

ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΣΤΗΝ ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ

ΣΤΟΧΟΙ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Αφού διαβάσετε αυτό το κεφάλαιο, θα πρέπει να είστε σε θέση να:

- Τεκμηριώνετε τις θεωρητικές κατασκευές στην κινητική συμπεριφορά.
- Αναπτύσσετε τα αμετάβλητα χαρακτηριστικά και τις παραμέτρους σε γενικευμένα κινητικά προγράμματα.
- Εξηγείτε τον έλεγχο ανοιχτού και κλειστού βρόχου.
- Διακρίνετε ανάμεσα στη θεωρία επεξεργασίας της πληροφορίας και στην οικολογική προσέγγιση σε ό,τι αφορά την αντίληψη.
- Κατασκευάζετε το μοντέλο περιορισμών, να εξηγείτε δηλαδή πώς τα κινητικά πρότυπα υφίστανται φραγμούς που περιορίζουν τις δυνατότητες της κίνησης.

Μεταβάσεις

Η Chante και ο Darius ήταν περήφανοι γονείς του πρώτου τους παιδιού, του Keenan. Ο Keenan γεννήθηκε υγιής τρεις μέρες μετά την προβλεπόμενη ημερομηνία τοκετού. Μετέβαινε από ένα αναπτυξιακό ορόσημο στο άλλο σύμφωνα με τις τυπικές περιόδους ανάπτυξης και σε κάθε ένα που κατακτούσε οι γονείς του έλαμπαν από χαρά. Άρχισε να μπουσουλάει σε αναπτυξιακά μικρή ηλικία στους επτά μήνες, γεγονός που έκανε τους γονείς του να αρχίσουν να πιστεύουν ότι μπορεί να είναι σωματικά ανεπτυγμένος. Περίμεναν ότι με αυτόν τον ρυθμό θα περπατούσε ανεξάρτητα πολύ πριν από τα πρώτα του γενέθλια. Ωστόσο, προς έκπληξή τους, τα πρώτα του γενέθλια πέρασαν και ο Keenan εκδήλωσε ελάχιστο ενδιαφέρον για το περπάτημα. Ο Keenan είχε διαπιστώσει ότι μπορούσε να μετακινηθεί πιο γρήγορα με τα τέσσερα άκρα παρά με τα ασταθή δύο πόδια του και επομένως δεν ενδιαφερόταν για αυτό. Ίσως αυτή η μακρά περίοδος του μπουσουλήματος να κατέστησε τη στιγμή των πρώτων βημάτων ακόμα πιο συναρπαστική για τους γονείς του.

Είναι οπωσδήποτε εκπληκτικό να γίνεται κάποιος μάρτυρας των στιγμών στις οποίες ένα παιδί καταφέρνει κάτι για πρώτη φορά —το πρώτο χαμόγελο, την πρώτη φορά που κάθεται μόνο του, τα πρώτα του βήματα, για να αναφέρουμε μερικά μόνο παραδείγματα. Όλα αυτά τα επιτεύγματα

μας κάνουν οπωσδήποτε να αναρωτηθούμε τι βρίσκεται πίσω από αυτές τις αλλαγές. Τη μία στιγμή, ένα βρέφος δεν μπορεί να κάνει κανένα ανεξάρτητο βήμα και την άλλη στιγμή μπορεί να περπατήσει από τον ένα γονέα στον άλλο. Τι επέτρεψε αυτή τη μετάβαση; Οι μεταβάσεις δεν περιορίζονται στη βρεφική και την παιδική ηλικία, αλλά συνεχίζουν καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής. Δεν αποκλείεται να μάθατε πρόσφατα πώς να κάνετε ζογκλερικά και να καταβάλατε πολλές αποτυχημένες προσπάθειες προτού να μπορέσετε να κάνετε αρκετά πιασίματα, έπειτα μερικά ακόμα· στο τέλος όμως τα καταφέρατε. Τι άλλαξε; Πώς καταφέρατε ξαφνικά να ολοκληρώσετε αυτό το φαινομενικά αδύνατο έργο;

Μεταβάσεις παρατηρούνται επίσης μετά από έναν τραυματισμό, όπως μια ρήξη συνδέσμου. Όλο και περισσότεροι πίστερ του μπέιζμπολ υποβάλλονται σε χειρουργική επέμβαση του ωλένιου πλάγιου συνδέσμου (UCL), η οποία συνήθως αποκαλείται χειρουργική επέμβαση Tommy John. Αν και η συγκεκριμένη επέμβαση είναι δημοφιλής, η ανάκαμψη είναι πολύ χρονοβόρα και σίγουρα δεν υπάρχουν εγγυήσεις ότι ο παίκτης θα επανέλθει στα προχειρουργικά επίπεδα παιξίματος. Επίσης, πολλές μεταβλητές μπορούν να επηρεάσουν το αποτέλεσμα της ανάκαμψης. Σε περίπτωση τραυματισμού, η αποκατάσταση μεταβάλλει τα κινητικά πρότυπα, ενώ στην περίπτωση εκμάθησης νέων κινήσεων, η ανάπτυξη, η πρακτική εξάσκηση ή η προπόνηση είναι αυτές που προκαλούν την αλλαγή.

Για να εξηγήσουμε τι είναι αυτό που ωθεί τις πολλές αξιοσημείωτες αλλαγές που συμβαίνουν καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής μας, αναπτύχθηκαν τρεις θεωρητικές κατασκευές κατά τη διάρκεια του πρώτου τμήματος της προσανατολισμένης στη διαδικασία περιόδου στην ιστορία της θεωρίας της κινητικής ανάπτυξης, όπως αυτή αναλύθηκε στο κεφάλαιο 1. Αυτές οι θεωρητικές κατασκευές — η θεωρία της επεξεργασίας της πληροφορίας, η οικολογική προσέγγιση και η προσέγγιση των δυναμικών συστημάτων — εξακολουθούν να κατευθύνουν την έρευνα ακόμη και σήμερα. Αυτές οι θεωρίες διαφέρουν στον τρόπο με τον οποίο ορίζουν την ανάπτυξη και τη μάθηση καθώς και στον τρόπο με τον οποίο εξετάζουν τη συμπεριφορά. Σύμφωνα με τη **θεωρία επεξεργασίας της πληροφορίας**, ο εγκέφαλος λαμβάνει, επεξεργάζεται και ερμηνεύει πληροφορίες με σκοπό να στείλει σήματα για να παράγει συντονισμένες κινήσεις που απαιτούν τη χρήση δεξιοτήτων, με παρόμοιο τρόπο λειτουργίας ενός υπολογιστή. Οι υποστηρικτές της οικολογικής προσέγγισης δηλώνουν ωστόσο ότι η κίνηση είναι πολύ πιο σύνθετη από μια απλή εναλλαγή εισόδου-εξόδου πληροφοριών από τον εγκέφαλο προς τα άλλα συστήματα. Αντ' αυτού, οι ενέργειες καθορίζονται από πολλούς εσωτερικούς (π.χ. στόχους και δυνατότητες) και εξωτερικούς παράγοντες (π.χ. τι είναι

διαθέσιμο στο περιβάλλον). Η τρίτη θεωρητική οπτική, η **προσέγγιση των δυναμικών συστημάτων**, θεωρήθηκε παρακλάδι της οικολογικής ψυχολογίας. Από τη σκοπιά της, η κίνηση δεν συμβαίνει ως αποτέλεσμα ενός συνόλου εντολών (instructions), αλλά μάλλον ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης του έργου, του περιβάλλοντος και του ατόμου. Η κίνηση συναρμολογείται «με ήπιο τρόπο», που σημαίνει ότι προκύπτει ως αποτέλεσμα αυτών των τριών παραγόντων.

ΘΕΩΡΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

Στη βάση της θεωρίας επεξεργασίας της πληροφορίας βρίσκεται η ιδέα ότι ο εγκέφαλος λειτουργεί όπως ένας υπολογιστής, ο οποίος δουλεύει ως δέκτης και επεξεργαστής πληροφοριών (Fitts & Posner, 1967, Keele, 1973, Marteniuk, 1976· Schmidt 1975). Ένας βασικό πεδίο της ερευνητικής αυτής γραμμής ασχολήθηκε με τις διαδικασίες που εμπλέκονται στην κινητική συμπεριφορά. Παρόλο που η διαδικασία ανάπτυξης αποτελούσε βασικό πεδίο ενδιαφέροντος σε προηγούμενες έρευνες, υπήρξε μια μετατόπιση από τη διερεύνηση των οντογενετικών (στο πλαίσιο της διάρκειας της ανθρώπινης ζωής) αλλαγών στις διαδικασίες

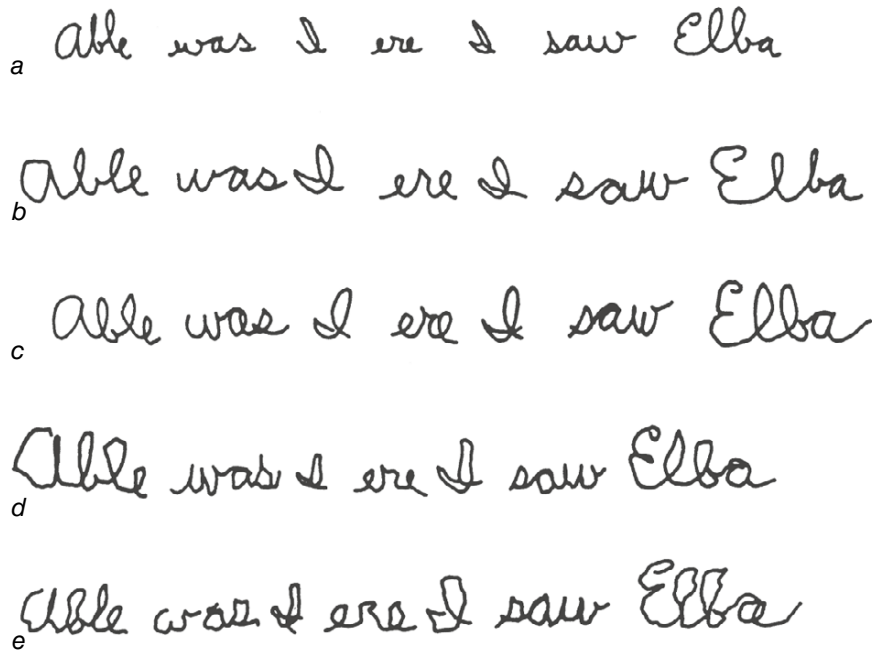
πίσω από τις αλλαγές που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια μιας ανθρώπινης ζωής, όπως η μνήμη, η ανατροφοδότηση, η προσοχή και η αντίληψη (Clark & Whittall, 1989).

Ένα **γενικευμένο κινητικό πρόγραμμα (GMP)** είναι μια αναπαράσταση ενός κινητικού προτύπου που μπορούν να τροποποιηθούν για να παραγάγουν ένα αποτέλεσμα κίνησης. Ένα GMP μπορεί να γίνει αντιληπτό ως ένα σύνολο οδηγιών που αποθηκεύονται στον εγκέφαλο. Όταν εκτελούμε μια συγκεκριμένη δεξιότητα, ανακαλούμε αυτό το σύνολο οδηγιών, στέλνοντας σήματα στους κατάλληλους μυς. Ο χρόνος που απαιτείται για την οργάνωση ενός κινητικού προγράμματος εξαρτάται από την πολυπλοκότητα του έργου και τα πιο σύνθετα απαιτούν περισσότερο χρόνο για να οργανωθούν από ό,τι λιγότερο σύνθετα έργα. Οι Henry και Rogers (1960) υποστήριξαν την παραπάνω ιδέα μετρώντας τον χρόνο αντίδρασης για τρία έργα που διέφεραν σε πολυπλοκότητα. Διαπίστωσαν ότι ο χρόνος αντίδρασης (ο χρόνος από την εμφάνιση ενός ερεθίσματος μέχρι την έναρξη της απόκρισης) αυξανόταν όσο εντεινόταν και η πολυπλοκότητα. Όταν οι συμμετέχοντες έπρεπε απλά να σηκώσουν ένα δάκτυλο από ένα διακόπτη, ο χρόνος αντίδρασης ήταν μόνο 165 χιλιοστά του δευτερολέπτου, έφτασε ωστόσο τα 199 χιλιοστά του δευτερολέπτου όταν το έργο έγινε πιο σύνθετο και εκτός από το σήκωμα του δακτύλου από το διακόπτη περιλάμβανε στη συνέχεια το πιάσιμο μιας κρεμαστής μπάλας του τένις. Αυξήθηκε στα 212 χιλιοστά του δευτερολέπτου, όταν οι συμμετέχοντες έπρεπε να σηκώσουν το δάχτυλο, να χτυπήσουν την μπάλα, να πιέσουν ένα κουμπί και να πιάσουν μια άλλη μπάλα. Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι κινήσεις σχεδιάζονται πριν από την έναρξη μιας απόκρισης, διότι απαιτείται περισσότερος χρόνος για την προετοιμασία των κινητικών προγραμμάτων που προορίζονται για πιο σύνθετα έργα.

Για να ταξινομηθεί σε ένα συγκεκριμένο GMP, μια ενέργεια πρέπει να περιλαμβάνει **αμετάβλητα χαρακτηριστικά**, δηλαδή χαρακτηριστικά που δεν μπορούν να τροποποιηθούν από τη μια δοκιμή στην άλλη. Τα αμετάβλητα χαρακτηριστικά είναι μοναδικά για κάθε GMP, όπως

μοναδικά είναι τα χαρακτηριστικά της υπογραφής ενός ατόμου. Εάν σας ζητηθεί να γράψετε το όνομά σας κάτω από διαφορετικές συνθήκες (π.χ. με το επικρατούν χέρι σας, με το μη επικρατούν χέρι σας, με μεγάλους ή μικρούς χαρακτήρες ή ακόμα και με τα πόδια σας), η γενική όψη και δομή της υπογραφής σας θα είναι ίδιες. Φυσικά, το γράψιμο μπορεί να είναι λίγο πιο «τσαπατσούλικο» με τα πόδια σας, αλλά θα έχει και πάλι τα ίδια γενικά χαρακτηριστικά με την υπογραφή που κάνετε με το επικρατούν χέρι σας. Η διαφορά στις υπογραφές είναι αποτέλεσμα εμπειρίας, μειωμένου συντονισμού και ελέγχου στο μη επικρατούν άκρο, όχι της δομής των γραμμάτων. Ένα κλασικό παράδειγμα που αποτυπώνει τα αποτελέσματα των αμετάβλητων χαρακτηριστικών απεικονίζεται στο **σχήμα 2.1**.

Τα τρία αμετάβλητα χαρακτηριστικά είναι η *ακολουθία των ενεργειών*, ο *σχετικός χρονισμός* και η *σχετική δύναμη*. Η ακολουθία των ενεργειών περιλαμβάνει το συντονισμό ή τις αλληλουχίες των κινήσεων για μια κινητική δεξιότητα. Για παράδειγμα, ένα λεί απ (layup) στο μπάσκετ περιλαμβάνει ντρίπλα, δύο βήματα και στη συνέχεια ένα σουτ ή κατά την απομάκρυνση της μπάλας (run) περιλαμβάνεται ένα πιάσιμο, προσέγγιση, ρίψη της μπάλας και στη συνέχεια κλότσημα της μπάλας. Εάν άλλαζε η ακολουθία των ενεργειών, η κινητική δεξιότητα πιθανότατα δεν θα μπορούσε καν να εκτελεστεί. Ο σχετικός χρονισμός και η σχετική δύναμη επιτρέπουν τον ρυθμό του κινητικού προτύπου. Οι κινήσεις μπορούν να εκτελεστούν με περισσότερη ή λιγότερη δύναμη, πιο γρήγορα ή πιο αργά (χρονισμός), αλλά όλα τα στατικά στοιχεία της δεξιότητας πρέπει να αυξάνουν ή να μειώνουν τη δύναμη ή την ταχύτητα, όχι μόνο ένα στοιχείο. Αλλάζοντας μόνο ένα στοιχείο, ο ρυθμός της κινητικής δεξιότητας θα αλλάξει. Για παράδειγμα, εάν δαπανηθεί αναλογικά περισσότερος χρόνος σε οποιαδήποτε ενέργεια κατά την εκτέλεση ενός σερβίς στο βόλεϊ, όπως η επιβράδυνση της ρίψης της μπάλας, αλλά όχι επιβράδυνση του χτυπήματος, το συνολικό κινητικό πρότυπο θα διακυβευόταν. Αυτό θα αποτελούσε ένα παράδειγμα αλλαγής του σχετικού χρονισμού. Ένα άτο-



Σχήμα 2.1 Τα αμετάβλητα χαρακτηριστικά επηρέασαν την ικανότητα του συγκεκριμένου ατόμου να γράψει (α) με το δεξί (επικρατούν) χέρι, (β) με τον καρπό ακινητοποιημένο, (γ) με το αριστερό χέρι, (δ) με το στυλό γραπωμένο με τα δόντια, ε) με το στυλό προσαρτημένο στο πόδι.

Αναδημοσίευση, με άδεια, από το M. H. Raibert, 1977, *Motor control and learning by the state space model*, Technical Report AI-TR-439 (Cambridge, MA: MIT Artificial Intelligence Laboratory), 50.

μο μπορεί να περπατήσει με διάφορες ταχύτητες, αλλά ο σχετικός χρονισμός θα παραμείνει ο ίδιος, εκτός αν το άτομο ξεκινήσει να τρέχει. Το ίδιο ισχύει και για τη σχετική δύναμη. Για να κλοτσήσει μια μπάλα με περισσότερη δύναμη, ένας αθλητής πρέπει να αυξήσει αναλογικά την ποσότητα της δύναμης που παράγεται όταν στηρίζεται στο μη επικρατούν πόδι, ταλαντώνει το επικρατούν πόδι προς τα πίσω και προς τα εμπρός και έρχεται σε επαφή με την μπάλα. Η αλλαγή του σχετικού χρονισμού ή της σχετικής δύναμης μόνο του ενός ή των δύο στοιχείων και όχι όλων θα αποσταθεροποιούσαν τον ρυθμό του κινητικού προτύπου.

Παραδείγματα κάθε τύπου αμετάβλητων χαρακτηριστικών ενός γενικευμένου κινητικού προγράμματος

- **Ακολουθία ενεργειών:** Σύμφωνα με την ακολουθία της απομάκρυνσης της μπάλας (run) στο αμερικανικό ποδόσφαιρο, ο παίκτης πιάνει, πλησιάζει, αφήνει να πέσει και κλοτσάει.
- **Σχετικός χρονισμός:** Η ταλάντωση για το

χτύπημα μιας μπάλας βόλεϊ κατά τη διάρκεια ενός σερβίς πρέπει να είναι ανάλογη με τη χρονική στιγμή της ρίψης της μπάλας.

- **Σχετική δύναμη:** Η δύναμη του ποδιού σας που έρχεται σε επαφή με την μπάλα κατά τη διάρκεια ενός λακτίσματος πρέπει να είναι ανάλογη με τη δύναμη με την οποία προσεγγίσατε την μπάλα και την κίνηση του ποδιού σας.

Τα χαρακτηριστικά ενός GMP που *μπορούν* να τροποποιηθούν κατά την εκτέλεση ενός κινητικού προτύπου ονομάζονται **παράμετροι**. Η τροποποίηση των παραμέτρων μάς επιτρέπει να προσαρμόζουμε τις αποκρίσεις μας (π.χ. να περπατάμε με διαφορετικές ταχύτητες, να ρίχνουμε μια βολή στο μπάσκετ από διαφορετικές θέσεις στο γήπεδο, να κλοτσάμε με περισσότερη ή λιγότερη δύναμη). Οι τρεις παράμετροι είναι η *επιλογή μυών*, η *συνολική διάρκεια* και η *συνολική δύναμη*. Στο παράδειγμα της υπογραφής στο σχήμα 2.1, βρέθηκαν παρόμοια χαρακτηριστικά για το γράψιμο με το επικρατούν και με το μη επικρατούν χέρι. Το γρά-

ψιμο με διαφορετικό χέρι είναι μια αλλαγή παραμέτρου, όχι αλλαγή αμετάβλητου χαρακτηριστικού, λόγω της χρήσης διαφορετικών μυϊκών ομάδων (επιλογή μυών). Ένας κουόρτερμπασκ στο αμερικανικό ποδόσφαιρο μπορεί να ρίξει μια κοφτή πάσα σε έναν μπασκ που τρέχει ή να δώσει πολύ πιο μακρινή πάσα σε έναν επιθετικό. Το GMP που χρησιμοποιείται είναι το ίδιο είτε ξεβιδώνουμε ένα πολύ σφιχτό ή χαλαρό καπάκι είτε εκτελούμε ένα πέναλτι από τη δεξιά ή την αριστερή πλευρά του τέρματος.

Να υπενθυμίσουμε ότι τα GMP καθορίζονται από τα αμετάβλητα χαρακτηριστικά τους (μη ευέλικτα χαρακτηριστικά) και τις παραμέτρους τους (ευέλικτα χαρακτηριστικά). Είναι σημαντικό να μπορούμε να αναγνωρίζουμε τις διαφορές μεταξύ αμετάβλητων χαρακτηριστικών και παραμέτρων. Ακολουθεί μια γρήγορη ανακεφαλαίωση της κάθε κατηγορίας:

Παραδείγματα κάθε τύπου παραμέτρων ενός γενικευμένου κινητικού προγράμματος

- *Επιλογή μυών*: Το GMP είναι το ίδιο για μια βολή είτε με το αριστερό είτε με το δεξί χέρι.
- *Συνολική διάρκεια*: Το GMP είναι το ίδιο για το τρέξιμο είτε σε αργή είτε σε γρήγορη ταχύτητα.
- *Συνολική δύναμη*: Το GMP είναι το ίδιο για ένα χτύπημα είτε με μεγαλύτερη είτε με μικρότερη συνολική δύναμη.

Η χρήση των παραμέτρων που αρμόζουν στην κάθε κατάσταση είναι ιδιαίτερα σημαντική για τις ανοιχτές δεξιότητες. Οι παίκτες του μπάσκετ πρέπει να διαφοροποιούν την κάθε βολή τους ανάλογα με τη θέση τους σε σχέση με το καλάθι και οι παίκτες μεταξύ δεύτερης και τρίτης βάσης στο μπίτζμπολ πρέπει να διαφοροποιούν την κάθε ρίψη τους ανάλογα με τη βάση στην οποία θέλουν να φτάσουν. Κάνοντας εξάσκηση υπό διαφορετικές συνθήκες, οι μαθητευόμενοι αναπτύσσουν κανόνες ή σχέσεις που τους βοηθούν να εκδηλώσουν τις κατάλληλες κινητικές αποκρίσεις. Αυτές ονομάζονται **σχήματα**. Τα σχήματα αναπτύσσονται με την πάροδο του χρόνου μέσω συσώ-

ρευσης εμπειριών εντός ενός γενικευμένου κινητικού προγράμματος. Όσο περισσότερο κάποιος εξασκεί μια κινητική δεξιότητα, τόσο περισσότερο αναπτύσσεται το σχήμα, επιτρέποντας στο άτομο να αντιδρά πιο γρήγορα και να εκτελεί την κίνηση με μεγαλύτερη ακρίβεια.

Τρόποι Ελέγχου

Πριν από την εκτέλεση μιας κίνησης, το άτομο πρέπει να ανακαλέσει το κατάλληλο GMP και να επιλέξει τις κατάλληλες παραμέτρους για την κατάσταση. Αυτές οι αποφάσεις συμβαίνουν σε υποσυνείδητο επίπεδο και δεν εξηγούν πώς ελέγχεται η κίνηση. Υπάρχουν πολλές επιλογές για την προσαρμογή κάθε κινητικού προτύπου και ως εκ τούτου υπάρχει μεγάλη ποικιλία και στους τρόπους ελέγχου της παραγωγής δεξιοτήτων. Από μια ευρύτερη άποψη, πίσω από τις κινήσεις βρίσκονται δύο συστήματα ελέγχου: ο έλεγχος κλειστού βρόχου και ο έλεγχος ανοιχτού βρόχου.

Έλεγχος Κλειστού Βρόχου

Ο έλεγχος κλειστού βρόχου χρησιμοποιείται για συνεχείς δραστηριότητες μακράς σχετικά διάρκειας κατά τις οποίες το άτομο μπορεί να κάνει διορθώσεις με βάση την ανατροφοδότηση που λαμβάνει ενώ κινείται. Στον έλεγχο κλειστού βρόχου, οι πληροφορίες που χρησιμοποιούνται για την πραγματοποίηση διορθώσεων διέρχονται τα στάδια επεξεργασίας της πληροφορίας. Αρχικά, γίνεται επεξεργασία των πληροφοριών και τίθεται σε εφαρμογή ένα κινητικό πρόγραμμα. Οι αισθητηριακές πληροφορίες σχετικά με την κίνηση (δηλ. η ανατροφοδότηση που παράγεται από την απόκριση) συγκρίνονται με την επιθυμητή κίνηση και μπορούν να γίνουν διορθώσεις στο κινητικό πρότυπο, αν αυτό κριθεί απαραίτητο. Για παράδειγμα, όταν περπατάτε προς την τάξη, έχετε ένα πλάνο για τη διαδρομή που πρόκειται να ακολουθήσετε, αλλά δεν μπορείτε να προγραμματίσετε ακριβώς τα εμπόδια που ενδέχεται να συναντήσετε, όπως λακκούβες, ανθρώπους που περπατούν προς το μέρος σας και αυτοκίνητα που έρχονται όταν πλησιάζετε μια δια-

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

Έρευνες σε Πιθήκους

Οι Polit και Bizzi (1978) διερεύνησαν την έννοια του GMP μέσω πρόκλησης απώλειας της νευρωνικής εισαγωγής ερεθισμάτων των πιθήκων. Πρόκειται για μια τεχνική με την οποία οι αισθητήριοι υποδοχείς «απονευρώνονται» με αποτέλεσμα να μην μπορεί να ληφθεί καμία ιδιοδεκτική ανατροφοδότηση. Με άλλα λόγια, το μέλος που έχει υποστεί αυτή την απώλεια δεν νιώθει πλέον τίποτα. Οι Polit και Bizzi εκπαίδευσαν αρκετούς πιθήκους να εκτελούν έργα στόχευσης. Οι πίθηκοι αργότερα υπέστησαν την τεχνική απώλειας της νευρωνικής εισαγωγής ερεθισμάτων και η όρασή τους εμποδίστηκε με αποτέλεσμα να μην μπορούν να δουν ή να αισθανθούν πού βρίσκotan το αδρανοποιημένο άκρο τους. Με τη λήξη αυτής της τεχνικής, οι πίθηκοι ήταν ακόμη ικανοί να υποδείξουν με ακρίβεια τον στόχο, χωρίς αισθητηριακή ανατροφοδότηση, όπως ακριβώς κατέφεραν με την όραση και την κιναισθησία (αίσθηση της κίνησης). Τα ευρήματα αυτά στηρίζουν την ιδέα των κινητικών προγραμμάτων και της θεωρίας επεξεργασίας της πληροφορίας, επειδή οι πίθηκοι μπορούσαν να σχεδιάσουν την κίνηση, να ξεκινήσουν αυτό το πλάνο και να συνεχίσουν την κίνηση χωρίς ανατροφοδότηση.

σταύρωση. Όταν συναντάτε αυτά τα εμπόδια, κάνετε προσαρμογές, όπως αλλαγή κατεύθυνσης, επιβράδυνση, ή ακόμα και διακοπή της κίνησης. Αυτές οι αλλαγές συμβαίνουν καθ' όλη την εκτέλεση της κίνησης του περπατήματος προς την τάξη.

Ένας θερμοστάτης αποτελεί ένα καλό παράδειγμα συστήματος κλειστού βρόχου. Ένας θερμοστάτης ρυθμίζει τη θερμοκρασία ενός δωματίου με βάση μια προκαθορισμένη θερμοκρασία. Παρακολουθεί συνεχώς τη θερμοκρασία και πραγματοποιεί κάποια αλλαγή μόνο όταν η πραγματική θερμοκρασία δεν αντιστοιχεί στην προκαθορισμένη θερμοκρασία. Αν η θερμοκρασία είναι ρυθμισμένη στους 20 βαθμούς Κελσίου και η θερμοκρασία του δωματίου πέσει κάτω από αυτή την τιμή, ο κλιματισμός θα ανάψει. Μόλις η θερμότητα φτάσει στην επιθυμητή θερμοκρασία των 20 βαθμών Κελσίου, ο κλιματισμός θα σβήσει.

Έλεγχος Ανοιχτού Βρόχου

Ο έλεγχος κλειστού βρόχου μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για βραδύτερες ενέργειες που διαρκούν αρκετό χρόνο, ώστε η ανατροφοδότηση να μπορεί να αξιοποιηθεί κατά τη διάρκεια της κίνησης. Για τις κινήσεις που είναι

πιο γρήγορες και διακριτές, ο έλεγχος που γίνεται ονομάζεται **έλεγχος ανοιχτού βρόχου**. Για να χρησιμοποιήσουμε τον έλεγχο ανοιχτού βρόχου, πρέπει να προσχεδιάσουμε την κίνησή μας επιλέγοντας ένα γενικευμένο κινητικό πρόγραμμα και στη συνέχεια να εκτελέσουμε την ενέργειά μας. Ένα καλό παράδειγμα είναι η σύνταξη ενός γραπτού μηνύματος. Επιλέγετε το πρόσωπο στο οποίο πρόκειται να γράψετε, γράφετε το μήνυμά σας και στέλνετε το μήνυμα. Αφού πατήσετε το πλήκτρο της Αποστολής, δεν μπορείτε να επιστρέψετε και να αλλάξετε το κείμενο. Όλοι μας έχουμε στείλει κάποιο μήνυμα σε λάθος άτομο και πολύ απλά δεν υπάρχει επιστροφή. Ίσως το μήνυμα να περιείχε κάποιο λάθος, επειδή μπερδευτήκατε κατά την πληκτρολόγηση ή επειδή η αυτόματη διόρθωση άλλαξε αυτό που γράψατε. Εάν θέλετε να κάνετε μια αλλαγή στο κείμενό σας, η μόνη σας επιλογή είναι να στείλετε ένα επόμενο μήνυμα με τις σωστές πληροφορίες. Αυτή η ενέργεια δεν θεωρείται κλειστού βρόχου, επειδή η αποστολή του επόμενου κειμένου δεν μπορεί να εξαλείψει και να διορθώσει το πρώτο κείμενο. Ο έλεγχος ανοιχτού βρόχου των κινήσεων είναι πολύ κοινός και συχνά εντοπίζεται κατά το τέλος μιας κίνησης. Κάποια παραδείγματα είναι το πάτημα ενός κουμπιού ανελκυστή-

ΔΟΚΙΜΑΣΤΕ ΤΟ

Πότε μια Ρίψη δεν είναι Ρίψη;**Άσκηση 2.1**

Οι πρώτες θεωρίες των κινητικών προγραμμάτων υποστήριζαν ότι κάθε έργο απαιτούσε κι ένα ξεχωριστό κινητικό πρόγραμμα. Χρειαζόμασταν διαφορετικό πρόγραμμα για να πιάσουμε μια μπάλα του τένις ή μια μπάλα του σόφτμπολ, ή για να πετάξουμε μια μπάλα στα 3 ή στα 4,5 μέτρα. Εάν για κάθε παραλλαγή μιας κίνησης απαιτούνταν ένα νέο πρόγραμμα, θα έπρεπε να διαθέτουμε έναν τεράστιο χώρο στη μνήμη μας για να αποθηκεύουμε όλες αυτές τις πληροφορίες. Η θεωρία των γενικευμένων κινητικών προγραμμάτων αναπτύχθηκε για να αντιμετωπίσει αυτό ακριβώς το πρόβλημα. Εφόσον δεν ήταν απαραίτητο ένα νέο πρότυπο συντονισμού για την εκτέλεση μιας κινητικής δεξιότητας, η δεξιότητα αυτή θα μπορούσε να ελέγχεται από το ίδιο γενικευμένο κινητικό πρόγραμμα. Για να το ελέγξετε, δοκιμάστε τις παρακάτω παραλλαγές ρίψης μιας μικρής μπάλας σε έναν στόχο. Από το α ως το δ, το ζητούμενο είναι η ρίψη σας να έχει ακρίβεια, στο ε, το ζητούμενο είναι να ρίξετε την μπάλα με όσο περισσότερη δύναμη μπορείτε.

- α. Βρείτε έναν στόχο που απέχει μόνο 1,5 μ. και ρίξτε την μπάλα σε αυτόν μερικές φορές.
- β. Κάντε αρκετά μεγάλα βήματα προς τα πίσω έτσι ώστε να βρίσκεστε σε απόσταση 4,5 μ. από τον στόχο. Έπειτα στοχεύστε και ρίξτε στον στόχο.
- γ. Από το ίδιο σημείο, στοχεύστε και ρίξτε την μπάλα πιο απαλά.
- δ. Χρησιμοποιώντας τον ίδιο στόχο και την ίδια θέση, ρίξτε με το μη επικρατούν χέρι σας.
- ε. Τώρα κάντε αρκετά μεγάλα βήματα προς τα πίσω έτσι ώστε να βρίσκεστε σε απόσταση 9 μ. ή και πιο μακριά από τον στόχο και ρίξτε όσο πιο δυνατά μπορείτε στον στόχο.

Απαντήστε στα παρακάτω ερωτήματα με βάση την εμπειρία σας:

1. Ποιες από τις ρίψεις ελέγχονταν από το ίδιο γενικευμένο κινητικό πρόγραμμα; Αν μία ή περισσότερες από τις ρίψεις σας δεν ελέγχονταν από αυτό, περιγράψτε πώς γνωρίζετε ότι ελέγχονταν από διαφορετικό GMP.
2. Ποια παραδείγματα παρουσίαζαν διαφοροποιημένες παραμέτρους; Περιγράψτε πώς.

Απαντήστε στα παρακάτω ερωτήματα σχετικά με μια κινητική δεξιότητα της επιλογής σας:

1. Δώστε δύο παραδείγματα αμετάβλητων χαρακτηριστικών για μια κινητική δεξιότητα της επιλογής σας. Συζητήστε γιατί τα χαρακτηριστικά αυτά εντάσσουν τη συγκεκριμένη κίνηση σε ένα διαφορετικό GMP.
2. Τώρα δώστε δύο παραδείγματα για το πώς θα μπορούσατε να μεταβάλετε αυτή τη δεξιότητα χωρίς να επηρεάσετε το κινητικό πρότυπο (αλλαγή παραμέτρων).
3. Αν μια προσαρμογή στο πλαίσιο μιας κινητικής δεξιότητας έχει προκαλέσει κάποια αλλαγή στα αμετάβλητα χαρακτηριστικά της, θα πρέπει ο μαθητευόμενος να εξασκηθεί υπό αυτές τις συνθήκες; Γιατί ή γιατί όχι;

ρα, το κλότσημα μίας μπάλας στο ποδόσφαιρο, το γύρισμα ενός διακόπτη φωτισμού και το πιάσιμο μιας πολύ δυνατής μπαλιάς στο μπέιζμπολ (line drive). Ανατρέξτε στο **σχήμα 2.2**, α και β, για μια σύγκριση ελέγχου κλειστού και ανοιχτού βρόχου.

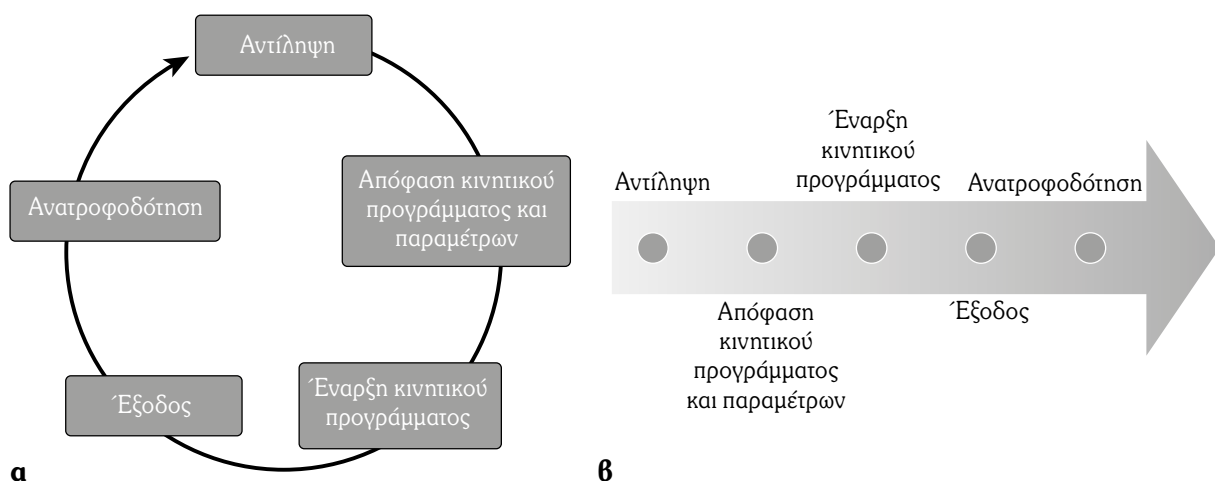
Σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να γίνει τροποποίηση μιας γρήγορης ενέργειας επιχειρώντας μια ταχεία προσαρμογή αμέσως μετά την αρχική κίνηση. Μπορεί να έχετε αρχίσει να κλείνετε μια πόρτα και στα μισά της κίνησης να συνειδητοποιήσετε ότι δεν έχετε τα κλειδιά σας. Εάν κάνετε την προσαρμογή αρκετά γρήγορα, μπορεί να προλάβετε να μην κλείσετε την πόρτα και να μην κλειδωθείτε απέξω. Ένα καλό αθλητικό παράδειγμα είναι η ελεγχόμενη αιώρηση του ροπάλου (checked swing) στο μπέιζμπολ. Η αιώρηση μπορεί να σταματήσει και η μπάλα τελικά να μη χτυπηθεί εάν μια δεύτερη απόφαση μη αιώρησης ληφθεί εγκαίρως. Ωστόσο, αν η απόφαση γίνει πολύ αργά, ο ροπαλοφόρος μπορεί να μην έχει αρκετό χρόνο για να ελέγξει την αιώρηση. Ο ροπαλοφόρος γνωρίζει ωστόσο ότι δεν έπρεπε να ταλαντώνει το ρόπαλό του την ίδια τη στιγμή που το κάνει, λαμβάνοντας έτσι μια ανατροφοδότηση που παράγεται από την απόκρισή του κατά τη διάρκεια της κίνησης. Αυτή η συνειδητοποίηση ή το αίσθημα εσφαλμένης συμπεριφοράς είναι δυνατά σε πολλές κινήσεις που ελέγχονται από διαδικασίες ανοιχτού βρόχου, όπως η επί-

γνωση ότι η βολή που μόλις ρίξατε ήταν αδέξια πριν ακόμη η μπάλα φτάσει στο καλάθι.

Οι περισσότερες δραστηριότητες συνδυάζουν και τους δύο τρόπους ελέγχου, όπως το προηγούμενο παράδειγμα της σύνταξης ενός μηνύματος. Η σύνταξη ενός μηνύματος ελέγχεται από διαδικασίες κλειστού βρόχου, επειδή μπορείτε να κάνετε αλλαγές. Ωστόσο, το πάτημα του πλήκτρου Αποστολή ελέγχεται από διαδικασίες ανοιχτού βρόχου. Για να αποφασίσετε πώς ελέγχεται μια κίνηση, σκεφτείτε πόσος χρόνος απαιτείται για να παραχθεί η κίνηση. Εάν υπάρχει χρονικό περιθώριο για προσαρμογές, τότε η κίνηση ελέγχεται με επεξεργασία κλειστού βρόχου. Εάν η κίνηση είναι πολύ γρήγορη και διαθέτει ένα σημείο πέρα από το οποίο δεν υπάρχει επιστροφή (δηλαδή, δεν έχουμε την επιλογή να αλλάξουμε την κίνηση την ώρα που συμβαίνει), τότε ελέγχεται από διαδικασία ανοιχτού βρόχου. Για μια σύγκριση των ελέγχων ανοιχτού και κλειστού βρόχου, βλ. **πίνακας 2.1**.

Αντιστάθμισμα Ταχύτητας – Ακρίβειας

Η ταχύτητα και η ακρίβεια είναι σημαντικές σε πολλές κινητικές δεξιότητες, ιδιαίτερα σε εκείνες που έχουν χρονικά και χωρικά συστατικά στοιχεία, όπως στα αθλήματα που παίζονται με ρακέτα και σε παιχνίδια ανάπτυξης στο χώ-



Σχήμα 2.2 Τα συστήματα ελέγχου μπορούν να είναι **(α)** κλειστά ή **(β)** ανοιχτά.