο τερματοφύλακας έχει τη μεγαλύτερη κατοχή, διανύοντας κάτι παραπάνω από το 10% των τεσσάρων χιλιομέτρων με την μπάλα υπό τον έλεγχό του, ενώ διανύει το 25%

της συνολικής του απόστασης κινούμενος προς τα πίσω. Αυτά τα μεγέθη είναι το διπλάσιο του μέσου όρου όλων των υπόλοιπων παικτών. Λαμβάνοντας υπόψη όλες τις δραστηριότητες και όλες τις κινήσεις, θα λέγαμε ότι ο τερματοφύλακας έχει περισσότερη άμεση συμμετοχή στο παιχνίδι από οποιονδήποτε άλλον παίκτη.

Η μελέτη των Ράιλι και Τόμας λαμβάνεται συχνά ως πρότυπο για την αξιολόγηση του ρυθμού έργου στο ποδόσφαιρο. Καμιά μεταγενέστερη έρευνα δεν αμφισβήτησε έστω ένα από τα ευρήματά τους σχετικά με τις αποστάσεις που διανύει κάθε παίκτης ανάλογα με τη θέση του, αν και οι σημερινοί παίκτες αναμένεται να τρέχουν, κατά μέσο όρο, σχεδόν 30% περισσότερο. Όπως θα δούμε σε λίγο, αυτή η έρευνα, καθώς και οι μεταγενέστερες, επηρέασαν δραματικά, με το πέρασμα του χρόνου, την ποσοτικοποίηση των απαιτήσεων του ποδοσφαίρου σε θέματα φυσιολογίας. Το ίδιο ισχύει και για τις τεχνικές ανάλυσης του αγώνα, στις οποίες πρωτοπόροι υπήρξαν ο Μάικ Χιουζ και οι συνεργάτες του, στο Ινστιτούτο του Πανεπιστημίου της Ουαλίας, στο Κάρντιφ. Σταδιακά, αυτές οι πρώιμες μελέτες εξειδικεύτηκαν και η Σημειογραφική Ανάλυση—όπως αποκαλείται σήμερα η επιστήμη αυτή—έχει εξελιχθεί σ' ένα εξαιρετικό εργαλείο έρευνας για την κατανόηση των παιχνιδιών γενικότερα, και του ποδοσφαίρου ειδικότερα.

Οι λόγοι για τους οποίους θέλουμε να μετατρέψουμε ένα παιχνίδι όπως το ποδόσφαιρο σε κάποιας μορφής κωδικοποιημένο σχήμα είναι πολλοί, αλλά δύο συγκεκριμένοι ξεχωρίζουν. Ο πρώτος είναι η ανάγκη να αναλύσουμε το παιχνίδι σε αναγνωρίσιμα επί μέρους στοιχεία—όπως το έκαναν σε μεγάλο βαθμό οι πρώιμες μελέτες—έτσι ώστε να κατανοήσουμε καλύτερα και σε βάθος τις βασικές δομές του αθλήματος. Ο δεύτερος είναι η ανάγκη να καθιερώσουμε ακριβή σημεία αναφοράς, που θα προσδιορίζουν την καλή και την κακή απόδοση, ώστε να καθοδηγήσουμε τους προπονητές σε ό,τι αφορά τη βελτίωση της ατομικής ή της ομαδικής αποτελεσματικότητας. Έτσι κι αλλιώς, η μνήμη είναι ένας πολύ αναξιόπιστος μηχανισμός. Όπως απέδειξαν οι Ράιλι και Τόμας, ένας οποιοσδήποτε

παίκτης επιτελεί σχεδόν 1.000 ξεχωριστές δραστηριότητες στη διάρκεια ενός αγώνα. Πολλές επαναλαμβάνονται, ίσως σε παρατεταμένους κύκλους, αλλά αυτό δεν έχει καμιά σχέση με το θέμα μας. Η μνήμη χαρακτηρίζεται από στοιχεία υποκειμενικότητας, και η προσπάθεια να προσδιορίσουμε τους δείκτες-κλειδιά της απόδοσης χρησιμοποιώντας μόνο αυτό που θυμόμαστε, οδηγεί συχνά στο λάθος. Ένα μικρό παράδειγμα, αποδεικνύει του λόγου το αληθές: η επιφανειακή παρακολούθηση ενός αγώνα μπορεί να οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι ένας επιθετικός είναι καλύτερος από κάποιον άλλον, επειδή πέτυχε περισσότερα τέρματα. Μια βαθύτερη ανάλυση μπορεί να αποκαλύψει ότι, στην πραγματικότητα, ο «κατώτερος» παίκτης μετέτρεψε σε γκολ περισσότερες από τις ευκαιρίες που του δόθηκαν, χωρίς επαρκή στήριξη από το κέντρο. Ένα επίσημο σημειογραφικό σύστημα θα πρέπει να είναι ανώτερο από την *ad hoc* επίκληση της μνήμης, και αν σχεδιαστεί σωστά θα εξασφαλίσει ότι οι δείκτες απόδοσης θα είναι δεοντολογικοί, έτσι ώστε να μπορούν να γίνουν βάσιμες συγκρίσεις. Με άλλα λόγια, ο Χ επιθετικός δεν σημείωσε απλώς δύο τέρματα, αλλά μετέτρεψε σε γκολ το 10% των ευκαιριών που είχε. Ομοίως, ο Ψ εξτρέμ βρήκε το πρώτο δοκάρι στο 60% των φालτσαριστών κόρνερ που εκτέλεσε.

Όσο πολύτιμα κι αν ήταν τα πρώιμα σημειογραφικά συστήματα, υπέφεραν από μειονεκτήματα που δεν επέτρεπαν τη γενικευμένη εφαρμογή τους. Η εκμάθηση ενός χειρόγραφου σημειογραφικού συστήματος δεν είναι μια ασήμαντη ικανότητα, και χρειάζεται χρόνος για να φτάσει κανείς στο επίπεδο της κατάρτισης που απαιτείται για να παρακολουθεί τις εξελίξεις ενός αγώνα σε πραγματικό χρόνο. Δεν θα πρέπει να ξεχνάμε, επίσης, το πρόσθετο βάρος της μεταγραφής των αρχείων και της ανάλυσής τους σε ένα σχήμα που να επιτρέπει μια επικοινωνιακή επεξεργασία. Και οι δυο διαδικασίες ωφελήθηκαν από την εμφάνιση των υπολογιστών, όχι όμως πριν επινοηθούν καλύτεροι τρόποι για την εισαγωγή των στοιχείων. Σε ό,τι αφορά τη συγκεκριμένη ανάγκη, το τυπικό πληκτρολόγιο δεν είναι και πολύ φιλικό για τον χρήστη, καθώς ελάχιστοι έχουν

επαρκείς ικανότητες δακτυλογράφησης – έτοι, σε γενικές γραμμές, η χειρόγραφη καταχώριση των σημείων θα ήταν πιο αποτελεσματική. Τα πραγματικά οφέλη προέκυψαν όταν βελτιώθηκαν οι υπολογιστές, πρώτα διαμορφώνοντας το πληκτρολόγιο έτσι ώστε τα μεμονωμένα πλήκτρα να μιμούνται τη διάταξη ενός γηπέδου (χαρτογράφηση πληκτρολογίου) και μετά, χρησιμοποιώντας πρόσθετα πληκτρολόγια για την άμεση εισαγωγή στοιχείων. Αυτά τα εξαρτήματα είναι επίπεδοι πίνακες, ευαίσθητοι στην αφή, συνήθως σε σχήμα A3 ή A4, που αντικαθιστούν το συμβατικό πληκτρολόγιο. Ο χρήστης εισάγει στοιχεία απλώς αγγίζοντας ένα σημείο στην επιφάνεια της συσκευής, που είναι προγραμματισμένο να αντιπροσωπεύει μια συγκεκριμένη θέση ή ενέργεια. Η διαδικασία αυτή προσφέρει πολύ μεγαλύτερη ευκρίνεια από ένα σύστημα που βασίζεται, λόγω χάρη, στη χαρτογράφηση πληκτρολογίου. Το μυστικό είναι να ορίσουμε ένα πρόσθετο πληκτρολόγιο που θα αντιπροσωπεύει τη φυσική διάταξη του γηπέδου, με κάποιες περιοχές του πίνακα αφιερωμένες σε συγκεκριμένες ενέργειες από την πλευρά των παικτών. Οι Χιουζ, Ρόμπερτσον και Νίκολσον χρησιμοποίησαν ένα πρόσθετο πληκτρολόγιο που κάλυπτε τις οριοθετημένες γραμμές του γηπέδου, με ευαίσθητες στο άγγιγμα περιοχές που αντιπροσωπευαν συνηθισμένες ενέργειες, όπως πάσες, εκτελέσεις κόρνερ και φάουλ. Με αυτό τον τρόπο ανέλυσαν λεπτομερώς διάφορους αγώνες από το Παγκόσμιο Κύπελλο του 1986. Παρόμοια προσέγγιση υιοθέτησαν οι Πάρτριτζ και Φρανκς για να μελετήσουν τις σέντρες από διάφορα σημεία του γηπέδου σε συγκεκριμένες ζώνες μέσα και γύρω από τη μεγάλη περιοχή, στην ίδια διοργάνωση. Ωστόσο, ακόμη και αυτή η μορφή εισαγωγής στοιχείων έχει σήμερα ξεπεραστεί, και μπορούμε πλέον να οριοθετήσουμε τις ζώνες κάλυψης του γηπέδου απευθείας στην οθόνη, χρησιμοποιώντας γραφικές διασυνδέσεις του χρήστη, έτσι ώστε τα στοιχεία να εισάγονται με ένα κλικ του «ποντικιού», ή ακόμα και με φωνητικές εντολές.

Η σημειογραφική ανάλυση έχει εφαρμοστεί πολλές φορές στο ποδόσφαιρο, αλλά τρία συγκεκριμένα παραδείγματα δείχνουν τη

δύναμη αυτής της τεχνικής και των πληροφοριών που μπορεί να προσφέρει, είτε στον τομέα της ομαδικής, είτε στον τομέα της ατομικής απόδοσης.

Στο Παγκόσμιο Κύπελλο του 1990, στην Ιταλία, η Δυτική Γερμανία νίκησε την Αργεντινή με 1-0 στον τελικό, ενώ η Αγγλία με την Ιταλία αγωνίστηκαν για την τρίτη θέση. Η Ιταλία κέρδισε με 2-1, οπότε η τελική κατάταξη ήταν: πρώτη η Δυτική Γερμανία, δεύτερη η Αργεντινή, τρίτη η Ιταλία και τέταρτη η Αγγλία. Αναλύοντας αυτό το τουρνουά, ο Λουχτάνεν (1993) θέλησε να διερευνήσει πώς αγωνίστηκαν οι ομάδες στην επίθεση και, ειδικότερα, πόσο συχνά μια ομάδα που διατηρούσε την κατοχή της μπάλας σ' αυτή την τόσο σημαντική περιοχή, προσπαθούσε στη συνέχεια να σκοράρει, και εξέταζε πόσο επιτυχημένη ήταν αυτή η προσπάθεια. Για να πετύχει τον σκοπό του χρησιμοποίησε ένα πρόσθετο πληκτρολόγιο και επινόησε ένα σημειογραφικό σύστημα για τους αγώνες που παρακολουθούσε μέσω τηλεοπτικών μεταδόσεων, και μαγνητοσκοπήσεων. Τα λεπτομερή αποτελέσματα της έρευνάς του αφορούσαν τις τέσσερις κορυφαίες ομάδες που προαναφέραμε, και η ανάλυσή του επιβεβαίωσε πως η απόδοση της νικήτριας Δυτικής Γερμανίας δεν ήταν τυχαίο γεγονός. Με βάση την αξιολόγηση που αφορούσε την κατοχή της μπάλας και τον αριθμό των ευκαιριών που μετέτρεψε σε γκολ, η γερμανική ομάδα ήταν η πιο ισχυρή. Κράτησαν την μπάλα στο 69% όλων των επιθέσεων. Ποσοστό 37% αυτής της κατοχής οδήγησε σε ευκαιρίες για γκολ και, με τη σειρά του, ένα 10% των ευκαιριών κατέληξε σε γκολ. Συγκριτικά, τα αντίστοιχα ποσοστά της Αγγλίας ήταν 67%, 26% και 12%. Με άλλα λόγια, είχαν περίπου το ίδιο ποσοστό κατοχής της μπάλας στην επίθεση και μετέτρεψαν σε γκολ λίγες παραπάνω από τις ευκαιρίες τους, αλλά δημιούργησαν συνολικά λιγότερες ευκαιρίες. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι στο σύνολο των αγώνων η αναλογία των γκολ έναντι των σουτ προς την εστία ήταν 1 προς 9,3, που πλησιάζει πολύ στη μαγική αναλογία του Ριπ.

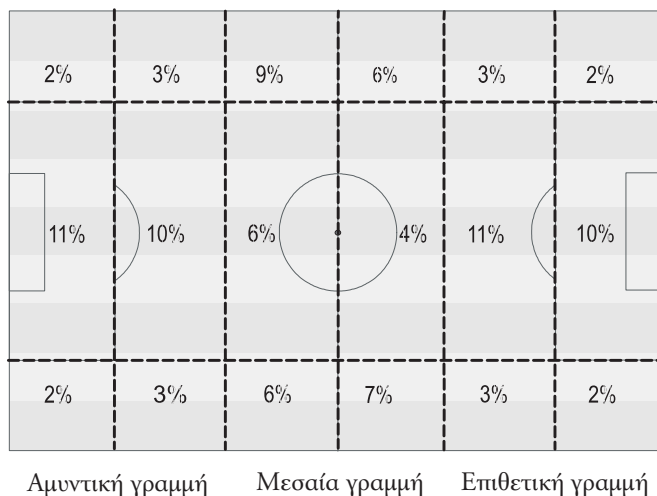
Το δεύτερο παράδειγμα πραγματεύεται το σημαντικό ζήτημα της πιθανότητας για τραυματισμό. Ποιες αγωνιστικές κινήσεις οδη-

γούν πιο εύκολα σε τραυματισμούς, πότε είναι πιο πιθανό να συμβούν στη διάρκεια ενός αγώνα, και ποια είναι τα πιο επισφαλή σημεία μέσα στο γήπεδο; Απαντήσεις σ' αυτά τα ερωτήματα ανέλαβαν να δώσουν οι Ραχνάμα, Ράιλι και Λιζ, τρεις ερευνητές από το Πανεπιστήμιο Τζον Μουρς του Λίβερπουλ. Μελέτησαν δέκα παιχνίδια της αγγλικής Πρέμιερσιπ μεταξύ του 1999 και του 2000 και ανέπτυξαν ένα σημειογραφικό σύστημα που βασίζεται σ' ένα γήπεδο χωρισμένο σε 18 ζώνες (εικόνα 4.5). Το σύστημα αυτό μοιάζει με τον συμβατικό διαχωρισμό του γηπέδου σε εννέα ζώνες, της εικόνας 2.6 (κεφάλαιο 2), μόνο που τώρα η επίθεση, το κέντρο και η άμυνα έχουν χωριστεί ξανά στη μέση. Το σημειογραφικό τους σχέδιο συμπεριλάμβανε τις 16 πιο συνηθισμένες ενέργειες του παιχνιδιού – μεταξύ αυτών την ντρίμπλα, την κεφαλιά, το τάκλινγκ, το σουτ και την επαναφορά. Στα 10 παιχνίδια που μελέτησαν, καταγράφηκαν 17.877 ξεχωριστές ενέργειες βάσει των 16 κατηγοριο-

ποιήσεων, 43% από τις οποίες (7.667) κρίθηκε ότι μπορούσαν να προκαλέσουν κάποια μορφή τραυματισμό (ήπιο, αρκετά σοβαρό ή πολύ σοβαρό). Το ποσοστό αυτό υποδηλώνει μια συνολική αναλογία 53 τραυματισμών ανά 1.000 ώρες παιχνιδιού για τους διάφορους τύπους ενεργειών, αν και οι σοβαροί τραυματισμοί συμβαίνουν σε πολύ μικρότερη αναλογία, ίσως στο ένα δέκατο αυτών των περιπτώσεων. Οι φιλάθλοι όλου του κόσμου γνωρίζουν ότι σε ορισμένους αγώνες όπου υπάρχουν «αγωνιστικά ή άλλα προηγούμενα» εμφανίζεται μεγαλύτερη αναλογία τραυματισμών.

Οι δραστηριότητες που συγκεντρώνουν τις μεγαλύτερες πιθανότητες για τραυματισμό σε αυτό που θα μπορούσαμε ν' αποκαλέσουμε «φυσιολογικό» παιχνίδι σχετίζονται, όπως είναι αναμενόμενο, με τα τάκλινγκ που κάνει ή δέχεται ένας παίκτης, και ο κίνδυνος είναι μεγαλύτερος κατά τα πρώτα και τα τελευταία 15 λεπτά του αγώνα. Οι περισσότεροι θεατές θα συμφωνούσαν ενστικτωδώς με αυτή τη διαπίστωση: οι πρώτες φάσεις οποιουδήποτε αγώνα εκτυλίσσονται συνήθως με υψηλό –πολύ συχνά, φρενήρη– ρυθμό, ενώ στα τελευταία λεπτά του παιχνιδιού, η κόπωση θα έχει αφήσει τα ίχνη της στους παίκτες. Και οι δυο καταστάσεις είναι πιθανό να περιορίσουν την ακρίβεια που απαιτείται για ένα σωστά συγχρονισμένο τάκλινγκ, με συνέπεια να προκαλούνται συχνά τραυματισμοί.

Το τελευταίο ζήτημα που πραγματεύτηκε η έρευνα, ήταν αν διέφεραν οι πιθανότητες τραυματισμού σε διαφορετικά σημεία του γηπέδου. Από τα 7.667 καταγεγραμμένα περιστατικά είναι δυνατόν να καταρτιστούν πίνακες με τις συχνότητες τραυματισμού κατά περιοχή – πρβ. εικόνα 4.5. Τα περιστατικά είναι σημαντικά υψηλότερα στον κεντρικό άξονα της επίθεσης και της άμυνας, εκεί όπου οι αμυντικοί πρέπει να εξουδετερώσουν την επιθετική απειλή για να αποτρέψουν τα γκολ. Προφανώς, αφήνοντας κατά μέρος την πιθανότητα να υποπέσουν σε πέναλτι, οι αμυντικοί συγκρατούνται και παράλληλα λειτουργούν παράτολμα –αν σκεφτούμε τις συνέπειες που ενδέχεται να έχει μια λαθεμένη επέμβασή τους– οπότε μπορούμε να αναμένουμε μια αυξημένη αναλογία μαρκαρισμάτων που προκαλούν τραυματισμούς.



ΕΙΚΟΝΑ 4.5 Συχνότητες τραυματισμού σε συνάρτηση με την τοποθέτηση μέσα στο γήπεδο (σύμφωνα με τους Ραχνάμα, Ράιλι και Λιζ).

Σε αντίθεση με τα δυο προηγούμενα παραδείγματα, η έρευνα των Γκέρις και Ράιχελτ, το 1993, εξέτασε μια πολύ πιο συγκεκριμένη όψη του παιχνιδιού. Μελέτησαν τις αναμετρήσεις «έναν εναντίον ενός» των παικτών, πλην του τερματοφύλακα, όπου δύο παίκτες ανταγωνίζονται για την κατοχή της μπάλας, στον πολύ σημαντικό ημιτελικό του Κυπέλλου Ευρώπης ανάμεσα στην Μπάγερν Μονάχου και τον Ερυθρό Αστέρα του Βελιγραδίου, τον Απρίλιο του 1991. Στο σημειογραφικό τους σχέδιο, οι ενέργειες που ορίστηκαν ως στόχος της έρευνας ήταν οι κεφαλιές, τα φάουλ, η χαμένη ή κερδισμένη κατοχή της μπάλας και οι στόχοι που επιτεύχθηκαν ή δεν εκπληρώθηκαν. Στην τελευταία κατηγορία περιλαμβάνονταν κινήσεις όπως σουτ και σέντρες που έφτασαν στον στόχο τους, ή εμποδίστηκαν. Σε ό,τι αφορά την κατανάλωση ενέργειας, αυτές οι αναμετρήσεις είναι πολύ πιο εξαντλητικές από το συμβατικό παιχνίδι, καθώς περιλαμβάνουν περισσότερα σπριντ και άλματα. Εκτός από την καταγραφή των γεγονότων σε σχέση με τις συνηθισμένες ζώνες του γηπέδου (άμυνα, κέντρο και επίθεση συν τις πλάγιες γραμμές στο κέντρο, στην αριστερή και στη δεξιά πλευρά), οι Γκέρις και Ράιχελτ πρόσθεσαν και έναν χρονικό κώδικα στα στοιχεία, έτσι ώστε να μπορούν να εντοπιστούν τα «έναν εναντίον ενός» σε όλη τη διάρκεια του αγώνα. Σημειώθηκαν 250 τέτοιες αναμετρήσεις, ακριβώς 125 για κάθε ομάδα, γεγονός που υποδηλώνει φαινομενικά ότι το παιχνίδι κύλησε μάλλον ισορροπημένα, αλλά το πιο σημαντικό ζήτημα ήταν ποια ομάδα κέρδιζε την αναμέτρηση και πώς μοιραζόταν ο ρυθμός έργου ανάμεσα στους μεμονωμένους παίκτες. Η εξέταση της διακύμανσης αυτών των παραμέτρων κατά τη διάρκεια του αγώνα δείχνει πως οι παίκτες του Ερυθρού Αστέρα χρησιμοποίησαν πιο αποδοτικά την κατοχή της μπάλας σε σχέση με εκείνους της Μπάγερν. Μετά την αρχική πίεση που οδήγησε σ' ένα γρήγορο γκολ, η κυριαρχία της Μπάγερν εξανεμίστηκε. Ο Ερυθρός Αστέρας εκμεταλλεύτηκε το πλεονέκτημα που του εξασφάλισαν οι προσωπικές μονομαχίες και ισοφάρισε ακριβώς στη λήξη του πρώτου ημιχρόνου.

Ο Μπέντερ, ο μέσος της Μπάγερν που όλοι θεώρησαν ότι βρισκόταν εκτός θέσης όταν ισοφάρισε ο Ερυθρός Αστέρας, είχε εκτεθεί σε 18 εξουθενωτικά «έναν εναντίον ενός» μέσα σε 25 λεπτά και καθ' όλη τη διάρκεια του αγώνα είχε βγει νικητής στο 29% αυτών των αναμετρήσεων. Απλώς, δεν είχε πια δυνάμεις για να βρεθεί στη θέση του όταν ο Ερυθρός Αστέρας βγήκε μπροστά για να ισοφαρίσει. Αντιθέτως, ο Προσινέτοκι, του Ερυθρού Αστέρα, είχε κατά γενική ομολογία μια άριστη παρουσία στον χώρο του κέντρου και κατάφερε να «γυρίσει» το παιχνίδι υπέρ της ομάδας του. Η απόδοσή του στα «έναν εναντίον ενός», είναι εντελώς αντίθετη με αυτή του Μπέντερ. Κέρδισε το 59% των αναμετρήσεων και έτρεχε ακόμα μέχρι και το σφύριγμα της λήξης. Μολονότι η Μπάγερν ανασυντάχθηκε και άρχισε ν' αποδίδει καλύτερα στα «έναν εναντίον ενός» προς το τέλος του παιχνιδιού, δεν μπόρεσε να πετύχει γκολ κατά την τελευταία περίοδο της κυριαρχίας της και όταν έπεσε ξανά ο ρυθμός της ηττήθηκε από τον Ερυθρό Αστέρα με 2-1. Τελικά, ο Ερυθρός Αστέρας κατέκτησε και το Κύπελλο Πρωταθλητριών, νικώντας την Ολυμπίκ Μαρσείγ στη διαδικασία των πέναλτι, στον τελικό του 1991.

Η ατυχής εμπειρία του Μπέντερ στον ημιτελικό με τον Ερυθρό Αστέρα ανέδειξε πολύ πειστικά το γεγονός ότι το ποδόσφαιρο, σε επίπεδο κορυφαίων ομάδων, είναι από άποψη φυσικής κατάστασης μια απαιτητική, συχνά εξαντλητική δραστηριότητα. Αυτό είχε ήδη καταστεί σαφές από τις αξιολογήσεις του ρυθμού έργου των Ράιλι και Γουίλιαμς, οι οποίες είχαν επιβεβαιωθεί απ' όλες τις μεταγενέστερες μελέτες που εξέτασαν τις απαιτήσεις του αθλήματος από άποψη φυσιολογίας. Ένας παίκτης που τρέχει περίπου 10 χλμ. σε 90 λεπτά, εναλλάσσοντας αυτή τη δραστηριότητα με σπριντ, μεταβολές και άλματα που καταπονούν τον οργανισμό, θέτει σε σοβαρή δοκιμασία τον μεταβολισμό του σώματός του. Ποια κινητήριος δύναμη οδηγεί αυτή την προσπάθεια και, πράγμα εξίσου σημαντικό, ποια είναι η καύσιμη ύλη που στηρίζει αυτή την κολοσοσιαία κατανάλωση;

Η απάντηση στο πρώτο ερώτημα είναι εύκολη – στην ανθρώπινη φυσιολογία υπάρχει μόνο ένας παράγοντας που διευθύνει τη φυσική

δραστηριότητα, και αυτός είναι το σύνολο των μυών που ευθύνονται για την κίνηση. Εφόσον οι μυϊκές ίνες μπορούν μόνο να *συσπώνται*, πρέπει να διαταχθούν πάνω στον σκελετό κατά τέτοιο τρόπο ώστε κάποιες φορές να ανοίγουν ένα τμήμα των άκρων του σώματος και κάποιες φορές να το κλείνουν, γεγονός που συνιστά ακριβώς τον κύκλο των μυϊκών κινήσεων που περιλαμβάνει π.χ. το τρέξιμο ή το άλμα. Το εύρος της μυϊκής σύσπασης –με άλλα λόγια, η δύναμη που ελέγχει την κίνηση– εξαρτάται από την αναλογία των νευρικών ερεθισμάτων που στέλνονται στον μυ: όσο μεγαλύτερη η αναλογία, τόσο μεγαλύτερη η σύσπαση και τόσο μεγαλύτερη η δύναμη που μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Με την επαναλαμβανόμενη επίπονη άσκηση οι μύες συρρικνώνονται, και αυτός είναι ο λόγος που οι παίκτες τεντώνονται στο ζέσταμα πριν από τον αγώνα αλλά και μετά απ' αυτόν, για να αποφύγουν την πιθανότητα του μυϊκού τραυματισμού.

Το βιολογικό σύστημα που παράγει την κίνηση είναι στη βάση του χημικό. Μια ουσία, η τριφωσφορική αδενοσίνη (σε σύντημηση ATP), που βρίσκεται αποθηκευμένη στις μυϊκές ομάδες, διασπάται και παράγει διφωσφορική αδενοσίνη (ADP), η οποία και προκαλεί τη μυϊκή σύσπαση. Στην περίπτωση που μια μορφή ενέργειας, η χημική, μεταμορφώνεται σε μια άλλη, τη μηχανική, καθώς η μετατροπή δεν μπορεί να είναι 100% αποτελεσματική, ένα μικρό ποσό ενέργειας χάνεται με τη μορφή θερμότητας. Η χημική αντίδραση εκτυλίσσεται πολύ γρήγορα, αλλά δεν διανέμεται μεγάλη ποσότητα ATP σε όλο το φάσμα του μυϊκού συστήματος. Αυτό σημαίνει ότι για να αντέχει ο οργανισμός τη φυσική καταπόνηση, πρέπει να αναπληρώνει διαρκώς το ATP, κάτι που μπορεί να γίνει μόνο με δύο τρόπους. Το σώμα μπορεί να παράγει ATP από αερόβιες πηγές, δηλαδή οξυγόνο, το οποίο εισπνέεται κατά τη διαδικασία της συνεχούς άσκησης, ή, για πιο έντονη έκρηξη ενέργειας, από χημικά αποθέματα μέσα στα ίδια τα μυϊκά σύνολα, τις λεγόμενες αναερόβιες πηγές.

Η αεροβική αναπλήρωση του ATP είναι η πιο σημαντική πηγή κατανάλωσης ενέργειας στο ποδόσφαιρο, αφού ίσως το 90% της

ενέργειας που απαιτείται κατά τη διάρκεια ενός αγώνα, παρέχεται με αυτόν τον τρόπο. Η αναλογία με μια συμβατική μηχανή, που καίει καύσιμα σε συνδυασμό με οξυγόνο, είναι σχεδόν ακριβής. Τα λίπη, οι υδατάνθρακες, και σε πολύ μικρό ποσοστό οι πρωτεΐνες, συνδυάζονται με το οξυγόνο που εισπνέεται από τον αέρα και μεταφέρεται μέσω της κυκλοφορίας του αίματος στα μυϊκά κύτταρα. Ο βαθμός αποτελεσματικότητας αυτής της διαδικασίας εξαρτάται από το καρδιαγγειακό σύστημα του ατόμου. Αναφέρεται συχνά ως δείκτης $\dot{V}O_2$ και προσδιορίζει την ποσότητα του οξυγόνου που καταναλώνεται ανά χρονική μονάδα και ανά μονάδα σωματικής μάζας. Το ανώτατο όριο αξιοποίησης οξυγόνου $\dot{V}O_{2max}$ αποτελεί το μέτρο της άριστης φυσικής κατάστασης στην αεροβική γυμναστική, και ποσοτικές μετρήσεις όπως τα 4,5 λίτρα ανά λεπτό δεν είναι ασυνήθιστα για τους κορυφαίους παίκτες. Φυσικά, ο ρυθμός αυτός δεν μπορεί να διατηρηθεί για έναν ολόκληρο αγώνα, αλλά οι υπολογισμοί έχουν δείξει ότι όλοι οι παίκτες, εξαιρουμένου του τερματοφύλακα, αποδίδουν σ' ένα επίπεδο που πλησιάζει το 75% του $\dot{V}O_{2max}$ σε όλη τη διάρκεια του αγώνα, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για τον λιγότερο απαιτητικό ρόλο του τερματοφύλακα είναι περίπου το 50%.

Οι τεχνικές για τη μέτρηση της άντλησης οξυγόνου στη διάρκεια της άσκησης εξειδικεύονται ολοένα περισσότερο. Εκτός από συμβατικές τεχνικές, στην προπόνηση χρησιμοποιούνται ακόμη και μηχανισμοί αναπνευστήρων προκειμένου να επιτευχθεί ακρίβεια στη μέτρηση του μεταβολισμού, όμως σε πραγματικές συνθήκες αγώνα η χρήση τέτοιου εξοπλισμού δεν είναι εφικτή. Ευτυχώς, υπάρχει και άλλος δρόμος. Οι μετρήσεις μπορούν να γίνουν και σε συνθήκες εργαστηρίου –π.χ. με τρέξιμο σε «διάδρομο»– ώστε να υπάρχει αντιστοιχία με τον καρδιακό ρυθμό. Στα πραγματικά παιχνίδια, οι παίκτες μπορούν να εφοδιάζονται με ελαφρές συσκευές καταγραφής του καρδιακού ρυθμού, οι οποίες μεταδίδουν τα στοιχεία –μέσω μιας συσκευής ασύρματης επικοινωνίας– σε υπολογιστή, ώστε να υπολογίζεται με αρκετά μεγάλη ακρίβεια ο $\dot{V}O_2$. Το 1983, οι Φαν Γκούλ,

Φαν Γκέρβεν και Μπόουτμανς μέτρησαν τον ρυθμό της καρδιάς σε χτύπους ανά λεπτό για όλους τους παίκτες, εκτός του τερματοφύλακα, και ανέφεραν ως μέση τιμή τους 155 σφυγμούς για τους κεντρικούς αμυντικούς, 155 για τους πλάγιους οπισθοφύλακες, 170 για τους μέσους και 171 για τους επιθετικούς. Αυτά τα νούμερα σχεδόν ταυτίζονται με τους υπολογισμούς του ρυθμού έργου από τους Ράιλι και Τόμας, οι οποίοι βασιζόνταν στη συνολική απόσταση που καλύπτεται σ' αυτές τις συγκεκριμένες θέσεις.

Σε μια ανταγωνιστική αναμέτρηση, οι πραγματικά έντονοι δραστηριότητες διαρκούν μόλις 7 λεπτά περίπου συνολικά για κάθε παίκτη και χωρίζονται σε ξεσπάσματα πολύ μικρής διάρκειας. Για παράδειγμα, μέσα σ' αυτό το χρονικό διάστημα εκδηλώνονται περίπου 20 σπριντ, το καθένα διάρκειας περίπου 2 δευτερολέπτων, μαζί με πολλές ξαφνικές επιταχύνσεις, στάσεις, προσποίσεις και άλματα. Ακόμη και μια εμφανώς ακίνδυνη δραστηριότητα, όπως το ντριμπλάρισμα, επιβαρύνει σημαντικά τη φυσική κατάσταση. Αυτό το απέδειξαν οι Ράιλι και Μπολ (1984) που κατάφεραν να προσομοιώσουν το ντριμπλάρισμα κατά τη διάρκεια μιας άσκησης σε «διαδρόμο», φροντίζοντας να επιστρέφεται η μπάλα στον ασκούμενο αθλητή από έναν πίνακα αναπήδησης που ήταν εγκατεστημένος στο μπροστινό μέρος του «διαδρόμου». Οι ίδιοι ερευνητές έδειξαν πως όταν ντριμπλάρουμε, ενώ παράλληλα τρέχουμε με ταχύτητα 4 μέτρων ανά δευτερόλεπτο, η κατανάλωση ενέργειας αυξάνεται κατά 7% σε σύγκριση με το απλό τρέξιμο με την ίδια ταχύτητα – σημαντικό ποσοστό επιβάρυνσης κατά τη διάρκεια ενός δύσκολου αγώνα.

Το ποσοστό της ενέργειας που προμηθεύεται ο οργανισμός από την άντληση οξυγόνου δεν επαρκεί γι' αυτές τις σποραδικές, έντονες ενέργειες, οπότε, για να καλύψει το έλλειμμα, το σύνολο των μυών αντλεί ενέργεια από εσωτερικές πηγές. Αυτή η διαδικασία είναι γνωστή ως αναερόβια φόρτωση, και όταν φτάνουμε στο αερόβιο όριο, υπάρχουν δύο περιορισμένες δεξαμενές (πηγές). Η πρώτη πηγή είναι η διάσπαση μιας ένωσης που ονομάζεται φωσφοκρεατίνη και βρίσκεται στις ίδιες τις μυϊκές ίνες. Η δεύτερη πηγή είναι η

διάσπαση του γλυκογόνου (που αποτελείται από μόρια ενός σακχάρου, της γλυκόζης): πρόκειται για μια ουσία που σχηματίζεται από τους υδατάνθρακες της διατροφής και αποθηκεύεται επίσης στον μυϊκό ιστό. Συνέπεια των τελευταίων αυτών αντιδράσεων είναι η παραγωγή γαλακτικού οξέος, οπότε η μέτρηση των γαλακτικών αλάτων στο αίμα μπορεί να χρησιμεύσει ως ικανοποιητικός δείκτης της αναερόβιας επιβάρυνσης στη διάρκεια ενός αγώνα.

Με δεδομένους αυτούς τους παράγοντες, άραγε, πόση ενέργεια δαπανάται ανά αγώνα στο ποδόσφαιρο που παίζεται σε επίπεδο κορυφής; Όπως έχουμε ήδη σημειώσει, μετρήσεις σε κορυφαίους παίκτες παρουσιάζουν το ανώτατο όριο αξιοποίησης οξυγόνου ($\dot{V}O_{2max}$) να προσεγγίζει τα 4,5 λίτρα ανά λεπτό, οπότε, για μια μέση φόρτωση της τάξεως του 75% καθ' όλη τη διάρκεια του αγώνα, η συνολική κατανάλωση ενέργειας μπορεί να υπολογιστεί περίπου στις 1.700 θερμίδες. Αυτή η ενέργεια, που καταναλώνεται μέσα σε 90 λεπτά, αποτελεί περίπου το 67% της συνιστώμενης *ημερήσιας* απαίτησης σε θερμίδες για τον μέσο υγιή άντρα. Σε συνθήκες σκληρού συναγωνισμού, η εφίδρωση και μόνο προκαλεί απώλεια βάρους 2-2,5 κιλών. Αυτά τα ευρήματα υποδεικνύουν κάποιους σημαντικούς παράγοντες που αφορούν τη διατροφή των παικτών.

Για παίκτες που προπονούνται συστηματικά και παίζουν ένα ανταγωνιστικό παιχνίδι μια φορά την εβδομάδα, η μέση πρόσληψη ενέργειας εξαρτάται από τη σωματική μάζα, ωστόσο πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 3.000 και 3.500 θερμίδων ανά ημέρα. Οι γυναίκες που παίζουν ποδόσφαιρο σε επίπεδο κορυφής, χρειάζονται περίπου 500-600 λιγότερες θερμίδες. Το πιο σημαντικό συστατικό μιας ισορροπημένης διατροφής που περιλαμβάνει πρωτεΐνη, λίπη και υδατάνθρακες είναι οι τελευταίοι, καθώς είναι απαραίτητοι για την αναπλήρωση των αποθεμάτων ζωικού αμιύλου στον οργανισμό. Σημαντικότερες πηγές υδατανθράκων είναι τα ζυμαρικά, το ρύζι, το ψωμί και οι πατάτες. Ωστόσο, για πολλούς λόγους, τα γεύματα πριν από τους αγώνες δεν πρέπει να είναι «λουκούλλεια». Η υπερβολική πρόσληψη υδατανθράκων περιττεύει σ' αυτό το στάδιο, αφού ελά-

χιστα θα πρόσθετε στα ήδη κορεσμένα αποθέματα ζωικού αμύλου. Οπότε, το μόνο απαραίτητο πριν από τον αγώνα είναι ένα μικρό γεύμα. Μετά το παιχνίδι, το απόθεμα του σώματος σε ζωικό άμυλο μειώνεται σημαντικά, αλλά η ικανότητα αναπλήρωσης φτάνει στο μέγιστο σημείο της λίγες ώρες μετά, ενώ φθίνει γρήγορα στη συνέχεια. Ποτά που περιέχουν υδατάνθρακες και πίνονται αμέσως μετά τη λήξη του αγώνα, μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στη διαδικασία ανανέωσης. Μετά τα ποτά μπορεί να ακολουθήσει ένα μικρό γεύμα, και αργότερα ένα πλήρες. Κατ' αυτόν τον τρόπο μπορούν να ανανεωθούν μέσα σε 24 ώρες τα αποθέματα ζωικού αμύλου, γεγονός πολύ σημαντικό όταν ακολουθούν ανταγωνιστικά παιχνίδια σε μικρά χρονικά διαστήματα.

Απαραίτητη είναι η πρόσληψη υγρών μετά από μια σκληρή προπόνηση, καθώς επίσης και η αναπλήρωση των υγρών που αποβάλλονται στη διάρκεια των αγώνων. Στο εμπόριο κυκλοφορούν πολλά επώνυμα ποτά, ωστόσο, επαρκεί ένα υγρό που περιέχει απλώς ζάχαρη, σε συμπύκνωση περίπου 6%, μαζί με μια μικρή ποσότητα νιτρικού άλατος. Αυτό το απλό μίγμα είναι προτιμότερο από το σκέτο νερό. Η ημερήσια πρόσληψη υγρών πρέπει να κυμαίνεται περίπου στα 2-3 λίτρα, που πρέπει να λαμβάνονται συνεχώς, και όχι απλώς ως αντίδραση στη δίψα, η οποία δεν αποτελεί αξιόπιστο δείκτη της ανάγκης για αναπλήρωση υγρών.

Εκτός από την αναπλήρωση των υδατανθράκων, οι διαιτολόγοι του αθλητισμού εξετάζουν επίσης τις απαιτήσεις του οργανισμού σε πρωτεΐνες, βιταμίνες και μεταλλικά στοιχεία. Μολονότι δεν απαιτείται μεγάλη πρόσληψη πρωτεϊνών (μέχρι περίπου 100 γραμμάρια ανά ημέρα είναι μια αποδεκτή ποσότητα), προβλήματα μπορεί να προκύψουν σε περιόδους συνεχόμενης, έντονης άσκησης. Σε τέτοιες περιπτώσεις, μέρος των απαιτήσεων σε ενέργεια καλύπτεται από τη μείωση των αποθεμάτων του σώματος σε αμινοξέα, που είναι τα κύρια συστατικά στοιχεία της πρωτεΐνης. Τα προβλήματα οξύνονται μόνο όταν αυτό το έλλειμμα ενέργειας διατηρείται για μεγάλες περιόδους. Οι επιπτώσεις είναι πιο σοβαρές για τις γυναίκες και τα

παιδιά, και αν δεν εντοπιστεί και δεν επιλυθεί το πρόβλημα, οι παίκτες μπορεί να γίνουν πιο επιρρεπείς στους τραυματισμούς και στις ασθένειες.

Το θέμα των βιταμινών και των αναγκών του οργανισμού σε μεταλλικά στοιχεία, έχει πυροδοτήσει έντονες συζητήσεις· σύμφωνα με την κοινή παραδοχή των ημερών μας, μια ισορροπημένη διατροφή περιέχει όλα όσα χρειάζονται για τον πολύ έντονο ανταγωνισμό. Μοναδική εξαίρεση αποτελεί ο σίδηρος, καθώς μικρές ποσότητες αποβάλλονται με τον ιδρώτα και τα ούρα. Η πρόσληψη σιδήρου ακόμα και σε μια ισορροπημένη δίαιτα είναι συνήθως αρκετά χαμηλή, αλλά αν προκύψει έλλειψη το πρόβλημα λύνεται εύκολα. Η πρόσληψη σιδήρου βελτιώνεται σε συνδυασμό με τη βιταμίνη C, ή μπορεί να επιτευχθεί με τη λήψη σιδήρου σε ελεγχόμενες ποσότητες με τη μορφή φαρμακευτικού σκευάσματος.

Το ποδόσφαιρο έχει προχωρήσει αρκετά από το βασικό παιχνίδι της δεκαετίας του 1860, με τους φιλότιμους παίκτες και τους 14 απλούς κανόνες. Σήμερα, το παιχνίδι παίζεται με περισσότερη δεξιοτεχνία και σε πολύ πιο γρήγορο ρυθμό – αλλαγές που προέκυψαν κυρίως εξαιτίας των επιστημονικών πληροφοριών που παρουσιάστηκαν από τα μέσα του περασμένου αιώνα. Δεν υπάρχει διάσταση του ποδοσφαίρου που να μην έχει μελετηθεί από επιστημονική σκοπιά, και οπωσδήποτε το μέλλον επιφυλάσσει πολλές νέες μελέτες. Ένα ζωτικό ερώτημα αφορά το ζήτημα της εξάντλησης των παικτών, καθώς οι αγώνες των εθνικών ομάδων και οι ευρωπαϊκές αναμετρήσεις προστίθενται στις εξουθενωτικές αγωνιστικές υποχρεώσεις τους στο εσωτερικό των χωρών τους. Οι πιο πλούσιοι σύλλογοι μπορούν απλώς να διπλασιάσουν το έμφυχο δυναμικό τους, αλλά οι άλλοι μάλλον θα στραφούν στους επιστήμονες του αθλητισμού, αναζητώντας πιο οικονομικές λύσεις. Δεν αποκλείεται να δούμε προσεκτικά δομημένα συστήματα προπόνησης, κομμένα και ραμμένα στην ένταση που απαιτεί ο εβδομαδιαίος ανταγωνισμός, ωστόσο σχεδιασμένα πάνω στον κύκλο των υποχρεώσεων ολόκληρης της αγωνιστικής περιόδου. Οι περίοδοι ξεκούρασης για

τους παίκτες-κλειδιά θα αποτελούν βασικό στοιχείο σε τέτοια προγράμματα προπόνησης.

Οι ποδοσφαιριστές του μέλλοντος θα σχολιάζουν τις σημερινές μεθόδους με το ίδιο μειδίαμα που εκδηλώνουμε εμείς για τις προπονήσεις που γίνονταν πριν από μισό αιώνα: ατέλειωτο τρέξιμο στο γήπεδο, σε αναζήτηση αυτής της ασύλληπτης αντοχής, κι ούτε μια μπαλιά μέχρι το σαββατιάτικο παιχνίδι.