



Αναζητήσεις στη Φυσική Αγωγή & τον Αθλητισμό  
τόμος 4 (1), 97 - 107  
Δημοσιεύτηκε: 4 Απριλίου 2006



Inquiries in Sport & Physical Education  
Volume 4 (1), 97 - 107  
Released: April 4, 2006

[www.hape.gr/emag.asp](http://www.hape.gr/emag.asp)

ISSN 1790-3041

## Εμβιομηχανική Ανάλυση του Σουτ στην Καλαθοσφαίριση: Συνδέοντας την Έρευνα με την Πράξη

Βασιλική Κουβελιώτη<sup>1</sup>, Νικόλαος Σταυρόπουλος<sup>2</sup>, & Ελευθέριος Κέλλης<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ΤΕΦΑΑ Σερρών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

<sup>2</sup>ΤΕΦΑΑ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

### Περίληψη

Σκοπός της ανασκόπησης της βιβλιογραφίας είναι να εξετάσει τις βασικές αρχές εκτέλεσης του σουτ εν στάση και άλμα στη καλαθοσφαίριση όπως αυτές εμφανίζονται σε ποιοτικές περιγραφές και σε εμβιομηχανικές μελέτες. Οι εμβιομηχανικοί δείκτες του σουτ περιλαμβάνουν το ύψος, την ταχύτητα και τη γωνία απελευθέρωσης της μπάλας, τη γωνία εισόδου της μπάλας στο καλάθι και την ισορροπία και θέση του κέντρου βάρους του σώματος του παίκτη. Σε σουτ χωρίς ταμπλό, η ιδανική γωνία απελευθέρωσης κυμαίνεται από 35° έως 48° και εξαρτάται από την απόσταση του σουτ, το ύψος και τη ταχύτητα απελευθέρωσης της μπάλας. Η γωνία εισόδου της μπάλας στο καλάθι εξαρτάται από την τροχιά της μπάλας, την ταχύτητα και την περιστροφή της όπως επίσης και από τη διάμετρο της στεφάνης. Για κάθε γωνία εισόδου μπορεί να καθοριστεί ένα περιθώριο εντός του οποίου μπορεί η μπάλα να διαπεράσει επιτυχώς το καλάθι. Όσο αυξάνει η απόσταση της μπάλας από το καλάθι, το ύψος απελευθέρωσης μειώνεται ενώ η γωνία απελευθέρωσης παραμένει σταθερή. Οι περιφερειακοί παίκτες εμφανίζουν μεγαλύτερο εύρος έκτασης και κάμψης των βασικών αρθρώσεων σε σχέση με τους κεντρικούς παίκτες ενώ έχουν παρατηρηθεί διαφορές στη τεχνική εκτέλεση του σουτ μεταξύ των δυο φύλων. Περαιτέρω έρευνα στον κινητικό έλεγχο και τη μυϊκή δραστηριότητα κατά την εκτέλεση του σουτ είναι απαραίτητη ενώ η μεταβολή της τεχνικής του σουτ σε συνθήκες παιχνιδιού και κόπωσης δεν είναι γνωστή.

Λέξεις κλειδιά: *καλαθοσφαίριση, εμβιομηχανική, κινηματική, τεχνική*

### Biomechanical Analysis of Shooting in Basketball: Relating Research with Training Practice

Vasiliki Kouveliotti,<sup>1</sup> Nikolaos Stavropoulos,<sup>2</sup> & Eleftherios Kellis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Education and Sports Sciences at Serres, Aristotle University of Thessaloniki, Hellas

<sup>2</sup>Department of Physical Education and Sports Sciences, Aristotle University of Thessaloniki, Hellas

### Abstract

The purpose of this study is to investigate shot's and jump shot's basic characteristics, in basketball, as they appear in qualitative and quantitative (biomechanical) studies. The angle, height and velocity of ball release, the angle of ball insertion into the hoop, the balance and the center of mass of the body, are the main biomechanical characteristics of shooting. The optimal angle of ball release varies from 35° up to 48° and depends on the height, distance and velocity of ball release. The angle of insertion is a combination of various factors, mainly ball spin, ball trajectory, velocity, and the range of the hoop. A shot is successful when the ball falls into the basket at a range of angle relative to basket. As shot distance increases, the height of ball release decreases and the angle of ball release remains the same. Guards and forwards seem to have a greater extension and flexion range for the basic joints, than the centres. There are also differences in the shooting technique, between males and females. Further investigation on motor control and muscle activity patterns during basketball shooting is required. The alteration of shooting technique in game and fatigued conditions is not investigated.

Key words: *basketball game, kinematics, kinetics, technique*

## Γενική Εισαγωγή

Η καλαθοσφαίριση περιλαμβάνει ένα μεγάλο σύνολο από κινήσεις και δεξιότητες. Μία από αυτές είναι το σουτ. Το σουτ ξεχωρίζει από τις άλλες κινήσεις διότι είναι η σημαντικότερη ενέργεια από την ακρίβεια της οποίας εξαρτάται η εξέλιξη ενός παιχνιδιού (Smith, 1991). Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο δίνεται μεγάλη σημασία στην εκμάθηση της τεχνικής του σουτ.

Η εκμάθηση της τεχνικής του σουτ βασίζεται στην πληροφόρηση που έχουμε σχετικά με την ιδανική τεχνική εκτέλεσης της κίνησης. Η ιδανική τεχνική βασίζεται στους νόμους που διέπουν την κίνηση έχοντας στόχο την επιτυχή κατάληξη της μπάλας στο καλάθι. Παρόλο που η καλαθοσφαίριση αποτελεί ένα δημοφιλές άθλημα, η τεχνική του σουτ βασίζεται περισσότερο σε εμπειρικές μελέτες και προπονητική εμπειρία και λιγότερο σε ερευνητικά δεδομένα. Όμως, η επιτυχής κατάληξη της μπάλας στο καλάθι δεν είναι μια απλή διαδικασία αφού επηρεάζεται τόσο από τη θέση των μελών του σώματος πριν την απελευθέρωση της μπάλας όσο και από τα κινηματικά χαρακτηριστικά της κίνησης της μπάλας στον αέρα και από τις διαστάσεις της στεφάνης. Παρόλο που σε άλλα αθλήματα ο συνδυασμός της εμβιομηχανικής ανάλυσης με την πράξη είναι συχνός (π.χ. Lees & Nolan, 1998), στην καλαθοσφαίριση παρατηρείται μια έλλειψη αντιστοιχών ερευνητικών προσπαθειών.

Σκοπός της παρούσας ανασκόπησης της βιβλιογραφίας είναι να παρουσιάσει α) την τεχνική εκτέλεση της κίνησης του σουτ, όπως αυτή περιγράφεται σε εμπειρικές μελέτες β) την εμβιομηχανική ανάλυση της ίδιας κίνησης βασισμένη σε ερευνητικά δεδομένα και γ) τους παράγοντες που επηρεάζουν την ευστοχία του σουτ.

## Ανασκόπηση σχετικών ερευνών

### *Βασικά χαρακτηριστικά εκτέλεσης του σουτ*

Τα είδη του σουτ που χρησιμοποιήθηκαν μέχρι αυτό να φτάσει στη σημερινή τελική μορφή του είναι πολλά και εξαρτήθηκαν από την εξέλιξη και βελτίωση της υλικοτεχνικής υποδομής, από την εξέλιξη της ταχύτητας του παιχνιδιού και τη βελτίωση της άμυνας (American Sport Education Program, 2001; Brittenham, 1996; Laur, 1991; Smith, 1991; Weineck & Haas, 1999; Wootten, 1992).

Το σουτ στη σημερινή του μορφή μπορεί να διαχωριστεί (American Sport Education Program, 2001; Smith, 1991; Weineck, 1999; Wootten, 1992) σε σουτ χωρίς άλμα, σουτ με κίνηση (μπάσομιο) και σουτ με άλμα. Αυτή η κατηγοριοποίηση μπορεί να θεωρηθεί ως ένα γενικό σχήμα όπου μπορούν να συμπεριληφθούν διάφορα είδη σουτ που ανήκουν σε καθεμία από τις τέσσερις (4) κατηγορίες. Το σουτ εν στάση

διακρίνεται σε: α) σουτ με ένα χέρι εν στάση, β) σουτ με ένα χέρι εν στάση, με διαγώνια ή παράλληλη τοποθέτηση των ποδιών γ) σουτ με ένα χέρι εν στάση με ανασήκωμα του ομώνυμου ποδιού. Το σουτ με κίνηση διακρίνεται σε: α) σουτ με ένα χέρι μετά από διείσδυση, β) σουτ με το ένα χέρι (η παλάμη να βρίσκεται πίσω από την μπάλα), γ) σουτ μετά από κίνηση λει-απ (η παλάμη είναι κάτω από την μπάλα) δ) σουτ με πέρασμα κάτω από το καλάθι και ε) σουτ με δύο χέρια από κάτω. Το σουτ με άλμα διακρίνεται σε κλασικό σουτ με άλμα, κάρφωμα, βόλει και ραβερσέ σουτ (Ζεράβιτσα & Πάβλοβιτς, 1986).

Από τα παραπάνω είδη σουτ, η τεχνική που μελετάται περισσότερο είναι αυτή του στατικού σουτ (για ελεύθερες βολές) και του σουτ με άλμα διότι χρησιμοποιούνται περισσότερο μέσα στο παιχνίδι. Η παρούσα ανασκόπηση της βιβλιογραφίας επικεντρώνεται περισσότερο σε αυτά τα δύο είδη.

### *Γενική περιγραφή του σουτ με ένα χέρι*

Ήδη από τις αρχές του 19ου αιώνα το σουτ σε στάση με ένα χέρι θεωρείται ως μια από τις μεγαλύτερες επαναστάσεις στην εξέλιξη της καλαθοσφαίρισης το οποίο επέτρεψε την περαιτέρω εξέλιξη της τεχνικής του σουτ με κίνηση και αργότερα με άλμα (Ζεράβιτσα & Πάβλοβιτς, 1986). Για το λόγο αυτό θεωρείται η βάση των περισσότερων τεχνικών σουτ και αποκαλείται βασικό σουτ (Mortimer, 1951; Ζεράβιτσα & Πάβλοβιτς, 1986). Σήμερα το σουτ αυτό χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά για την εκτέλεση της ελεύθερης βολής ενώ μέσα στο παιχνίδι έχει αντικατασταθεί από το σουτ με άλμα (Lazenby, Meador & Green, 1987)

Η εκτέλεση του σουτ χαρακτηρίζεται από τρεις φάσεις. Τη φάση της προετοιμασίας, τη βασική και την τελική φάση.

*Φάση προετοιμασίας.* Η στάση του παίκτη πρέπει να εξασφαλίζει άνεση για μια χαλαρή και ρυθμική κίνηση. Το άνοιγμα των ποδιών είναι περίπου ίσο με το πλάτος των ώμων, με το δεξιό πόδι (για τους δεξιόχειρες) λίγο πιο μπροστά με διεύθυνση προς το καλάθι. Άλλοι παίκτες τοποθετούν και τα δύο πόδια παράλληλα, όποια όμως και αν είναι η θέση των ποδιών ο παίκτης θα πρέπει να νιώθει άνετα. Η βολή ξεκινάει από τα πόδια τον κορμό και τους βραχίονες (Lazenby et al., 1987; Mortimer, 1951). Τα δύο πόδια πρέπει να σχηματίζουν γωνία 30°-45°. Η στήριξη στα πόδια είναι όσο πιο σταθερή γίνεται και το βάρος του σώματος πρέπει να μοιράζεται και στα δύο πόδια. Τα γόνατα κάμπτονται ελαφρά ώστε το κέντρο βάρους να βρίσκεται μεταξύ των γοφών (Αναστασιάδη, 1979). Άλλη άποψη θέλει το μεγαλύτερο μέρος του κέντρου βάρους του σώματος να βρίσκεται στο πίσω και αριστερό πόδι (Elliott, 1989; Ζεράβιτσα & Πάβλοβιτς, 1986). Τα δάχτυλα του δεξιού ποδιού πρέπει να δείχνουν προς το στόχο και του αριστερού σε ελαφρά γωνία. Αν τέλος παρατηρηθεί ο παί-

κτης από επάνω, το κεφάλι του πρέπει να βρίσκεται μεταξύ των ποδιών ώστε να αποφεύγονται οι ανεπιθύμητες μετατοπίσεις του σώματος (Miller & Barlett, 1993). Η κίνηση των ποδιών είναι πολύ σημαντική για την επιτυχή εκτέλεση του σουτ. Η σημασία αυξάνει όσο αυξάνεται η απόσταση του παίκτη από το καλάθι αφού η κίνηση των ποδιών προσδίδει μεγαλύτερη ώθηση στο σώμα και συμβάλει στη διατήρηση της ισορροπίας του σώματος (Μεταξάς, 1986).

Ο παίκτης κρατάει τη μπάλα με τα δυο χέρια στο ύψος της κοιλιακής χώρας και μπροστά από το σώμα. Τα δάχτυλα εφάπτονται καλά επάνω στη μπάλα χωρίς να εφάπτεται το εσωτερικό της παλάμης, έτσι ώστε οι δείκτες και οι αντίχειρες να σχηματίζουν το αγγλικό γράμμα W. Ο παίκτης πρέπει να κρατάει τη μπάλα μαλακά και με ευμετάβλητο τρόπο ώστε να μπορέσει να επιτύχει το σουτ (Krause, 1991). Η θέση του αγκώνα διαδραματίζει σημαντικό ρόλο επηρεάζοντας αισθητά τη βολή. Ο αγκώνας πρέπει να είναι κάτω και εμπρός από τη μπάλα με κατεύθυνση προς το καλάθι ώστε ο πήχης να βρίσκεται σε ευθεία με το σώμα. Η μπάλα βρίσκεται στα δάκτυλα του δεξιού χεριού, που είναι λυγισμένο στον καρπό (Αναστασιάδης, 1979)

*Βασική φάση.* Η εκτέλεση του σουτ ξεκινάει με μια εκτατική κίνηση των κάτω άκρων φέρνοντας το σώμα προς τα πάνω και λίγο μπροστά. Το μεγαλύτερο μέρος του σωματικού βάρους μετατοπίζεται σταδιακά στο μπροστινό πόδι καθώς το σώμα κινείται προς τα πάνω. Ταυτόχρονα πραγματοποιείται έκταση του ώμου και του αγκώνα του άνω άκρου (που πρόκειται να σουτάρει τη μπάλα). Καθώς η μπάλα μεταφέρεται κατακόρυφα προς το ύψος του κεφαλιού, η κάτω πλευρά της στηρίζεται μόνο από την παλάμη του χεριού ρίψης (δεξιού χεριού για δεξιόχειρα) και αρχίζει να κατευθύνεται μπροστά και επάνω. Η μπάλα περιστρέφεται γύρω από τον επιμήκη άξονα της στις άκρες των δακτύλων, ενώ η επιθυμητή τροχιά καθορίζεται από το δείκτη (Smith, 1991).

*Τελική φάση.* Η μπάλα έχει ως στόχο το καλάθι είτε με ταμπλό ή κατευθείαν ανάλογα με το στυλ του παίκτη και τις συνθήκες παιχνιδιού. Τη στιγμή της απελευθέρωσης της μπάλας, ορισμένες φορές πραγματοποιείται ενεργητική άρση του πίσω ποδιού προς τα πάνω και μπροστά, προσδίδοντας μεγαλύτερη ώθηση στη μπάλα και άρα μεγαλύτερη ταχύτητα της μπάλας προς το καλάθι (Ζεράβιτσα & Πάβλοβιτς, 1986). Η γωνία απελευθέρωσης της μπάλας εξαρτάται από την απόσταση του αθλητή από το καλάθι σε συνάρτηση με τη γωνία πτώσης της μπάλας στο καλάθι, (γωνία πτώσης ή γωνία εισόδου στο καλάθι είναι η γωνία που σχηματίζει η μπάλα με το οριζόντιο επίπεδο όταν αυτή πλησιάζει στο καλάθι). Αυτή η γωνία πρέπει να είναι 35°-45°, όταν το σουτ κατευθύνεται απευθείας στο καλάθι (Hay, 1993). Η τροχιά της μπάλας έχει ένα μέσο ύψος

αλλά εξαρτάται από την απόσταση εκτέλεσης του σουτ από το καλάθι και τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά του παίκτη.

*Η κίνηση της παλάμης.* Μετά την απελευθέρωση της μπάλας ο αγκώνας και ο καρπός του χεριού ρίψης συνεχίζει να εκτείνεται ακολουθώντας την πορεία της μπάλας (follow up). Αυτή η κίνηση εξασφαλίζει την ομαλή πορεία της μπάλας και απεικονίζει τη φυσική συνέχεια της κίνησης του άκρου χεριός. Πιθανή διαταραχή της αλληλουχίας της κίνησης αυτής έχει αρνητική επίδραση στην ευστοχία του σουτ και μπορεί να προκληθεί από απότομη κάμψη του καρπού ή μεγαλύτερη κάμψη του αγκώνα.

*Η περιστροφή της μπάλας (spin).* Εκτός από την ώθηση της μπάλας, η τελική κίνηση κάμψης των μεσοφαλαγγικών αρθρώσεων προσδίδει τις αντίστοιχες «μαλακές» αντίθετες περιστροφές που δίνονται στην μπάλα. Η αντίθετη περιστροφή της μπάλας λειτουργεί ισορροπιστικά ώστε η μπάλα να σταματήσει μπροστά στο στεφάνι, τη στιγμή της επαφής με το ταμπλό ή την μπροστινή άκρη του στεφανιού. Εξαιρούνται τα σουτ κάτω από το καλάθι, τα οποία είναι πολύ εύστοχα, αφού δέχονται διαφορετικές περιστροφές γύρω από τον κατακόρυφο ή οριζόντιο άξονα ανάλογα με τη στιγμιαία απόφαση του σουτέρ.

#### *Εμβιομηχανική ανάλυση του σουτ*

Παρά το γεγονός ότι το μπάσκετ είναι ένα από τα πιο δημοφιλή αθλήματα, ο αριθμός των ερευνητικών εργασιών που εξέτασαν τα εμβιομηχανικά χαρακτηριστικά του σουτ είναι μικρός (Brancazio, 1981; Elliott, 1992; Hamilton & Reinshmidt, 1997; Miller & Barlett, 1996; Miller & Barlett, 1993; Rojast, Cepero, Onat, & Guitierrez, 2000; Southard, Miracle & Landwer, 1989). Το σουτ είναι μια πολυαρθρική κίνηση η εκτέλεση της οποίας απαιτεί τον συντονισμό πολλών μυϊκών ομάδων γύρω από διάφορες αρθρώσεις του σώματος σε συγκεκριμένο χώρο και χρόνο. Η ανάλυση της κίνησης γίνεται ακόμη πιο περίπλοκη επειδή η ιδανική εκτέλεση της κίνησης περιορίζεται από τις διαστάσεις της στεφάνης.

#### *Κινηματική ανάλυση κινήσεων στην καλαθοσφαίριση*

Η επιτυχία του σουτ με άλμα επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες (Elliott, 1992; Hamilton & Reinshmidt, 1997; Hay, 1993; Rojast et al., 2000) και κυρίως από την τεχνική απελευθέρωσης της μπάλας η οποία είναι αποτέλεσμα της κατεύθυνσης της μπάλας και του συντονισμού των μυών του σώματος κατά την κίνηση (Elliott, 1992).

Η εξέταση των κινηματικών χαρακτηριστικών των αρθρώσεων είναι εξαιρετικά σημαντική διότι δείχνει τη μεταβολή της θέσης των μελών του σώματος κατά την εκτέλεση της κίνησης η οποία είναι ενδεικτική της μεταφορά της ενέργειας από το κάτω στο πάνω μέρος του σώματος και τη μπάλα. Επιπλέον

τα κινηματικά χαρακτηριστικά των μελών του σώματος και της μπάλας καθορίζουν την επιτυχία του σουτ (Elliott, 1992; Hay, 1993; Rojast et al., 2000).

Η βασική κινηματική ανάλυση του σουτ περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των γωνιακών μετατοπίσεων, ταχυτήτων και επιταχύνσεων των αρθρώσεων σε κάθε φάση της κίνησης (Elliott, 1992; Hay, 1993). Η εκτέλεση του σουτ με άλμα, ξεκινά με κάμψη των γονάτων ενώ ταυτόχρονα ο παίκτης κινεί το σύστη-

μα αγκώνα-ώμο κοντά στο σώμα του (Σχήμα 1). Καθώς συνεχίζεται η κίνηση, ο βραχίονας του χεριού εκτέλεσης σηκώνεται ψηλότερα έτσι ώστε να πάρει τη σωστή θέση απελευθέρωσης της μπάλας. Καθώς αυξάνεται η γωνία του ώμου, ο αγκώνας κάμπτεται και ο καρπός εκτείνεται ελαφρώς. Στη συνέχεια ακολουθεί μια ξαφνική αλλά όχι έντονη έκταση του αγκώνα. Πριν την απελευθέρωση της μπάλας η έκταση του αγκώνα ακολουθείται από κάμψη του καρπού, η οποία συνεχίζει και μετά την απελευθέρωση της μπάλας (Σχήμα 1).

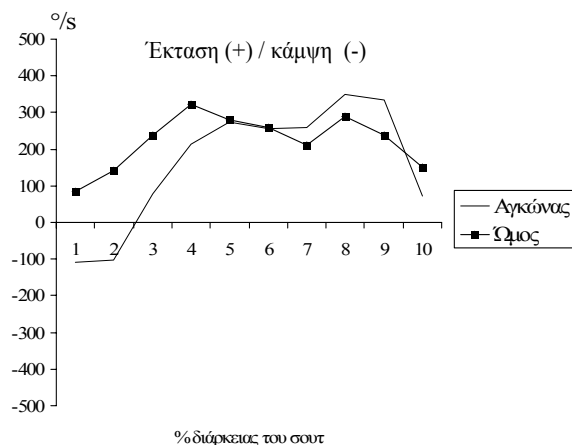
Το σουτ χαρακτηρίζεται από μια αλληλουχία κινήσεων με στόχο τη μεταφορά ενέργειας προς τη μπάλα. Η εξέταση της γωνιακής ταχύτητας των αρθρώσεων δείχνει ότι κάθε άρθρωση αναπτύσσει μέγιστη ταχύτητα σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές της κίνησης ενώ απώτερος στόχος των κινήσεων όλων των αρθρώσεων είναι η μεγιστοποίηση της ταχύτητας του αγκώνα, καρπού και δακτύλων τη στιγμή της απελευθέρωσης της μπάλας. Ένα παράδειγμα της καμπύλης μεταβολής της γωνιακής ταχύτητας των αρθρώσεων των άνω άκρων παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.

*Εμβιομηχανικοί δείκτες του σουτ*

Οι κύριοι εμβιομηχανικοί δείκτες του σουτ είναι αυτοί που καθορίζουν την πτήση της μπάλας κατά την απελευθέρωσή της (Elliott, 1992; Elliott, 1989; Hudson, 1985; Miller & Barlett, 1996; Miller & Barlett, 1993; Mortimer, 1951; Riezebos & Peterson, 1983; Southard, 1989). Οι δείκτες αυτοί είναι α) το ύψος απελευθέρωσης, β) η ταχύτητα και η γωνία απελευθέρωσης, γ) η γωνία εισόδου της μπάλας στο καλάθι και δ) ισορροπία και θέση του κέντρου βάρους του σώματος. Θεωρητικά, η τροχιά της μπάλας επηρεάζεται και από την αντίσταση του αέρα η οποία όμως θεωρείται αμελητέα.



**Σχήμα 1:** Παράδειγμα της μεταβολής της γωνιακής μετατόπισης αρθρώσεων των άνω άκρων κατά την εκτέλεση σουτ με άλμα. Τα δεδομένα αναφέρονται σε νεαρή παικτρια της καλαθοσφαίρισης (συχνότητα δειγματοληψίας 120 Hz, τρισδιάστατη ανάλυση).



**Σχήμα 2:** Παράδειγμα της μεταβολής της γωνιακής ταχύτητας των αρθρώσεων του ώμου και του αγκώνα κατά την εκτέλεση σουτ με άλμα.. Η χρονική στιγμή της μέγιστης ταχύτητας του ώμου προηγείται της αντίστοιχης του αγκώνα.

**Πίνακας 1:** Χαρακτηριστικές τιμές γωνίας, ταχύτητας και ύψους απελευθέρωσης όπως αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία.

Εργασία	Γωνία απελευθέρωσης	Ταχύτητα απελευθέρωσης	Ύψος απελευθέρωσης
Rojas (2000)	44-47 °	6.30-6.36 m s <sup>-1</sup>	2.85-2.88m
Miller & Barlet (1996)	49-55°	5.27-8.39 m s <sup>-1</sup>	2.23-2.52m
Hay (1993)	49.8-54.5°	7.3 m s <sup>-1</sup>	-
Elliott (1992)	44-50°	6.9-8.2 m s <sup>-1</sup>	-
Miller & Barlet (1992)	47-51°	3.04-6.24 m s <sup>-1</sup>	-
Southard (1989)	48.7-49.1°	4.87-5.54 m s <sup>-1</sup>	1.74-1.82m
Penrose & Blanksby (1976)	45.5-48.6°	7.02-7.85 m s <sup>-1</sup>	2.76-2.94m

α) *Το ύψος απελευθέρωσης.* Το ύψος απελευθέρωσης καθορίζεται από τη θέση του σώματος κατά την απελευθέρωση. Αυτό διαδοχικά καθορίζεται από τον τύπο του σουτ που χρησιμοποιείται. Σε ένα κάρφωμα στην καλαθοσφαίριση η μπάλα θα πρέπει να απελευθερωθεί με το κέντρο βάρους της μπάλας τουλάχιστον 3.17 m πάνω από το έδαφος, σε σουτ με άλμα το αντίστοιχο ύψος είναι 2.5m ενώ το σουτ από στάση εκτελείται από μικρότερο ύψος. Το ύψος απελευθέρωσης όπως αναφέρεται στη βιβλιογραφία (βλέπε Πίνακα 1) κυμαίνεται από 1.74 m έως 2.88 m. Θεωρητικά ο παίκτης έχει περισσότερες πιθανότητες να απελευθερώσει τη μπάλα από την ιδανική γωνία, όταν η απελευθέρωση της μπάλας γίνει από ψηλή θέση (Miller & Barlett, 1996). Ωστόσο προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει πως το ύψος απελευθέρωσης μεταβάλλεται ανάλογα με τη θέση, το ύψος και την τεχνική του παίκτη (Hay, 1993; Miller & Barlett, 1996).

β) *Γωνία απελευθέρωσης.* Η γωνία απελευθέρωσης ορίζεται ως η γωνία της μπάλας με τον οριζόντιο άξονα τη στιγμή της απελευθέρωσης της μπάλας. Οι τιμές της γωνίας απελευθέρωσης που αναφέρονται στη βιβλιογραφία (βλέπε Πίνακα 1) κυμαίνονται από 44° έως 55°.

Προηγούμενες έρευνες (Hamilton & Reinshmidt, 1997; Hay, 1993) δείχνουν πως σε μια δεδομένη απόσταση, υπάρχει ένα ιδανικό εύρος γωνιών με το οποίο απελευθερώνεται η μπάλα ώστε το σουτ να είναι επιτυχημένο. Για παράδειγμα όταν επιχειρείται σουτ με άλμα από 4.57 m από το καλάθι και η μπάλα έχει ταχύτητα 7.3 m/s, η ιδανική γωνία απελευθέρωσης κυμαίνεται από τις 49.8 έως 54.5° (Hay, 1993). Η ελάχιστη απαιτούμενη ταχύτητα απελευθέρωσης είναι συνάρτηση της γωνίας απελευθέρωσης και της γωνίας εισόδου προς το καλάθι. Σύμφωνα με τον Brancazio (1984) η εξίσωση που δίνει την ταχύτητα απελευθέρωσης είναι:

$$\text{Γωνία απελευθέρωσης} = 45^\circ + \frac{1}{2} \text{γωνίας κλίσης στο καλάθι (Brancazio, 1984)}.$$

γ) *Ταχύτητα απελευθέρωσης.* Μια άλλη εμβιομηχανική παράμετρος είναι η ταχύτητα απελευθέρωσης

της μπάλας η οποία ορίζεται ως η ταχύτητα με την οποία απελευθερώνεται η μπάλα από τα χέρια του σουτέρ κατά την εκτέλεση του σουτ. Η ταχύτητα και η γωνία απελευθέρωσης είναι αλληλοεξαρτώμενες. Οι τιμές της ταχύτητας απελευθέρωσης που αναφέρονται στη βιβλιογραφία (βλέπε Πίνακα 1) κυμαίνονται από 3.04 έως 8.39 m s<sup>-1</sup>. Η ταχύτητα απελευθέρωσης της μπάλας είναι αποτέλεσμα της ανάπτυξης των μέγιστων γωνιακών ταχυτήτων των αρθρώσεων των κάτω άκρων, του κορμού και των άνω άκρων (ώμου, αγκώνα και καρπού, Elliott, 1992; Miller & Barlett, 1993). Ο Elliott (1992) αναφέρει ότι η ταχύτητα της μπάλας κυρίως καθορίζεται από την ταχύτητα των κάτω άκρων, του κορμού και τελικώς των άνω άκρων όπου η τελική ταχύτητα καθορίζεται από τον καρπό και τα δάκτυλα του χεριού ρίψης (Elliott, 1992). Από έρευνες φαίνεται ότι η ταχύτητα του αγκώνα, στα σουτ μεσαίας απόστασης συνεισφέρει σημαντικά στην ταχύτητα απελευθέρωσης της μπάλας (Elliott, 1992; Miller & Barlett, 1996; Miller & Barlett, 1993). Επιπλέον η γωνία του καρπού και η τελική κίνηση των δακτύλων κατά την απελευθέρωση της μπάλας είναι εξίσου σημαντική, καθώς είναι πιθανό να καθορίζει τα τελικά χαρακτηριστικά της ρίψης της μπάλας (στροφές της μπάλας, πορεία και γωνία εισόδου της μπάλας στο καλάθι, Elliott, 1992).

δ) *Γωνία εισόδου της μπάλας στο καλάθι.* Η διάμετρος της στεφάνης είναι 45.7 cm. Συνεπώς, για να είναι ένα σουτ επιτυχημένο, θα πρέπει η θέση της μπάλας όταν πέφτει στη στεφάνη να είναι μικρότερη από τη διάμετρο της στεφάνης. Η γωνία εισόδου της μπάλας είναι ο σημαντικότερος δείκτης επιτυχίας του σουτ και είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού μιας σειράς παραγόντων όπως των στροφών της μπάλας, της τροχιάς, του ύψους, της γωνίας και της ταχύτητας απελευθέρωσης της μπάλας (Hay, 1993). Πολλά στοιχεία για τη σχέση της γωνίας εισόδου της μπάλας στο καλάθι παρουσιάζονται από τον Hay (1993). Συγκεκριμένα, εάν η μπάλα πέσει κατακόρυφα στο καλάθι με μια γωνία 90° σε σχέση με το επίπεδο της στεφάνης τότε περνάει εύκολα τη στεφάνη. Εάν όμως η γωνία πτώσης (εισόδου) μειωθεί τότε το άνοιγμα

της στεφάνης με το οποίο μπορεί να περάσει γίνεται από κυκλικό, ελλειπτικό. Στην περίπτωση της γωνίας πτώσης με  $90^\circ$  η επιφάνεια από την οποία πρέπει να περάσει η μπάλα έχει διάμετρο 45.7 cm. Όταν όμως μειωθεί η γωνία αυτή, η επιφάνεια αυτή γίνεται ελλειπτική με μικρότερη διάμετρο. Η διάμετρος στην περίπτωση αυτή μπορεί να υπολογισθεί με την ακόλουθη εξίσωση (Hay, 1993):

$$\Delta = (45.7 \cdot \eta\mu\theta) \quad (1)$$

όπου  $\Delta$  = διάμετρος,  $\theta$  = γωνία εισόδου.

Όταν η γωνία πτώσης είναι τέτοια έτσι ώστε το  $\Delta$  να είναι ίσο με τη διάμετρο της μπάλας τότε είναι αδύνατο το καλάθι να είναι εύστοχο. Η δε μπάλα θα χτυπήσει στη στεφάνη και ανάλογα με την ταχύτητα της και τη γωνία κρούσης θα εκσφενδονιστεί προς άλλη κατεύθυνση.

Το κατώτερο όριο της διαμέτρου της στεφάνης μέσα από το οποίο μπορεί να περάσει η μπάλα ορίζεται από τη διάμετρο της μπάλας (24.7 cm): Εφαρμόζοντας την εξίσωση 1, η γωνία εισόδου ( $\theta$ ) στο καλάθι είναι  $32.43^\circ$ . Όσο αυξάνεται η γωνία  $\theta$ , η διάμετρος της επιφάνειας της στεφάνης μέσα από την οποία μπορεί να περάσει η μπάλα αυξάνεται ανάλογα. Το ποσοστό λάθους κατά το σουτ σε σχέση με τη γωνία πτώσης δίνεται από την οριζόντια απόσταση που θα πρέπει να έχει το κέντρο της μπάλας από το κέντρο της στεφάνης για να μπορεί αυτή ακόμα να περάσει από τη στεφάνη (Hay, 1993). Ο τύπος που δίνει αυτό το λάθος είναι (Hay, 1993):

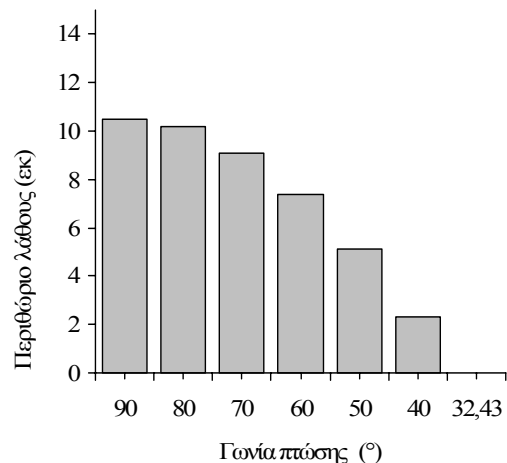
$$E = (22.9 \cdot \eta\mu\theta) - r \quad (2)$$

Όπου  $r$  = η ακτίνα της μπάλας. Υπενθυμίζεται ότι η διάμετρος της μπάλας ισούται με 2 φορές την ακτίνα της μπάλας και άρα η ακτίνα της  $r$  θα είναι ίση με

$$24.7/2 = 12.35.$$

Όταν η μπάλα πέφτει στο καλάθι με γωνία  $90^\circ$  τότε το περιθώριο λάθους είναι  $\pm 10.5$  cm (Σχήμα 3) ενώ όσο η γωνία εισόδου μειώνεται, τόσο μειώνεται και το περιθώριο αυτό. Για παράδειγμα στις  $40^\circ$ , το περιθώριο λάθους μέσα από το οποίο η μπάλα μπορεί να περάσει το καλάθι μειώνεται στα 2.3 cm. Όταν η γωνία είναι  $32.43^\circ$  τότε δεν υπάρχει κανένα περιθώριο λάθους, με άλλα λόγια η μπάλα πρέπει να περάσει ακριβώς από τη διαθέσιμη επιφάνεια του στεφανιού.

Όταν η μπάλα δε διαπερνά το καλάθι αλλά προσκρούει στη στεφάνη ή το ταμπλό η εξέλιξη του σουτ εξαρτάται από ένα συνδυασμό παραγόντων όπως το σημείο επαφής της μπάλας με το στεφάνι ή το ταμπλό, η στιγμιαία ταχύτητα και το μέγεθος των στροφών της μπάλας. Η πρόβλεψη της κίνησης της μπάλας μετά από την επαφή της με το ταμπλό ή μετά από την απελευθέρωση της με αντίθετες περιστροφές είναι εξαιρετικά δύσκολη. Ο Brancazio (1984) αναφέρει πως τα ποσοστά επιτυχίας του σουτ με ταμπλό είναι υψη-



**Σχήμα 3:** Περιθώριο ( $\pm$ ) λάθους της διαμέτρου μέσα από την οποία μπορεί να περάσει η μπάλα

λότερα σε σχέση με το σουτ που διαπερνά απευθείας τη στεφάνη. Στην ίδια έρευνα διαπιστώθηκε ότι η εκτέλεση του σουτ με ταμπλό αλλά με αντίθετες περιστροφές της μπάλας αυξάνει την πιθανότητα αναπήδησης της μπάλας μέσα στο καλάθι.

Έρευνες αναφέρουν ότι η γωνία εισόδου κατά το σουτ με αντίπαλο ήταν  $47^\circ \pm 1.7$  ενώ κατά το σουτ χωρίς αντίπαλο μειώθηκε στις  $44.7^\circ \pm 2.3$  (Rojast et al., 2000). Αντίθετα άλλες έρευνες αναφέρουν μια γωνία της τάξεως των  $48^\circ$  (Mortimer, 1951), κάτι το οποίο ενδεχομένως να οφείλεται στη διαφορά του ύψους απελευθέρωσης της μπάλας μεταξύ των ερευνών.

Συμπερασματικά ο καθορισμός της ιδανικής γωνίας με την οποία πρέπει η μπάλα να προσεγγίσει το καλάθι είναι μια πολύπλοκη διαδικασία και απαιτεί περαιτέρω ανάλυση όλων των παραμέτρων που αναφέρθηκαν, καθώς και της τροχιάς της μπάλας. Σε μελέτες που έχουν γίνει έχει βρεθεί ότι οι γωνίες πτώσης  $40^\circ$  με  $45^\circ$  είναι εφικτές και επιπλέον έχουν μικρό ποσοστό λάθους (Elliott, 1992; Miller & Barlett, 1996; Miller & Barlett, 1993). Για να επιτευχθούν οι γωνίες αυτές θα πρέπει η γωνία απελευθέρωσης να κυμαίνεται περίπου από  $49^\circ$  έως  $55^\circ$  (Elliott, 1992; Miller & Barlett, 1996; Miller & Barlett, 1993).

ε) *Ισορροπία και κέντρο βάρους του σώματος στο σουτ.* Ένα σώμα ισορροπεί όταν το αλγεβρικό άθροισμα των ασκούμενων δυνάμεων και το αλγεβρικό άθροισμα των ροπών που ασκούνται σε σχέση με ένα σταθερό σημείο ή άξονα περιστροφής είναι ίσα με μηδέν. Η ισορροπία εξαρτάται από τη θέση των μελών του σώματος τη στιγμή εκτέλεσης του σουτ. Πιο συγκεκριμένα, η σχέση του σημείου στήριξης με το κέντρο βάρους του σώματος αποτελεί βασικό δείκτη της ισορροπίας.

Κατά την κίνηση του σουτ ο παίκτης βρίσκεται σε μια αστάθεια (ακόμα και όταν παίρνει σταθερή θέση), λόγω της μετατόπισης του σημείου στήριξης του σώματος και της ανύψωσης του κέντρου βάρους.

Ο παίκτης προσπαθεί να διατηρήσει την ισορροπία του προσπαθώντας να εξισορροπήσει την επίδραση πολλών εξωτερικών δυνάμεων (βαρύτητα, αδράνεια, αντίσταση της βάσης στήριξης) μέσω της ενεργοποίησης πολλών μυϊκών ομάδων. Ακόμα και όταν το σώμα βρίσκεται σε ακινησία, οι μύες συσπώμενοι αντιδρούν συνέχεια εναντίων αυτών των δυνάμεων, επαναφέροντας το σώμα σε θέση ισορροπίας (Hamill, Derrick, & Holt, 1995).

Η ακρίβεια του σουτ απαιτεί το συντονισμό της κίνησης των μελών του σώματος, προσδίδοντας ισορροπία στον παίκτη κατά την εκτέλεση του σουτ, από τη διατήρηση της βασικής στάσης στην έναρξη της προσπάθειας μέχρι τη φάση της απογείωσης. Εάν ο παίκτης δεν ισορροπήσει κατά τη διάρκεια του σουτ μπορεί να πετύχει το καλάθι μόνο συμπτωματικά γιατί δεν έχει την ικανότητα να συντονίσει την ταχύτητα που έχει το σώμα του με τις κινήσεις των μελών του (Ζεράβιτσα & Πάβλοβιτς, 1986)

Οι Miller και Barlett (1993) μελέτησαν τη θέση του κέντρου βάρους του σώματος κατά την εκτέλεση του σουτ από αποστάσεις των 2.47m, 4.57m και 6.40m. Όλες οι προσπάθειες κινηματογραφήθηκαν από κάμερες με συχνότητα δειγματοληψίας 100Hz. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως κατά την εκτέλεση σουτ από μέση και μακρινή απόσταση το κέντρο βάρους του σώματος μεταφέρθηκε μπροστά σε σχέση με τη βάση στήριξης. Η μετατόπιση του κέντρου βάρους του σώματος προς τα μπροστά διευκολύνει στην απελευθέρωση της μπάλας με μεγαλύτερη δύναμη. Επιπλέον η ταχύτητα απογείωσης του κέντρου βάρους του σώματος κυμάνθηκε από  $2.52 \pm 0.44$  έως  $2.53 \pm 0.31$  m/s.

Ο χρόνος πτήσης του παίκτη εξαρτάται από την κατακόρυφη ταχύτητα του κέντρου βάρους του σώματος (ΚΒΣ) τη στιγμή της απογείωσης, που είναι αποτέλεσμα του κατακόρυφου διαστήματος επιτάχυνσης του ΚΒΣ (κατακόρυφη μετατόπιση του ΚΒΣ κατά τη στήριξη στο έδαφος μέχρι τη στιγμή της απογείωσης). Οι κινήσεις του παίκτη στον αέρα δεν επηρεάζουν το χρόνο πτήσης.

Σε έρευνα στην οποία μελετήθηκε η ισορροπία του σουτ με άλμα και το κράτημα στον αέρα (Bishop & Hay, 1979) κινηματογραφήθηκαν έξι καλαθοσφαιριστές υψηλού επιπέδου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τη χρονική στιγμή επίτευξης του μέγιστου ύψους του σουτ με άλμα οι παίκτες μπορούσαν να διατηρήσουν σταθερή την κατακόρυφη απόσταση του κεφαλιού και των ισχίων από το έδαφος για περίπου 0.2s. Όλοι οι αθλητές διαφοροποίησαν με επιτυχία τον τρόπο απελευθέρωσης της μπάλας όμως δε φάνηκε καμία μεταβολή στον τρόπο συντονισμού των μελών του σώματος.

Η έκταση των αρθρώσεων των γονάτων όταν ο αθλητής αρχίζει να προσγειώνεται δεν είναι πλήρης (Bishop & Hay, 1979). Αυτό μπορεί να μειώνει κάπως το χρόνο που ο αθλητής «διατηρείται στον αέρα»

(Mortimer, 1951). Ο καθορισμός της στιγμιαίας θέσης του κεφαλιού που συνδέεται με τη «διατήρηση του σώματος στον αέρα» μπορεί να βελτιώσει την ικανότητα του παίκτη να κρίνει την απόσταση και την κατεύθυνση του σουτ και επομένως να τελειώσει το σουτ του επιτυχώς. Επίσης τη στιγμή που η ταχύτητα της κίνησης είναι μηδέν, η ικανότητα παραγωγής δύναμης που απαιτείται για να ασκηθεί καλύτερος έλεγχος της κατεύθυνσης του σώματος και της μπάλας αυξάνεται (σύμφωνα με την ταχυδυναμική σχέση, Brittenham, 1996).

Ενώ «η διατήρηση του σώματος στον αέρα» είναι σημαντική για την εξέλιξη του σουτ, αυτό που δύσκολα προσδιορίζεται (με εμβιομηχανική ανάλυση) είναι το αν υπάρχουν θετικά αποτελέσματα όταν χρησιμοποιείται σε αγωνιστικές συνθήκες (Bishop & Hay, 1979).

#### *Άλλοι παράγοντες*

Υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την επιτυχία ενός σουτ όπως η ελαστικότητα της στεφάνης η οποία παίζει σημαντικό ρόλο όταν η μπάλα κτυπήσει το στεφάνι στην πορεία της προς το καλάθι ή εάν κτυπήσει στο ταμπλό. Στον υπολογισμό της τροχιάς της μπάλας όταν το σουτ κτυπήσει στο ταμπλό πρέπει να ληφθούν υπόψη και άλλοι παράγοντες όπως:

1. Η ταχύτητα της μπάλας όταν χτυπάει στο ταμπλό
2. Το σημείο επαφής της μπάλας με το ταμπλό.
3. Οι στροφές (περιστροφή) της μπάλας γύρω από τον εαυτό της.

Από ερευνητικής άποψης η πρόβλεψη της τροχιάς της μπάλας όταν αυτή χτυπήσει στο ταμπλό απαιτεί την εφαρμογή μαθηματικών μοντέλων (βελτιστοποίησης) λόγω της ύπαρξης πολλών ανεξάρτητων μεταβλητών οι οποίες μεταβάλλονται ταυτόχρονα στην πορεία του χρόνου (Hamilton & Reinshmidt, 1997).

*β) Παράμετροι που επηρεάζουν το σουτ.* Η επιτυχία και οι βιομηχανικοί δείκτες ενός σουτ επηρεάζονται από μια σειρά παραγόντων εκτέλεσης του σουτ. Οι παράμετροι αυτοί είναι α) η απόσταση, β) η θέση στην οποία παίζει ο κάθε παίκτης, γ) ο αριθμός των κινήσεων πριν την εκτέλεση του σουτ, δ) το επίπεδο του καλαθοσφαιριστή και ε) η πίεση κάτω από την οποία εκτελείται το σουτ.

*α) Η απόσταση.* Ένας από τους βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν το σουτ είναι η απόσταση εκτέλεσής του (Miller & Barlett, 1992). Οι Miller και Barlett αναφέρουν ότι καθώς η απόσταση του σουτ αυξάνεται από τα 2.47 στα 6.40m αυξάνεται και η ταχύτητα απελευθέρωσης της μπάλας. Αντίθετα, η γωνία απελευθέρωσης είναι παρόμοια για τα σουτ κοντινής και μακρινής απόστασης.

Η αύξηση της ώθησης της μπάλας η οποία

λαμβάνει χώρα καθώς ο παίκτης απομακρύνεται από το καλάθι, είναι απαραίτητη για να φτάσει η μπάλα στο καλάθι και προκαλείται από την αύξηση της γωνιακής ταχύτητας της άρθρωσης του αγκώνα του χεριού που εκτελεί το σουτ καθώς επίσης και από την αύξηση της ταχύτητας του κέντρου βάρους του σώματος κατά την απελευθέρωση (Elliott, 1989). Έχει επίσης βρεθεί ότι όσο αυξάνεται η απόσταση του σουτ μειώνεται παράλληλα και το μέγιστο άλμα του σουτέρ και το ύψος απελευθέρωσης της μπάλας (Miller & Barlett, 1992)

Οι Miller και Barlett (1992) αναφέρουν ότι με την αύξηση της απόστασης του σουτ αυξήθηκε η οριζόντια απόσταση της πτήσης της μπάλας με αποτέλεσμα να αυξηθεί και το εύρος της απόκλισης της μπάλας από τη στεφάνη. Εφόσον η γωνία εισόδου της μπάλας στο καλάθι εξαρτάται από την γωνία και την ταχύτητα απελευθέρωσης τότε η αύξηση της απόστασης του σουτ συνοδεύεται από αύξηση της ταχύτητας απελευθέρωσης.

*β) Η θέση στην οποία παίζει ο κάθε παίκτης.* Οι Miller και Barlett (1996) αναφέρουν ότι οι παίκτες που αγωνίζονται σε θέση guard και forward, μεταβάλλουν την ταχύτητα απελευθέρωσης της μπάλας μέσω της αυξανόμενης συνεισφοράς της κάμψης του ώμου, της έκτασης του αγκώνα και της ταχύτητας του κέντρου βάρους του σώματος. Σε σχέση με τους center, οι περιφερειακοί παίκτες σουτάρουν με μικρότερο ύψος απελευθέρωσης. Αντίθετα, οι center εμφανίζουν μικρότερο εύρος κίνησης στον ώμο και στον αγκώνα ενώ το ύψος απελευθέρωσης όταν εκτελούν σουτ είναι αντιστρόφως ανάλογο με την απόσταση τους από το καλάθι.

Καθώς η απόσταση του σουτ αυξάνει, παρατηρείται ότι οι guards σημειώνουν πιο ομαλές μεταβολές στα κινηματικά χαρακτηριστικά σε σχέση με τους centers (Walter, Hudson, & Bird, 1990). Αυτό ίσως να οφείλεται στη μεγαλύτερη εμπειρία των guards στην εκτέλεση σουτ από μακρινή απόσταση. Για το λόγο αυτό υποστηρίζεται η άποψη πως οι παίκτες που παίζουν σε θέση center θα πρέπει να προπονούνται στην εκτέλεση σουτ από μακρινές θέσεις (Walter, 1990).

*γ) Ο αριθμός των κινήσεων πριν την εκτέλεση του σουτ.* Έρευνα (Southard et al., 1989) σε δέκα καλαθοσφαιριστές σε συνθήκες παιχνιδιού έδειξε ότι η επιτυχημένη κατάληξη του σουτ έχει άμεση σχέση με τον αριθμό και τη διάρκεια των κινήσεων στο παιχνίδι. Συγκεκριμένα παρατηρήθηκε ότι η πιθανότητα ευστοχίας αυξάνει όταν εκτελούνται λιγότερες κινήσεις πριν την εκτέλεση του σουτ. Σε συνθήκες προπόνησης, η συσχέτιση μεταξύ του αριθμού των κινήσεων και της γωνίας, της ταχύτητας και του ύψους απελευθέρωσης είναι χαμηλή (Southard et al., 1989). Σε αγωνιστικές συνθήκες όμως, η συσχέτιση αυξάνει με την ταχύτητα απελευθέρωσης της μπάλας να εμφα-

νίζει τη μεγαλύτερη θετική συσχέτιση. Τα δεδομένα της έρευνας των Southard κ.α (1989) έδειξαν ότι μειώνοντας τον αριθμό και το συνολικό χρόνο κινήσεων πριν το σουτ, το ποσοστό της επιτυχίας του σουτ αυξάνεται.

Ο Cooper (1992) παρατήρησε πως οι αθλητές ασυνείδητα υιοθετούν έναν ρυθμικό τρόπο εκτέλεσης των κινήσεων από το οποίο και φαίνεται εάν ο αθλητής είναι αρχάριος ή όχι. Επίσης παρατηρήθηκε πως οι αθλητές οι οποίοι έχουν υιοθετήσει έναν τέτοιο ρυθμικό τρόπο εκτέλεσης των κινήσεων όλο το 24ωρο, είναι ικανοί να επιτύχουν την μέγιστη δυνατή απόδοση. Ο αποσυντονισμός των κινήσεων ενός αθλητή, είναι πιθανό να προκληθεί από αϋπνίες, δυσκολία στη χώνευση, ανετοιμότητα, εξουθένωση και συναισθηματικές μεταπτώσεις.

*δ) Το επίπεδο του καλαθοσφαιριστή.* Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει το σουτ είναι το επίπεδο του καλαθοσφαιριστή (Penrose & Blanksby, 1976). Οι καλαθοσφαιριστές υψηλού επιπέδου παρουσιάζουν αποτελεσματικότερες κινήσεις της μπάλας πριν από την απογείωση. Κατά την απογείωση το κέντρο βάρους του κορμού εμφανίζει μικρότερη μετατόπιση στον οριζόντιο και κατακόρυφο άξονα ενώ τη στιγμή της απελευθέρωσης της μπάλας, οι καλαθοσφαιριστές τοποθετούν τη μπάλα στην τελική θέση, πίσω από την ωμική ζώνη πιο γρήγορα και πιο μακριά. Ο αγκώνας εμφανίζει μεγαλύτερη κάμψη και ευθυγράμμιση με το καλάθι ενώ το βοηθητικό χέρι αφήνει την μπάλα πιο αργά (Penrose & Blanksby, 1976). Η ταχύτητα απελευθέρωσης της μπάλας είναι μικρότερη, ενώ παρουσιάζεται χαμηλότερη οριζόντια μετατόπιση του κέντρου βάρους. Συνολικά η κίνηση σε παίκτες υψηλού επιπέδου χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερη σταθερότητα και συντονισμό των επιμέρους κινήσεων των μελών του σώματος (Penrose & Blanksby, 1976). Οι παραπάνω διαφορές είναι πιθανό να οφείλονται στον καλύτερο νευρομυϊκό συντονισμό των παικτών υψηλού επιπέδου ο οποίος συνεχώς βελτιώνεται με αποτέλεσμα την αύξηση της ικανότητας εκτέλεσης επαναλαμβανόμενων τεχνικών κινήσεων (Pedotitti et al., 1983).

*ε) Η πίεση κάτω από την οποία εκτελείται το σουτ.* Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει το σουτ είναι η πίεση κάτω από την οποία εκτελείται το σουτ. Σε έρευνα των Gayton, Cielinski, Keniston και Hearn (1989) εικοσιπέντε καλαθοσφαιριστές μετρίου επιπέδου εκτέλεσαν 50 ελεύθερες βολές (σουτ εν στάση), σε 5 σετ των 10 ελεύθερων βολών σε συνθήκες παιχνιδιού και προπόνησης. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως οι εξεταζόμενοι σημείωσαν μεγαλύτερα ποσοστά ευστοχίας σε μη αγωνιστικές συνθήκες. Η καταγραφή των ποσοστών επιτυχίας κάθε απόμου σε πίνακα δημιουργήσε συνθήκες ανταγωνισμού από τις οποίες παρατηρήθηκε σημαντική μείωση των ποσοστών ευστοχίας. Αντίθετα, οι Lobmeyer και Wasserman (1986)



αναφέρουν ότι αφού η εκτέλεση ελεύθερων βολών σε μη αγωνιστικές συνθήκες βελτιώνει την ακρίβεια εκτέλεσης, τότε η εκτέλεση της ίδιας κίνησης σε συνθήκες ανταγωνισμού θα οδηγούσε σε υψηλότερα ποσοστά ευστοχίας.

Σε άλλη έρευνα (Rojast et al., 2000) εξετάστηκε η διαφορά της τεχνικής 10 καλαθοσφαιριστών κατά την εκτέλεση σουτ με και χωρίς αντίπαλο. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η γωνία απελευθέρωσης αυξήθηκε σημαντικά κατά την εκτέλεση σουτ με αντίπαλο, κάτι το οποίο βοήθησε τον παίκτη να αποφύγει κάποιο ενδεχόμενο κόψιμο από τον αντίπαλο. Συγκεκριμένα η μέση γωνία απελευθέρωσης κατά το σουτ με αντίπαλο ήταν  $47^{\circ} \pm 1.7$  ενώ κατά το σουτ χωρίς αντίπαλο μειώθηκε στις  $44.7^{\circ} \pm 2.3$ . Αντίθετα, η ταχύτητα απελευθέρωσης της μπάλας δε φαίνεται να μεταβάλλεται σημαντικά μεταξύ των δυο συνθηκών εκτέλεσης του σουτ.

#### *Επίδραση του φύλου*

Σε έρευνα (Looney, Spray & Castelli, 1996) στην οποία πήραν μέρος 196 γυναίκες και 202 άντρες από 18 έως 55 ετών οι οποίοι εκτέλεσαν 17 διαδοχικές βολές, βρέθηκε πως ο μέσος όρος επιτυχίας για τις γυναίκες ήταν χαμηλότερος από τους άντρες. Αυτό ίσως να οφείλεται σε διαφορές στη δύναμη, στον συντονισμό και στην ικανότητα εκτέλεσης του σουτ μεταξύ των δύο φύλων.

Έρευνα (Elliot, 1992) σε 12 άνδρες και 12 γυναίκες δεν έδειξε σημαντικές διαφορές των δύο φύλων στις καμπύλες των γωνιακών μετατοπίσεων των αρθρώσεων. Αντίθετα, οι άνδρες απελευθερώνουν τη μπάλα σε καταλληλότερη χρονική στιγμή σε σχέση με τις γυναίκες. Η οριζόντια μετατόπιση του ισχίου κατά τη διάρκεια του άλματος αυξάνεται παράλληλα με την αύξηση της απόστασης από το καλάθι, ειδικά στις γυναίκες. Οι γυναίκες εμφανίζουν μεγαλύτερες μετατοπίσεις και χρησιμοποιούν περισσότερο την κάθετη και οριζόντια ταχύτητα του σώματος τους κατά τη διάρκεια της ανόδου τους στο άλμα, σε σχέση με τους άντρες. Κατά την εκτέλεση σουτ από μακρινή απόσταση, οι άνδρες εμφανίζουν μεγαλύτερη γωνία κάμψης του καρπού ( $39^{\circ}$ ) ενώ οι γυναίκες διατηρούν μια γωνία  $30^{\circ}$ .

#### **Σχόλια και συζήτηση**

Η τεχνική εκτέλεσης του σουτ από στάση και του σουτ με άλμα αποτελεί μια από τις πιο βασικές δεξιότητες του καλαθοσφαιριστή. Ποιοτικές έρευνες και εμπειρικές περιγραφές διακρίνουν τρεις φάσεις του σουτ: τη φάση της προετοιμασίας, τη βασική και την τελική φάση. Η φάση προετοιμασίας περιλαμβάνει τη σωστή θέση του σώματος κατά την προκαταρκτική κίνηση του παίκτη με τη μπάλα. Η βασική φάση αναφέρεται στην κίνηση ανύψωσης της μπάλας η οποία συνοδεύεται με άλμα ενώ η τελική φάση πε-

ριλαμβάνει τις κινήσεις απελευθέρωσης της μπάλας προς το καλάθι. Οι εμπιομηχανικοί δείκτες του σουτ περιλαμβάνουν το ύψος, την ταχύτητα, τη γωνία απελευθέρωσης και τη γωνία εισόδου της μπάλας στο καλάθι, καθώς και την ισορροπία και τη θέση του κέντρου βάρους του σώματος. Πέρα από αυτούς τους παράγοντες, καθοριστικό ρόλο για την επιτυχία του σουτ διαδραματίζει η περιστροφική κίνηση της μπάλας (spin) και η τροχιά της. Εξαιτίας της πληθώρας των μεταβλητών που επηρεάζουν το σουτ, η πρόβλεψη της επιτυχίας είναι εξαιρετικά δύσκολη και απαιτεί μαθηματική μοντελοποίηση. Επιπλέον, η τεχνική και η επιτυχία του σουτ εξαρτώνται από την απόσταση του παίκτη που εκτελεί το σουτ από το καλάθι, τη θέση του παίκτη στο παιχνίδι και την πίεση (άμυνα) την οποία δέχεται.

Η σύγκριση των βασικών περιγραφών του σουτ με τις αντίστοιχες ερευνητικές εργασίες δείχνει ότι πολλά στοιχεία που εμφανίζονται στην πράξη δε στηρίζονται σε αντίστοιχες ποσοτικές πληροφορίες που προέκυψαν από ερευνητικά πειράματα. Για παράδειγμα, δεν υπάρχουν δημοσιευμένα στοιχεία σχετικά με τη δραστηριοποίηση των μυών κατά την εκτέλεση του σουτ. Ο προσδιορισμός της ενεργοποίησης των μυών θα συνεισφέρει στην κατανόηση του νευρομυϊκού ελέγχου της κίνησης. Επιπλέον, δεν υπάρχουν σαφή ερευνητικά δεδομένα σχετικά με τη μεταφορά της ενέργειας κατά το σουτ. Όμως εδώ και 20 χρόνια προπονητές (Ζεράβιτσα & Πάβλοβιτς, 1986) αναφέρουν ότι αρμονική εκτέλεση του σουτ επιτυγχάνεται μέσω της μεταφοράς της ενέργειας που παράγεται από τους μύς του ποδιού σε κάθε μέρος του σώματος και του χεριού, κορυφώνεται τη στιγμή της ώθησης της μπάλας και διαρκεί αρκετό διάστημα ακόμη εξασφαλίζοντας ιδανικές συνθήκες για το εύστοχο σουτ. Συνεπώς, ενώ από τις βασικές περιγραφές του σουτ είναι κατανοητό ότι ένα βασικό σημείο «κλειδί» της επιτυχίας του σουτ είναι η ομαλή κίνηση των μελών του σώματος, εντούτοις ποσοτικά δεδομένα τα οποία να στηρίζουν αυτή την περιγραφή δεν είναι γνωστά. Τέλος, τα εμπιομηχανικά χαρακτηριστικά του σουτ επηρεάζονται από τις διάφορες συνθήκες και καταστάσεις μέσα στο παιχνίδι και επομένως αξίζει να μελετηθούν στο μέλλον.

#### **Πρακτικές εφαρμογές και προτάσεις.**

Το άθλημα της καλαθοσφαίρισης είναι ένα εξαιρετικά δημοφιλές άθλημα ενώ το σουτ από στάση ή άλμα η πιο αγαπημένη κίνηση του καλαθοσφαιριστή. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η κίνηση του σουτ πρέπει να εκτελείται με διαδοχική επιτάχυνση των μελών του σώματος, με φορά από τα κάτω προς τα άνω άκρα του σώματος και τελικό στόχο την απελευθέρωση της μπάλας με τέτοια γωνία, ταχύτητα και περιστροφή ώστε να περάσει μέσα από τη στεφάνη

του καλαθιού. Η επίτευξη αυτού του στόχου μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους ανάλογα με τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά και το στυλ του καλαθοσφαιριστή.

### Προτάσεις για μελλοντικές έρευνες.

Λόγω της σχετικής έλλειψης ερευνητικών στοιχείων, θα μπορούσαν να γίνουν πολλές προτάσεις προς μελλοντική έρευνα. Η μελέτη των κινηματικών χαρακτηριστικών (μετατοπίσεων, γωνιακών ταχυτήτων, επιταχύνσεων) των μελών και αρθρώσεων του σώματος καθ' όλη τη διάρκεια του σουτ αποτελεί ένα πρώτο βήμα για την ανάλυση της τεχνικής του σουτ. Επιπλέον προτείνεται η εξέταση της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των μυών για να διαλευκανθεί το πρότυπο της συναρμογής των μυών. Όλα τα παραπάνω πρέπει να συνδεθούν με τις πιθανότητες ευστοχίας του σουτ, οι οποίες προκύπτουν από ένα συνδυασμό της εκτέλεσης του σουτ,

της τροχιάς της μπάλας και της στεφάνης - ταμπλό ίσως μέσω της εφαρμογής κατάλληλων αλγόριθμων μαθηματικής μοντελοποίησης ή βελτιστοποίησης. Τέλος, η μελέτη του σουτ σε διάφορες αγωνιστικές καταστάσεις θα συντελούσε στη σύνδεση της έρευνας με την πράξη.

### Επίλογος

Η παρούσα ανασκόπηση της βιβλιογραφίας δείχνει ότι η τεχνική εκτέλεσης του σουτ είναι βασισμένη περισσότερο σε εμπειρικά παρά σε ερευνητικά δεδομένα. Η κίνηση του σουτ είναι πολυαρθρική και επομένως είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού των κινήσεων πολλών μελών του σώματος. Η μελλοντική εξέταση των μηχανισμών του νευρομυϊκού και μυοσκελετικού συστήματος κατά την εκτέλεση του σουτ είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την εύρεση ενός ιδανικού μοντέλου εκτέλεσης σύμφωνα με τους νόμους της φυσικής.

### Σημασία για τον Αγωνιστικό Αθλητισμό

Η μελέτη της τεχνικής του σουτ στη καλαθοσφαίριση είναι απαραίτητη για τη κατάρτιση κατάλληλων προγραμμάτων προπόνηση στις αναπτυξιακές ηλικίες. Η εκμάθηση της εκτέλεσης του σουτ βασίζεται σε ένα μοντέλο - πρότυπο της κίνησης. Το μοντέλο αυτό τις περισσότερες φορές προέρχεται από την εμπειρική πράξη ή το πρότυπο κίνησης ενός πολύ πετυχημένου αθλητή. Η εμβιομηχανική ανάλυση προσφέρει ποσοτικοποιημένα στοιχεία και δεδομένα του σουτ στην καλαθοσφαίριση προσπαθώντας να προσδιορίσει τον ιδανικό τρόπο εκτέλεσης με βάση τους νόμους της φυσικής.

### Βιβλιογραφία

- Αναστασιάδης, Μιχ. Γ. (1979). *Η βασική τεχνική του μπάσκετ*. Θεσσαλονίκη: Σάλτο
- Αναστασιάδης, Μιχ. Γ. (1984). *Μπάσκετ για όλους*. Θεσσαλονίκη: Σάλτο
- American Sport Education Program (2001). *Coaching youth basketball*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Beam, W.C & Merrill, T.L. (1994). Analysis of heart rates recorded during Female collegiate basketball (abstract). *Medicine and Science in Sports and Exercises*, 26, S66.
- Bishop, R. D., & Hay, J.G. (1979). Basketball " the mechanics of hanging in the air ". *Medicine and Science in Sports*, 3, 274-277.
- Brittenham, G. (1996). *Complete conditioning for basketball*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Brancazio, P.J. (1984). *Sports Science: Physical laws and optimal performance*. New York : Simon & Schuster.
- Elliott, B. (1992). A kinematic comparison of the male and female two-point and three - point jump shots in basketball. *Australian Journal of Science & Medicine in Sport*, 24, 111-118.
- Gayton, W.F., Cielinski, K.L., Francis-Keniston, W.J., & Hearn, J.F. (1989). Effect of pre shot routine on free throw shooting. *Perceptual and Motor Skills*, 68, 317-318.
- Hamill, J., Derrick, T.R., & Holt, K.G. (1995). Shock attenuate and stride frequency during running. *Human Movement Science*, 14, 45-60.
- Hamilton, G. & Reinshmidt, C. (1997). Optimal trajectory for the basketball free throw. *Journal of Sports Science*, 15, 491-504.
- Hay, J. (1993). *The biomechanics of sports techniques*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Hudson, J. (1985). Prediction of basketball skill using biomechanical variables. *Research Quarterly* 56, 115-121.
- Komi, C.P.V., Marconnet, P. (1991). Fatigue effects of marathon running on neuromuscular performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 1, 10-17.
- Krause, J. (1991). *Basketball skills and drills*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Laur, C. (1991). *Philosophy of coaching*. Coaching basketball: The official centennial volume of the National Association of basketball coaches. Michigan: Master Press.
- Lazenby, R., Meador, D., & Green, E. (1987). *Championship Basketball*. es, A. and Nolan, L. (1998).

- The biomechanics of soccer: A review. *Journal of Sports Sciences* 16: 211-234.
- Lobmeyer, D.L., & Wasserman, E.A. (1986). Preliminaries to free throwshooting: Superstitious behavior? *Journal of Sports Behavior*, 9, 70-78.
- Looney, M., Spray, T., & Castelli, D. (1996). The task of free throw shooting for males and females. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 3, 265-271.
- Μεταξάς, Π. (1986). *Τα βασικά στην ανάπτυξη της ομάδας*. Θεσσαλονίκη: Σάλτο.
- Miller, S. & Barlett, R. (1993). The effect of increased shooting distance in the basketball jump shot. *Journal of Sports Sciences*, 11, 285-293.
- Miller, S. & Barlett, R. (1996). The relationship between basketball shooting kinematics, distance and playing position. *Journal of Sports Sciences*, 14, 243-253.
- Mortimer, E. (1951). Basketball shooting. *Research Quarterly*, 22, 238.
- Pedotti, A., Rodano, R., & Frigo, C. (1983) Optimization of motor coordination in sport: An analytical and experimental approach. In W. Baumann (Ed.), *Biomechanics and Performance in Sports* (pp. 145-160). V.K. Hofmann, Schorndorf.
- Penrose, T., & Blanksby, B. (1976). Film analysis: Two methods of basketball jump shooting techniques by two groups of different ability levels. *The Australian Journal for Health, Physical Education and Recreation*, 71, 14-23.
- Riezebos, M. L., Peterson, D. H. (1983). Relationship of selected variables to performance in women's basketball. *Canadian Journal of Sports Sciences* 8, 34-40.
- Rojast F.J., Cepero, M., Onat, A., & Guitierrez, M. (2000). Kinematic adjustments in the basketball jumpshot against an opponent. *Ergonomics*, 43, 1651-1660.
- Smith, S. (Ed.). (1991). *Shooting*. Coaching basketball: the official centennial volume of the National Association of basketball coaches. Michigan: Master Press.
- Southard, D., Miracle, A., & Landwer, G. (1989). Ritual free-throw shooting in basketball. *Journal of Sports Sciences*, 7, 163-173.
- Τοισκαρης, Γ & Χατζηαθανασίου, Π. (1992). *Ατομική τεχνική του μπάσκετ*. Θεσσαλονίκη: Σάλτο.
- Walters, M., Hudson, I., & Bird, M. (1990). *Kinematic adjustments in basketball shooting at three distances*. In proceedings VII Int Symposium of biomechanics in sports, Prague: Susanka.
- Weineck, J., & Haas, H. (1999). *Optimales Basketball-training*. Spitta Verlag.
- Wootten, M. (1992). *Coaching basketball successfully*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Ζεράβιτσα, Ρ., & Πάβλοβιτς, Λ. (1986). *Το σουτ στο μπάσκετ*. Θεσσαλονίκη: Σάλτο.

