

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟ ΠΜΣ “ΒΑΣΙΚΗ ΚΑΙ
ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΝΩΣΙΑΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ”**

**ΤΜΗΜΑ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΘΕΩΡΙΑΣ ΤΗΣ
ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ**

**ΘΕΜΑ: “Αντίληψη Ρυθμού μέσα από το Κινητικό έργο
των Κρούσεων Δακτύλου (finger tapping)”**

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ:

ΣΜΥΡΝΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΒΑΤΑΚΗ ΑΡΓΥΡΩ

ΑΡΓΥΡΙΟΥ ΕΛΙΣΣΑΒΕΤ

A.M. M0703

ΑΘΗΝΑ, Σεπτέμβριος 2010

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

**ΣΧΟΛΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΙΣΤΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΘΕΩΡΙΑΣ ΤΗΣ
ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ**

**ΠΜΣ “ΒΑΣΙΚΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΝΩΣΙΑΚΗ
ΕΠΙΣΤΗΜΗ”**

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ:

ΣΜΥΡΝΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΒΑΤΑΚΗ ΑΡΓΥΡΩ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ: “Αντίληψη Ρυθμού μέσα από το Κινητικό έργο
των Κρούσεων Δακτύλου (finger tapping)”**

ΑΡΓΥΡΙΟΥ ΕΛΙΣΣΑΒΕΤ

A.M. M0703

ΑΘΗΝΑ, Σεπτέμβριος 2010

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Στόχοι Εργασίας	8
Πρώτο Μέρος	9
Εισαγωγή	
1. Κρούσεις Δακτύλων στον Αισθητηριοκινητικό Συγχρονισμό ..	9
1.1 Προσέγγιση των όρων: αντικείμενο, μέθοδος και στόχοι του αισθητηριοκινητικού συγχρονισμού	9
1.2 Χρόνος – Αντίληψη Χρόνου & μελέτη του στην Πειραματική Ψυχολογία: μια γενική θεώρηση	11
2. Θεωρίες	14
I. Χρονικοί μηχανισμοί	15
2.1 Κεντρικοί χρονικοί μηχανισμοί	16
2.2 Κατανεμημένοι χρονικοί μηχανισμοί	16
3. Το φαινόμενο της μέσης αρνητικής ασυγχρονίας (negative mean asynchrony, NMA) στον αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό	17
3.1 Μια απόπειρα ερμηνείας της αρνητικής ασυγχρονίας και ο ρόλος της αισθητηριακής (απτικής) ανατροφοδότησης (sensory feedback)...	21
4. Διακυμάνσεις στις επιδόσεις στο έργο κρούσεων δακτύλου στον αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό: μηχανισμοί διόρθωσης λαθών..	22

Δεύτερο Μέρος	25
1. Ο αισθητηριοκινητικός συγχρονισμός στη μελέτη του ρυθμού και της κίνησης – Θεωρητικές επισημάνσεις	25
2. Ενδεικτική βιβλιογραφία στον αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό με το παράδειγμα του <i>finger-tapping</i> :	28
 Πειράματα Κρούσεων Δακτύλου	28
 A. Συνθήκες - παράγοντες - πεδία διερεύνησης κατά την εφαρμογή των πειραμάτων κρούσεων δακτύλου: μια γενικότερη εισαγωγή (Repp, 2005)	29
 i. Φάση Συγχρονισμού – Φάση Διατήρησης στα πειράματα κρούσεων: Χρονική ακρίβεια	31
 ii. Φάση Συγχρονισμού – Φάση Διατήρησης στα πειράματα κρούσεων: Μετάβαση	35
 iii. Σχέση αρνητικής ασυγχρονίας – επανορθωτικών μηχανισμών στο συγχρονισμό στα έργα κρούσεων δακτύλου	40
 iv. Ο ρόλος της αισθητηριακής πληροφορίας (sensory information) στην παραγωγή περιοδικών ακολουθιών στις κινητικές κρούσεις δακτύλου (προτεινόμενα μοντέλα της φάσης συγχρονισμού & διατήρησης)	42
 v. Μοντέλα της φάσης συγχρονισμού	42
Μοντέλα της φάσης διατήρησης	43
 vi. Αισθητηριακή ανατροφοδότηση & αυτο-ρυθμιζόμενη χρονική ακολουθία (self- paced sequence timing) (φάση διατήρησης)	45
 vii. Αισθητηριακή ανατροφοδότηση & συγχρονισμός (φάση συγχρονισμού) ...	45

B. Πληθυσμιακές ομάδες στις οποίες έχει γίνει εφαρμογή των πειραμάτων κρούσεων δακτύλου: ασθενείς, άτομα με δυσλεξία, διαταραχή προσοχής, τοξικομανείς, κ.λπ.	46
Τρίτο Μέρος	49
I. Εισαγωγή στα πειράματα κρούσεων δακτύλου της παρούσας εργασίας	49
1. Το εύρος των χρονικών διαστημάτων & τα όρια του αισθητηριοκινητικού συγχρονισμού	49
2. Διακυμάνσεις (Variability) & Ασυγχρονίες	51
3. Επανορθωτικοί μηχανισμοί	53
A. Η συνθήκη των γρήγορων vs. αργών ρυθμών	55
B. Η συνθήκη της ανατροφοδότησης στα πειράματα κρούσεων δακτύλου	59
Γ. Η συνθήκη της δεξιοχειρίας vs.αριστεροχειρίας στα πειράματα κρούσεων δακτύλου	62

II. Πειράματα Κρούσεων Δακτύλου	63
Πείραμα 1 (fast tempos)	64
Μεθοδολογία - Υλικά & Μέσα	64
Πειραματικός σχεδιασμός	65
Αποτελέσματα	67
Συζήτηση	69
Πείραμα 2 (slow tempos)	71
Μεθοδολογία - Υλικά & Μέσα	71
Πειραματικός σχεδιασμός	71
Αποτελέσματα	72
Συζήτηση	72
Πείραμα 3 (free / spontaneous tapping)	73
Μεθοδολογία - Υλικά & Μέσα	74
Πειραματικός σχεδιασμός	75
Αποτελέσματα	76
Συζήτηση	76
Γενική Συζήτηση	78
Επίλογος	80
Παράρτημα	83
Βιβλιογραφία	101

“Rhythm in speech, rhythm in sound and rhythm in motion, were in the beginning, parts of the same thing.”

Herbert Spencer, 1870

ΣΤΟΧΟΙ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα εργασία αποτελεί πειραματική δουλειά διερευνητική της βιβλιογραφίας και σκοπό είχε τη συγκέντρωση δεδομένων από μια ομάδα υγιών ατόμων, ηλικίας 18-24 ετών, ώστε να αποτελέσει την ομάδα ελέγχου για μελλοντικές εφαρμογές των πειραμάτων κρούσεων σε ειδικές πληθυσμιακές ομάδες ασθενών. Τα τρία πειράματα κρούσεων που διενεργήθηκαν στο CAG (Cognition and Action Group) του Αιγινήτειου Νοσοκομείου εντάσσονται σε μια ευρύτερη, επομένως, ερευνητική προσπάθεια με τελικό στόχο την επέκταση της εφαρμογής τους σε αφασικούς ασθενείς σε συνεργασία με το Αιγινήτειο. Ο στόχος και η φιλοδοξία είναι μέσα από τη διενέργηση των πειραμάτων σε ασθενείς με προβλήματα στην παραγωγή λόγου – αλλά πιθανώς και σε άλλου προφίλ ασθενείς ή σε άλλες ηλικιακές ομάδες υγιών ανθρώπων-

να μπορέσουν να γίνουν συγκριτικές μελέτες των επιδόσεων τους σε έργα συγχρονισμού και διατήρησης ρυθμού. Μέσα από τις συγκριτικές αυτές μελέτες σκοπός είναι να φωτισθούν περισσότερο ζητήματα λόγου και κίνησης στη σχέση τους με το ρυθμό και συγκεκριμένα με τη χρονική τους οργάνωση και εκτέλεση.

ΠΡΩΤΟ ΜΕΡΟΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. Κρούσεις Δακτύλων στον Αισθητηριοκινητικό Συγχρονισμό

1.1 Προσέγγιση των όρων: αντικείμενο, μέθοδος και στόχοι του αισθητηριοκινητικού συγχρονισμού

Ο *αισθητηριοκινητικός συγχρονισμός* (sensorimotor synchronization) αποτελεί φαινόμενο που μελετούν οι γνωσιακές επιστήμες και είναι ο *ρυθμικός συντονισμός αντίληψης* (δηλ. *αντιληπτικής επεξεργασίας ερεθισμάτων μέσα από το αισθητηριακό μας σύστημα*) και *κίνησης* (Repp, 2005).

Πιο συγκεκριμένα, ο *αισθητηριοκινητικός συγχρονισμός* αποτελεί μορφή μιας *κινητικής συμπεριφοράς* κατά την οποία μια *δραστηριότητα* (action) *συντονίζεται χρονικά με ένα (ρυθμικά) προβλέψιμο εξωτερικό αισθητηριακό γεγονός* (sensory stimulus). Συνήθως, τόσο η *κινητική δραστηριότητα* όσο και το *εξωτερικό ερέθισμα* στο οποίο παραπέμπει είναι *περιοδικά*, έτσι ώστε η *προβλεψιμότητα* του τελευταίου πηγάζει από την *ανελλιπή επανεμφάνισή του*. Εμπλέκει, επομένως, το φαινόμενο αυτό το *χρονικό συντονισμό ενός κινητικού ρυθμού* (motor rhythm) με έναν *εξωτερικό ρυθμό* που επεξεργάζονται οι αισθήσεις μας (Repp, 2005).

Αντιπροσωπευτικές -ωστόσο σύνθετες- *εκδοχές του αισθητηριοκινητικού συγχρονισμού* παρατηρούμε στις *μουσικές εκτελέσεις* (ιδίως στις *ορχήστρες*), στο *χορό*, αλλά και στον *αθλητισμό*. Στο εργαστήριο, όμως, το φαινόμενο αυτό μελετάται στην πιο απλή εκδοχή του την οποία συνιστούν οι *κινητικές κρούσεις δακτύλου* (finger tapping) στο *συγχρονισμό τους με ένα ρυθμικό, συχνά ισόχρονο, και, συνήθως, ακουστικό ερέθισμα*. Επομένως, *αναγωγή στον αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό* επιχειρούμε με την *πειραματική μέθοδο των κρούσεων δακτύλου* που επιτρέπει τη *μελέτη της αισθητηριοκινητικής μας συμπεριφοράς και ικανότητας* μέσα από αυτό το *μετρήσιμο πειραματικά κινητικό έργο*.

Οι *κρούσεις δακτύλου*, λοιπόν, αποτελούν ένα *πειραματικό παράδειγμα ρυθμικής κίνησης* -κατά κύριο λόγο των άνω άκρων και μάλιστα του δείκτη- η οποία *συντονίζεται προς έναν επαναληπτικό ρυθμό* (ακουστικό ή οπτικό) και, στη συνέχεια, το *διατηρεί -ή μιμητικά τον αναπαράγει-* σε συνθήκες κατά τις οποίες παύει το

ρυθμικό ερέθισμα. Οι κρούσεις δακτύλων, επομένως, χρησιμοποιούνται στη μελέτη της *αντίληψης του ρυθμού*, ώστε να διερευνηθεί η ικανότητα του ανθρώπου στον *κινητικό συγχρονισμό* (motor timing-synchronization) με εξωτερικά *ρυθμικά γεγονότα* -και στην *παραγωγή ρυθμικών μοτίβων* (rhythm production)- όταν προβάλλεται το ρυθμικό ερέθισμα και, τέλος, στη *διατήρηση (ή αναπαραγωγή) των ρυθμικών μοτίβων* (motor timing-continuation), όταν το ρυθμικό ερέθισμα πάψει να προβάλλεται.

Ακόμη, χρησιμοποιείται και το πειραματικό παράδειγμα της *ελεύθερης παραγωγής ρυθμού* μέσα από τις *ελεύθερες/αυθόρμητες κρούσεις δακτύλου* (free/spontaneous tapping) προκειμένου να διερευνηθούν διαφορές μεταξύ των υποκειμενικών ρυθμών που οι άνθρωποι μπορούν να παράγουν.

Η *αντίληψη του ρυθμού* μέσα από τη μελέτη του αισθητηριοκινητικού συγχρονισμού υπάγεται στο ευρύτερο πεδίο της *αντίληψης του χρόνου* (time perception) και του *κινητικού χρονισμού* (motor timing), δηλαδή της χρονικά οργανωμένης και εκτελεσμένης κίνησης.

Στο πεδίο του *κινητικού χρονισμού* το παράδειγμα των κρούσεων δακτύλου καταγράφει με αναφορά μια ρυθμική ακολουθία τις επιδόσεις στο συγχρονισμό, τη συστηματικότητα στα χρονικά λάθη, τις φυσιολογικές αποκλίσεις (ασυγχρονίες) και την εν γένει αντιληπτική ικανότητα *αισθητηριακής επεξεργασίας ρυθμού* – *συντονισμένης κινητικής δραστηριότητας* στην εκτέλεση *επαναληπτικής ασυνεχούς κίνησης* (repetitive discontinuous movement). Οι κινήσεις μάλιστα των κρούσεων δακτύλου κατατάσσονται στις λεπτές, ταχείες, επαναληπτικές και εκούσιες *κινήσεις των msec* που αποτελούν το είδος αυτό της χρονισμένης ρυθμικής κίνησης που ενδιαφέρει τη μελέτη του αισθητηριοκινητικού συγχρονισμού.

Σκοπός της ερευνητικής εργασίας πάνω στον *αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό* είναι γενικότερα να μελετηθούν φαινόμενα *κινητικού συγχρονισμού* και *ρυθμικότητας, ασυγχρονίες, ο χρονικός και κινητικός έλεγχος, η ταχύτητα και ακρίβεια στην εκτέλεση κίνησης, η αντίληψη της περιοδικότητας ηχητικών ερεθισμάτων* (αντίληψη και πρόβλεψη ρυθμού) και της *χρονικής διάρκειας ή σειράς (διαδοχής) διαστημάτων*, η ικανότητα κατανόησης *γρήγορων έναντι αργών ρυθμικών μοτίβων* και η ικανότητα *απομνημόνευσης και διατήρησης ρυθμού*.

Ακόμη μελετώνται οι επιδράσεις *διασπαστών προσοχής ή εξωτερικών ρυθμικών ερεθισμάτων* – κατάλληλα τροποποιημένων- ως μορφές *ανατροφοδότησης του ρυθμού* (feedback) κατά την παραγωγή ρυθμικής κίνησης.

Απλές κινητικές συμπεριφορές και καθημερινές αυτοματοποιημένες κινήσεις μέχρι γνωσιακά ανώτερες λειτουργίες, όπως η μουσική εκτέλεση, ο χορός, το χοροθέατρο, ο αθλητισμός, ακόμη και ο ανθρώπινος λόγος και η όλη διάδραση του ανθρώπου με το περιβάλλον μέσα στο οποίο ζει και κινείται θα ήταν αδύνατες χωρίς την ικανότητά του να αναγνωρίζει και να αντιλαμβάνεται το ρυθμό. Και αυτό γιατί όλη η ανθρώπινη δραστηριότητα κίνησης και λόγου είναι οργανωμένη χρονικά σε διακριτά τμήματα., συμβαίνει δηλ. μέσα στο χώρο και στο χρόνο με κάποιο ρυθμό.

1.2 Χρόνος – Αντίληψη Χρόνου & μελέτη του στην Πειραματική Ψυχολογία: μια γενική θεώρηση

Το πεδίο του χρόνου αποτελεί ένα θεμελιώδες όσο και ακανθώδες κεφάλαιο στην πειραματική ψυχολογία, αλλά και σε πολλούς άλλους επιστημονικούς κλάδους. Η αντίληψη και η επεξεργασία του χρόνου από τον άνθρωπο παραμένει ένας άγνωστος εν πολλοίς χώρος και πλήθος μελετών έχει φέρει στο προσκήνιο το θέμα αυτό από πολλές οπτικές και με διαφορετική μεθοδολογία στην προσπάθεια να απαντηθούν διάφορα ερωτήματα για τους υποκείμενους νευρωνικούς μηχανισμούς της αντίληψης του χρόνου, για τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε ζητήματα σειράς/διαδοχής ή διάρκειας διαφορετικών χρονικών διαστημάτων και για την ικανότητά μας να συγχρονίζουμε την κινητική μας συμπεριφορά με ερεθίσματα του περιβάλλοντός μας που είμαστε ικανοί να επεξεργαζόμαστε με τις αισθήσεις μας.

Η τελευταία αυτή οπτική αντίληψης του χρόνου ενδιαφέρει τις πειραματικές μελέτες που έχουν στόχο τη διερεύνηση της αντίληψης και παραγωγής ρυθμού. Η επικρατούσα πειραματική μέθοδος των κινητικών κρούσεων δακτύλου -οι οποίες, κατά τη συνήθη μεθοδολογική διμερή δομική τους διάκριση αρχικά συντονίζονται με (και κατόπιν διατηρούν) ακουστικούς ή οπτικούς ρυθμούς- είναι εδώ και πολλές δεκαετίες στο επίκεντρο του επιστημονικού ενδιαφέροντος. Συνεπώς, έναν τρόπο μελέτης του χρόνου στην πειραματική ψυχολογία αποτελεί η διερεύνηση της ικανότητας αντίληψης και παραγωγής ρυθμού μέσα από την κινητική μας συμπεριφορά και μεθοδολογικά ένα απλό κινητικό έργο για τη μελέτη των λειτουργιών αυτών συνιστούν οι κρούσεις δακτύλου.

Τα πειράματα στον κλάδο της Ψυχοφυσικής υποδηλώνουν ότι ένα από τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της ανθρώπινης συμπεριφοράς είναι η “ένταξη” της σε

μοτίβα που εκδιπλώνονται στο χρόνο. Πολλές οπτικές της βιολογικής και ψυχολογικής μας λειτουργίας ίσως απορρέουν, εν μέρει τουλάχιστον, από την επεξεργασία χρονικής πληροφορίας (temporal information processing) η οποία συνιστά ένα δομικό συστατικό γνωσιακών λειτουργιών, όπως είναι η αντίληψη, η μνήμη, η προσοχή, η γλώσσα αλλά και η κινητική δραστηριότητα (Poppel 1988, 2004), όπως παραθέτουν οι Szelag et al. (2004).

Ψυχοφυσικά πειράματα έχουν επιτύχει με κατάλληλο σχεδιασμό να διαχωρίσουν τους χρονικούς μηχανισμούς από τις κινητικές, τις αισθητηριακές και τις μνημονικές διεργασίες. Μάλιστα υπάρχουν πειραματικά δεδομένα (Keele et al., 1985) και αναφέρονται χαρακτηριστικές ομοιότητες στα χρονικά χαρακτηριστικά του ρυθμικού μηχανισμού της αντίληψης και της παραγωγής κινητικών έργων, όπως υποστηρίζουν και οι Hazeltine et al. (1997), οι οποίες εμπλέκουν κοινούς υποκείμενους χρονικούς μηχανισμούς.

Ένα ερώτημα που έχει απασχολήσει την πειραματική ψυχολογία στη μελέτη αντίληψης του χρόνου είναι το θέμα των διακυμάνσεων στην επεξεργασία χρόνου (temporal variability), όπως καταγράφεται στις επιδόσεις των υποκειμένων σε έργα κινητικού χρονισμού, όπως είναι οι κρούσεις δακτύλου. Όπως αναφέρουν οι Hazeltine et al. (1997), τόσο για την αντίληψη όσο και την παραγωγή χρονισμένης κίνησης υπάρχει ποικιλία στη χρονική ακρίβεια. Υπάρχει διαφορά στις συνιστώσες της κίνησης, αλλά και στην αντίληψη χρονικών διαστημάτων ή ρυθμικών μοτίβων εμφανίζονται κάποιες εσφαλμένες εκτιμήσεις. Ωστόσο, όπως επισημαίνουν οι συγγραφείς (1997), τα λάθη μπορεί να αποδίδονται και σε πηγές οι οποίες δεν εμπλέκουν το χρόνο *per se*, αλλά μπορεί να απορρέουν από ποικιλία που αποδίδεται σε άλλες διεργασίες οι οποίες σχετίζονται με το συγκεκριμένο έργο. Οι κινητικές εντολές στα έργα του αισθητηριοκινητικού συγχρονισμού μπορεί να αρχίζουν στον ορθό χρόνο, αλλά να συμβαίνουν καθυστερήσεις στην υλοποίηση της κίνησης που οδηγούν σε χαμηλές επιδόσεις. Και στη αντίληψη όμως μπορεί να συμβαίνουν λάθη εκτίμησης ενός μοτίβου ή πρόβλεψης της επανεμφάνισής του που οφείλεται στην εσφαλμένη κρίση της διάρκειάς του ή στην καθυστέρηση εντοπισμού της περιοδικής του μορφής.

Ένα επιπλέον ζήτημα το οποίο έχει συγκεντρώσει το ενδιαφέρον και εμπλέκει ενδεχόμενους διαφορετικούς χρονικούς υποκείμενους μηχανισμούς είναι η έννοια του χρονικού διαστήματος και η αντίληψη και κωδικοποίηση διαφορετικών χρονικών διαστημάτων. Αυτό αναδύει και μια άλλη προβληματική σχετικά με την προσέγγιση

του *ενοποιημένου* ή του *κατατετημημένου* χρόνου. Πειραματικές έρευνες και σχεδιασμοί έχουν εστιάσει το ενδιαφέρον τους σε καταγραφές της τροποποίησης της αντίληψης του χρόνου και της αντιληπτής διάρκειας επιλέγοντας *χρονικές δομές διαστημάτων* (interval structures). Μάλιστα έχουν υποστηριχθεί και ενδεχόμενα πολλαπλά συστήματα για την επεξεργασία χρονικών διαστημάτων αντί ενός κεντρικού χρονικού μηχανισμού. Διαφορετικοί μηχανισμοί ενδέχεται να αναλαμβάνουν διαφορετικούς τύπους μέτρησης χρόνου συμπεριλαμβάνοντας και το διαχωρισμό σε ρητούς και άρρητους χρονικούς μηχανισμούς (Lewis & Miall, 2002).

Η *έκταση μιας χρονικής διάρκειας*, το αν ο *χρονισμός της καθορίζεται μέσα από την κίνηση* και ο *βαθμός ακόμη επίγνωσης που συνδέεται με τη χρονική εκτίμηση* έχουν υποδειχθεί ως παράγοντες που καθορίζουν το χρονικό σύστημα που χρησιμοποιείται. Μάλιστα έχει υποστηριχθεί ότι ο *βαθμός επίγνωσης που εμπλέκεται σε κρίσεις χρόνου* εξαρτάται από την *έκταση της χρονικής διάρκειας που μετράται*. Ο ίδιος παράγοντας καθορίζει το *βαθμό συμμετοχής του κινητικού συστήματος* (Ingy, 1996, 1997, Rammsayer, 1999) όπως οι Lewis και Miall, (2002) αναφέρουν.

Ένα πολύ σημαντικό φαινόμενο που μελετά η ψυχολογία στη θεματική του κινητικού χρονισμού είναι οι *προσαρμογές των κινήσεών μας σε χρονικές μεταβολές ή πως μια ακολουθία των κινητικών εκτελέσεων συντονίζεται με ένα ρυθμικό μοτίβο*. Οι αποδοτικές *κινήσεις* που είναι καθημερινή αυτοματοποιημένη συμπεριφορά βασίζονται εν μέρει στην *ικανότητά μας να προσαρμοζόμαστε κινητικά ανάλογα με τις χρονικές εκτιμήσεις που κάνουμε* (time-related adjustments) (Grondin, 2001). Η κατανόηση της *χρονικής διάρκειας*, του *χρονικού διαστήματος* και του *κινητικού προγραμματισμού* που εντάσσεται στο διάστημα αυτό είναι κρίσιμα ζητήματα στο θέμα αυτού που αποκαλείται “*ψυχολογικός χρόνος*” (psychological time) και αυτό που ενδιαφέρει ιδιαίτερα την Ψυχολογία είναι γιατί συμβαίνουν λάθη όταν κάνουμε χρονικές εκτιμήσεις, η ποικιλία αυτών των λαθών και τα αίτια αυτής.

Ο *χρονισμός ακόμη σύντομων χρονικών διαστημάτων* συνδέεται στην έρευνα της πειραματικής ψυχολογίας με τον *κινητικό έλεγχο* στη μελέτη του αισθητηριοκινητικού συγχρονισμού. Αυτό συμβαίνει γιατί στην περίπτωση αυτή οι *κινήσεις είναι εκούσιες*, εντάσσονται στην *κλίμακα των msec* και μπορούν να *αναπαραχθούν με εξαιρετική χρονική συνέπεια* (Lewis & Miall, 2003). Επιπλέον, σημαντικός παράγοντας στην *επαναληπτική αυτή κίνηση των msec* είναι αυτός της *πρόβλεψης των επερχόμενων γεγονότων* που δημιουργεί φαινόμενα *πρόληπτικών κινητικών αποκρίσεων* (anticipation tendency). Αυτή ακριβώς η πρόβλεψη απαιτεί

την εξαγωγή και χρησιμοποίηση της *χρονικής δομής των ερεθισμάτων* από το εξωτερικό περιβάλλον. Σε πολλές περιπτώσεις η απόσπαση μόνο της σειριακής τάξης των γεγονότων δεν αρκεί καθώς οι κινητικές δραστηριότητες πρέπει να είναι χρονισμένες στα προβλεπόμενα γεγονότα, ώστε να είναι χρήσιμες: σημασία έχει δηλαδή ο *έγκαιρος και σωστός χρονισμός των κινητικών πράξεων* (Durstewitz, 2004).

Τέλος σύμφωνα και με τη δυναμική προσέγγιση στους κόλπους των γνωσιακών επιστημών και της ψυχολογίας που αντιμετωπίζει τη γνώση, την αντίληψη και την κινητική δράση όχι ως στατικά ή σειριακά φαινόμενα αλλά ως δυναμικά φαινόμενα που εκδιπλώνονται στο χρόνο, *η χρονισμένη κίνηση αποτελεί δυναμική εξέλιξη στο χρόνο*. Το πρόβλημα είναι ότι *δεν έχουμε ένα αισθητηριακό σύστημα που να είναι αποκλειστικά αφιερωμένο στην αίσθηση του χρόνου*. Όμως πολλά αντιληπτικά χρονικά γεγονότα και πολλές κινητικές δραστηριότητες (αποκρίσεις) που αυτά προκαλούν εξαρτώνται από την ακριβή αναπαράσταση του χρόνου (Ingy & Schlerf, 2008). Οι όροι “χρόνος” και “χρονική επεξεργασία” περικλείουν, ωστόσο, ένα ευρύ φάσμα φαινομένων.

Η παρούσα εργασία θα εστιάσει στις μελέτες εκείνες τις Ψυχολογίας και της Γνωσιακής Επιστήμης που αφορούν *την επεξεργασία ρυθμικών (περιοδικών) χρονικών διαστημάτων της κλίμακας των msec και των sec* τις μονάδες εκείνες δηλ. του χρόνου που σχετίζονται με *την άμεση αντίληψη ή τη γνωσιακά ελεγχόμενη αντίληψη χρόνου και τις αντίστοιχες κινητικές δραστηριότητες* που συνδέονται με κάθε χρονική κλίμακα.

2. Θεωρίες

Στον αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό που μελετά την *αντίληψη του ρυθμού* μέσα από τη *χρονισμένη κίνηση* η οποία συντονίζεται με ένα ρυθμικό εξωτερικό ερέθισμα διακρίνονται *δύο θεωρητικές προσεγγίσεις*: i. θεωρία επεξεργασίας πληροφορίας (information-processing theory) και ii. θεωρία των δυναμικών συστημάτων (dynamic systems theory). Η πρώτη ασχολείται με (κινητικές) αποκρίσεις που αναπαρίστανται σε μια διακριτή χρονική σειρά, ενώ η δεύτερη ασχολείται κυρίως με τη συνεχή κίνηση που αναπαρίσταται ως μια τροχιά στο χώρο. Υπάρχει και η *θεωρία ελέγχου* (Jagacinsky & Flach, 2003), όπως αναφέρει ο Repp (2005), που χρησιμοποιείται περισσότερο σε εφαρμογές της μηχανικής και

καταλαμβάνει έναν ενδιάμεσο χώρο. Κάθε προσέγγιση, εξηγεί ο Repp (2005), πιθανόν προσφέρεται να δώσει ένα πλαίσιο ερμηνείας σε οπτικές του αισθητηριοκινητικού συγχρονισμού καλύτερο από τις άλλες προσεγγίσεις.

Επειδή στο παράδειγμα των κρούσεων δακτύλου σε μια επιφάνεια παράγονται διακριτά γεγονότα (διακριτές κινήσεις) οι περισσότεροι ερευνητές χρησιμοποιούν τη θεωρητική προσέγγιση της *επεξεργασίας πληροφορίας*, ενώ οι θεωρητικοί των δυναμικών συστημάτων προτιμούν το παράδειγμα της συνεχούς κίνησης στις δοκιμασίες. Παρόλο που η δυναμική θεωρία είναι γενική, ώστε να εμπερικλείει και τις δύο, τις συνεχείς και τις διακριτές μορφές της περιοδικής κίνησης, ίσως η δεύτερη μορφή να μην αποτελεί απλώς ειδική περίπτωση της πρώτης. Οι κινήσεις στο παράδειγμα ειδικά των κρούσεων δακτύλου - μέσω του οποίου διερευνάται ο αισθητηριοκινητικός συγχρονισμός- που οργανώνονται ως μια σειρά διακριτών επαφών φαίνεται ότι απαιτούν περισσότερο ρητό κινητικό έλεγχο από ό,τι οι συνεχείς κινήσεις (Delignieres et al., 2004, Zelaznik et al., 2002), όπως ο Repp (2005) παραθέτει.

I. Χρονικοί μηχανισμοί

Στις ψυχοφυσικές μελέτες την κυρίαρχη υπόθεση εργασίας για τους χρονικούς μηχανισμούς αποτελεί το μοντέλο ενός *κεντρικού εσωτερικού ρολογιού* (centralized internal clock model) (Creelman, 1962, Treisman, 1963), αναφέρουν οι Mauk και Buonomano (2004). Σε αυτό ένας ταλαντωτής ο οποίος χτυπά σε μια σταθερή συχνότητα δημιουργεί τα “τικ” τα οποία εντοπίζει ένας μετρητής.

Τα μοντέλα αυτά υποθέτουν ότι ο χρονισμός είναι ένας κεντρικός μηχανισμός, ότι δηλαδή ο εγκέφαλος χρησιμοποιεί το ίδιο κύκλωμα προκειμένου να καθορίσει τη διάρκεια ενός ακουστικού τόνου και τη διάρκεια μιας οπτικής λάμψης. Η εναλλακτική άποψη είναι ότι ο χρονισμός είναι κατανεμημένος, που σημαίνει δηλαδή ότι πολλές εγκεφαλικές περιοχές αναλαμβάνουν την επεξεργασία χρόνου και ότι η περιοχή ή οι περιοχές που εμπλέκονται εξαρτώνται από τη δοκιμασία ή τη είδος του αισθητηριακού ερεθίσματος που χρησιμοποιείται (task-dependent ή modality-dependent).

Πέραν του ζητήματος των κεντρικών ή κατανεμημένων χρονικών μηχανισμών υπάρχει και το ζήτημα της ειδικής χρονοκλίμακας (timescale

specificity). Έτσι λοιπόν, ένα καθολικό ρολόι θα μπορούσε να αποτελεί το μόνο χρονικό μηχανισμό για όλα τα διαστήματα / διάρκειες ή θα μπορούσε να υπάρχει ένα σύνολο ειδικών κυκλωμάτων καθένα από το οποία θα ήταν ειδικευμένο στην επεξεργασία συγκεκριμένων χρονικών διαστημάτων (αναφέρονται από τον Ivry (1996) ως χρονικοί μηχανισμοί βασιζόμενοι στο χρονικό διάστημα, interval-based mechanisms), όπως παραθέτουν οι Mauk και Buonomano (2004).

2.1 Κεντρικοί χρονικοί μηχανισμοί

Αν η επεξεργασία χρόνου γίνεται σε έναν μόνο κεντρικό χρονικό μηχανισμό (centralized mechanism), τότε μια δοκιμασία διάκρισης χρονικών διαστημάτων (interval discrimination task) θα χρησιμοποιούσε τον ίδιο πληθυσμό νευρώνων στη σωματισθητηριακή, στην οπτική και στην ακουστική αίσθηση. Επιπλέον, οι δοκιμασίες κινητικού ελέγχου (motor control tasks) οι οποίες απαιτούν πολύ προσεκτικά χρονισμένες κινητικές αποκρίσεις επίσης θα βασίζονταν στο ίδιο χρονικό σύστημα. Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση ο χρονισμός στο νευρικό σύστημα είναι ανάλογος με τον τρόπο λειτουργίας ενός υπολογιστή στον οποίο ένα “κεντρικό ρολόι” (ένας κεντρικός συντονιστής) στέλνει πληροφορίες σε πολλά άλλα συστατικά του (Buonomano & Karmarkar, 2002).

2.2 Κατανεμημένοι χρονικοί μηχανισμοί

Σε ένα κατανεμημένο χρονικό σύστημα (distributed system/mechanism) ποικίλες περιοχές του εγκεφάλου θα μπορούσαν να επεξεργάζονται το χρόνο και ο ακριβής εντοπισμός τους θα εξαρτάται από το είδος της αίσθησης που συμμετέχει και της δοκιμασίας που χρησιμοποιείται. Έτσι για το χρονισμό σε σωματισθητηριακές, ακουστικές, οπτικές ή κινητικές δοκιμασίες μπορεί να εμπλέκονται διαφορετικά τμήματα του εγκεφάλου (Buonomano & Karmarkar, 2002).

3. Το φαινόμενο της μέσης αρνητικής ασυγχρονίας (negative mean asynchrony, NMA) στον αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό

Από τις αρχές του προηγούμενου αιώνα (Miyake, 1902, Woodrow, 1932), αναφέρει ο Repp (2005), οι πρόδρομοι της έρευνας του αισθητηριοκινητικού συγχρονισμού παρατήρησαν ότι οι κρούσεις έτειναν να προηγούνται των περιοδικών ηχητικών τόνων κατά λίγες δεκάδες χιλιοστά του δευτερολέπτου αντί του να κατανέμονται συμμετρικά γύρω από τις ενάρξεις των ηχητικών τόνων. Η μέση αρνητική ασυγχρονία (NMA) (synchronization error ή anticipation tendency) έχει βρεθεί στις περισσότερες μελέτες στη βιβλιογραφία του αισθητηριοκινητικού συγχρονισμού και έχει προκαλέσει σημαντική έρευνα (Aschersleben, 2002).

Ο Repp (2004b), ιδιαίτερος, έχει μελετήσει το φαινόμενο του NMA σε μουσικούς συμμετέχοντες σε πειράματα κρούσεων δακτύλου. Το NMA είναι μικρό ή απόν σε μουσικά πλαίσια. Όπως αναφέρει ο Repp (2005), οι μουσικά εκπαιδευμένοι συμμετέχοντες τείνουν να παρουσιάζουν ένα μικρότερο NMA (Aschersleben, 2002) (και καμιά φορά δεν παρουσιάζουν καθόλου NMA), (Repp, 2004b) από ό,τι οι συμμετέχοντες χωρίς μουσική παιδεία και άσκηση. Επιπλέον, η ρητή ακουστική ανατροφοδότηση (explicit auditory feedback) (Aschersleben & Prinz, 1995) μειώνει το NMA. Το NMA σε κάθε περίπτωση αποτελεί ένα περίεργο και δυσερμήνευτο φαινόμενο στις κρούσεις δακτύλου στο συγχρονισμό για τους μη μουσικούς. Να σημειωθεί, επιπλέον, ότι οι άνθρωποι γενικά δε γνωρίζουν για το NMA που εμφανίζουν στις επιδόσεις τους.

Όπως παραθέτει ο Repp (2005), η Aschersleben (2003) προπόνησε σε ένα πείραμά της τους συμμετέχοντες να κατορθώσουν μηδενική μέση ασυγχρονία δίνοντάς τους οπτική ανατροφοδότηση για το μέγεθος και την κατεύθυνση των ασυγχρονιών τους. Οι συμμετέχοντες ανέφεραν ότι έπρεπε να καθυστερήσουν τις κρούσεις τους έτσι ώστε να πετύχουν το στόχο της μείωσης της ασυγχρονίας. Φαίνεται, λοιπόν, ότι τα σημεία της αντικειμενικής και της υποκειμενικής ασυγχρονίας γενικά δε συμπίπτουν, τουλάχιστον για μη μουσικούς.

Υπάρχουν, ακόμη, δύο σημαντικά ευρήματα τα οποία θέτουν κάποιους περιορισμούς στις ερμηνείες που δίνονται στο NMA. Όπως παραθέτει ο Repp (2005), το ένα εύρημα είναι ότι το NMA μειώνεται όσο μειώνεται η ακολουθία των

διαστημάτων ερεθισμάτων (IOI) (Mates et al., 1994, Peters, 1989, Repp, 2003b), ενώ το άλλο είναι ότι υπάρχουν αξιοσημείωτες ατομικές διαφορές. Κάποια άτομα πραγματοποιούν προδρομικές κρούσεις μπροστά από τους ηχητικούς τόνους γύρω στα 100 msec, ενώ άλλα μετά βίας παρουσιάζουν κάποιο NMA (Aschersleben, 2002, Aschersleben & Prinz, 1995, Repp & Penel, 2002), όπως αναφέρει ο Repp (2005).

Έχουν προταθεί διάφορες ερμηνείες για το NMA βασιζόμενες στα πειραματικά ευρήματα και στις παρατηρήσεις, αλλά δεν υπάρχει κάποια αποκλειστική και σφαιρική ερμηνεία. Στα μέσα (Paillard, 1948) και προς τα τέλη (Fraisse, 1980) του προηγούμενου αιώνα, όπως ο Repp (2005) αναφέρει, οι παραπάνω ερευνητές θεώρησαν ότι το NMA προκύπτει εξ αιτίας διαφορετικών χρονικών μεταδόσεων νευρικών ώσεων από το δάκτυλο στον εγκέφαλο και από τα αυτί στον εγκέφαλο. Η αρχική υποστήριξη αυτής της ερμηνείας προήλθε από ευρήματα κατά τα οποία το NMA είναι μεγαλύτερο στις κρούσεις ποδιού (foot tapping) από ό,τι στις κρούσεις χεριού (manual tapping) (Aschersleben & Prinz, 1995, Aschersleben et al., 2002, Billon et al., 1996, Fraisse, 1980).

Η Aschersleben (Aschersleben, 2002, Aschersleben et al., 2004), όπως ο Repp (2005) αναφέρει, πρότεινε ως ερμηνεία ένα μοντέλο αισθητηριακού συσσωρευτή (sensory accumulator model) κατά το οποίο η συνειδητά αντιληπτή συγχρονία επιτυγχάνεται συσσωρεύοντας ενδείξεις σε διαφορετικούς ρυθμούς από διαφορετικά αισθητηριακά κανάλια. Κάθε ρυθμός αυτής της συσσώρευσης μέχρι κάποιο κριτήριο επάρκειας καθορίζεται από το μέγεθος έντασης της εισόδου της αισθητηριακής πληροφορίας όσο και από την ίδια την αισθητηριακή τροπικότητα.

Μία σημαντική αιτία του NMA φαίνεται πράγματι πως είναι μια πιο αργή κεντρική καταγραφή της απτικής και της ιδιοϋποδεκτικής πληροφορίας συγκρινόμενες με την ακουστική πληροφορία. Το NMA μειώνεται όταν η ακουστική ανατροφοδότηση από τις κρούσεις ενισχύεται κάνοντας έναν ηχητικό τόνο να εξαρτάται από κάθε κρούση (Aschersleben & Prinz, 1995, 1997), όπως ο Repp (2005) αναφέρει, ενώ αυξάνει, όταν η απτική ανατροφοδότηση από το δάκτυλο μειώνεται μέσω αναισθησίας (Aschersleben et al., 2001). Επίσης, το NMA είναι ευαίσθητο σε χειρισμούς καθυστερημένης ακουστικής ανατροφοδότησης (Aschersleben & Prinz, 1997, Fraisse et al., 1958, Mates & Aschersleben, 2002), όπως ο Repp (2005) παραθέτει. Η αντιληπτή συγχρονία, λοιπόν, φαίνεται ότι εξαρτάται από όλες τις διαθέσιμες μορφές αισθητηριακών ενδείξεων.

Οι ατομικές διαφορές οι οποίες συμπεριλαμβάνουν τους μουσικούς θα μπορούσαν να αποδοθούν σε διαφορετική βαρύτητα διαφορετικών αισθητηριακών τροπικοτήτων. Έχει νόημα να υποθέσει κανείς ότι οι μουσικοί δίνουν μεγαλύτερη προσοχή σε ακουστική πληροφορία από ό,τι άνθρωποι που δεν είναι μουσικοί.

Σημαντικό είναι και το εύρημα των ασθενών που υποφέρουν από μια σπάνια δυσλειτουργία που αφαιρεί όλες τις αισθήσεις της αφής και της κιναισθησης από το σώμα (deafferented patients) οι οποίοι μπορούν να πραγματοποιούν κρούσεις εντός φάσης με την εξωτερική ρυθμική ηχητική ακολουθία ακόμη και όταν εμποδίζονται από το να βλέπουν ή να ακούνε τις κρούσεις τους (Aschersleben et al., 2002, Billon et al., 1996), όπως αναφέρει ο Repp (2005). Το μοντέλο, που είχε εισηγηθεί η Aschersleben (2002, 2004), του αισθητηριακού συσσωρευτή (sensory accumulator model) προφανώς δεν μπορεί να εξηγήσει την περίπτωση των ασθενών αυτών. Παραθέτει ο Repp (2005) ότι οι Aschersleben et al. (2002), εναλλακτικά, υπέδειξε ότι οι εσωτερικά προσομοιωμένες συνέπειες δράσης είναι αυτές που συγχρονίζονται με μια εξωτερική ηχητική ακολουθία. Οι ασθενείς αυτοί δείχνουν ένα μεγάλο NMA γεγονός το οποίο υποδηλώνει ότι πρώτα υπαγορεύουν μια κινητική εντολή στο δάκτυλό τους και μετά φαντάζονται τα δυνατά αισθητηριακά επακόλουθα (το πιο πιθανόν οπτικά ή ακουστικά) στο συγχρονισμό τους με την ηχητική ρυθμική ακολουθία.

Να σημειωθεί ότι το NMA φαίνεται πως σχετίζεται στενά με την ταχύτητα του tempo, δε φαίνεται, ωστόσο, να υπάρχει ισχυρή σχέση μεταξύ του NMA και των διακυμάνσεων.

Μια εξήγηση του NMA από άλλους ερευνητές (Vorberg & Wing, 1996), όπως παραθέτει ο Repp (2005), βασίζεται στην υπόθεση ότι οι συμμετέχοντες προσπαθούν να ελαχιστοποιήσουν τις διακυμάνσεις των ασυγχρονιών τους. Επειδή οι διακυμάνσεις μειώνονται με τη διάρκεια του διαστήματος κρούσεων (ITI), μπορεί να δειχθεί ότι οι διαφορές των ασυγχρονιών τους ελαχιστοποιούνται όταν η περίοδος του εσωτερικού χρονομετρητή που υποτίθεται ότι καθοδηγεί τις κρούσεις είναι κάπως βραχύτερη από το διάστημα ερεθισμάτων (IOI) της ηχητικής ακολουθίας. Αυτό αποτελεί μια μορφή αποσυντονισμού (detuning) (στην περίπτωση αυτή μεταξύ του εσωτερικού ελεγκτή και της εξωτερικής ακολουθίας) και απολήγει σε μια καθοδήγηση φάσης των κρούσεων στους ηχητικούς τόνους, δηλαδή στο NMA.

Κάθε, επιπλέον, είδος υποδιαίρεσης του διαστήματος ερεθισμάτων ή κρούσεων (IOI ή ITI) μειώνει το NMA και για αυτό, άλλωστε, δεν είναι εμφανές στις

κρούσεις σε πλαίσιο μουσικό. Στη βάση αυτών των ευρημάτων, άλλωστε, όπως παραθέτει ο Repp (2005), οι Wohlschlagel & Koch πρότειναν ότι το NMA αποτελεί ένα επακόλουθο της αντιληπτικής υποτίμησης της διάρκειας ενός κενού διαστήματος ερεθισμάτων (IOI) (Craig, 1973, Goldfarb & Goldstone, 1963). Αυτή η υποτίμηση θα οδηγούσε σε μια συντομευμένη περίοδο του εσωτερικού χρονομετρητή (internal timekeeper) που ελέγχει το tempo των κρούσεων και, επομένως, θα απέληγε σε ένα NMA. Η υπόθεση αυτή μπορεί να εξηγήσει τη μείωση του NMA με τη διάρκεια του διαστήματος ερεθισμάτων (IOI), γιατί η υποτίμηση είναι πιθανόν ότι είναι αναλογική της διάρκειας του διαστήματος αυτού και μπορεί να δικαιολογήσει και τις ατομικές διαφορές.

Η Aschersleben (2002) προσδιορίζει την αρνητική ασυγχρονία της κρούσης πριν από τον ηχητικό τόνο περίπου στα 20 – 80 msec, ένα φαινόμενο το οποίο έχει περιγραφεί εδώ και περισσότερα από 100 χρόνια (Dunlap, 1910, Johnson, 1898, Miyake, 1902) και έχει επαναληφθεί από μια σειρά ακόμη μελέτες (Aschersleben & Prinz, 1995, 1997, Fraisse, 1980, Kolers & Brewster, 1985, Mates et al., 1994, Repp, 2000, Thaut et al., 1998, Vos et al., 1995, Wohlschlagel & Koch, 2000).

Κατά την Aschersleben (2002) το μέγεθος της ασυγχρονίας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις πειραματικές συνθήκες και βέβαια από τον παράγοντα των υποκειμενικών διαφορών που είναι μεγάλες. Ενώ, δηλαδή, όπως αναφέρει η συγγραφέας (2002), η μέση ασυγχρονία που παρατηρείται σε ένα συγκεκριμένο άτομο μπορεί να είναι πολύ μικρή ή σχεδόν μηδενική (οι θετικές ασυγχρονίες σπανίως παρατηρούνται), υπάρχουν άλλα άτομα που εντοπίζονται επανειλημμένως να εκδηλώνουν αρνητική ασυγχρονία της τάξης των 100 msec στις κρούσεις δακτύλου χωρίς να γνωρίζουν ότι εμφανίζουν αυτή τη μεγάλη προληπτική τάση (anticipatory tendency). Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που αναφέρει η Aschersleben (2002) ο οποίος επηρεάζει το ατομικό μέγεθος της αρνητικής ασυγχρονίας είναι ο τρόπος κατά τον οποίο εκτελείται μια κρούση. Τόσο, δηλαδή, το πλάτος της κίνησης δακτύλου όσο και η δύναμη που εφαρμόζεται στο πλήκτρο ασκούν πολύ ισχυρή επίδραση στο μέγεθος της αρνητικής ασυγχρονίας και πιθανότατα οι συμμετέχοντες στα πειράματα κρούσεων διαφέρουν στα κινητικά μοτίβα που εκδηλώνουν. Ένας ακόμη φυσικά πολύ σημαντικός παράγοντας που επιδρά στην αρνητική ασυγχρονία είναι η μουσική εμπειρία. Η μουσική εξάσκηση συμβάλλει στη μείωση της ασυγχρονίας περίπου κατά 10 – 40 msec. Ωστόσο, ακόμη και αν οι μουσικοί εκδηλώνουν μικρότερη ασυγχρονία κατά κάποιες δεκάδες msec,

είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι όλοι τελικά παρουσιάζουν αρνητική ασυγχρονία, δηλ. κανένας δεν πραγματοποιεί την κρούση σε απόλυτο συγχρονισμό ή με μια καθυστέρηση (Ludwig, 1992), όπως η Aschersleben (2002) παραθέτει.

Το λάθος αυτό συγχρονισμού (synchronization error) δεν αποτελεί σε καμία περίπτωση τεχνούργημα (artifact) της πειραματικής διαδικασίας, αλλά φαίνεται ότι είναι αναγκαίο για τα άτομα να αποκτήσουν τη υποκειμενική εντύπωση του ότι βρίσκονται σε συγχρονισμό.

3.1 Μια απόπειρα ερμηνείας της αρνητικής ασυγχρονίας: ο ρόλος της αισθητηριακής ανατροφοδότησης (sensory feedback)

Παρόλο που το λάθος πρόληψης (προληπτική τάση, anticipation error) είναι γνωστό για παραπάνω από 100 χρόνια, οι υποκείμενοι μηχανισμοί αυτού του φαινομένου δεν είναι ακόμη πλήρως κατανοητοί (Aschersleben, 2002). Η βιβλιογραφία προτείνει μια σειρά εξηγήσεων που αποδίδουν την αιτία του φαινομένου αυτού σε διαφορετικά επίπεδα επεξεργασίας. Κάποιες τέτοιες απόπειρες ερμηνείας υποθέτουν ότι ο συγχρονισμός μεταξύ κρούσης και ρυθμικού ηχητικού ερεθίσματος πρέπει να παγιώνεται σε ένα επίπεδο κεντρικής αναπαράστασης, έτσι ώστε να γίνεται αντιληπτό ως να είναι πράγματι σε συγχρονισμό. Άλλα μοντέλα βασίζονται στην υπόθεση ότι το γνωσιακό μας σύστημα αναφέρεται σε φυσικά γεγονότα.

Πρόσφατες ερμηνείες προτείνουν ότι ο συγχρονισμός δεν ελέγχεται μόνο, αλλά επιπλέον εμπεδώνεται σε ένα κεντρικό αναπαραστασιακό επίπεδο στο οποίο τόσο τα ηχητικά εξωτερικά περιοδικά ερεθίσματα (stimuli) όσο και οι κινητικές περιοδικές ενέργειες (actions) αναπαρίστανται με όρο τις επιπτώσεις τους στις αισθήσεις (Aschersleben & Prinz, 1995, 1997, Gehrke, 1996, Prinz 1990, 1997), όπως η Aschersleben, (2002) παραθέτει. Έτσι, τον έλεγχο δράσης (action control) στα έργα συγχρονισμού λιγότερο αφορά η χρονική σχέση μεταξύ της εισόδου ακουστικής πληροφορίας (auditory input) και της εξόδου κινητικής πληροφορίας (motor output) και περισσότερο αφορά ο συγχρονισμός που επιτυγχάνεται μεταξύ του αντιληπτού ηχητικού τόνου (perceived click) και της αντιληπτής συντελεσμένης κρούσης (perceived tap). Αν αυτό ισχύει, υποστηρίζει η Aschersleben (2002), τότε ο χρόνος που χρειάζεται για να γίνει αντιληπτός ο ηχητικός τόνος και η κινητική

κρούση είναι κρίσιμος, ιδιαίτερα επειδή τα ακουστικά και τα κιναισθητικά – απτικά αισθητηριακά ερεθίσματα υποτίθεται ότι διαφέρουν στο χρόνο επεξεργασίας τους. Στην πραγματικότητα, καθώς η χρονική καθυστέρηση μεταξύ του πραγματικού και του αντιληπτού ηχητικού τόνου πιθανόν να είναι μικρότερη από την καθυστέρηση μεταξύ της πραγματικής και της αντιληπτής κρούσης, πρέπει η πραγματική κρούση να προηγηθεί του πραγματικού ηχητικού τόνου έτσι ώστε να επιτύχει το συγχρονισμό μεταξύ των γεγονότων που γίνονται αντιληπτά σε ένα κεντρικό αναπαραστασιακό επίπεδο δημιουργώντας έτσι την παρατηρούμενη αρνητική ασυγχρονία μεταξύ της έναρξης του ηχητικού τόνου και της φανεράς κρούσης. Οι αναπαραστασιακές ερμηνείες, λοιπόν, βασίζονται σε δύο υποθέσεις κατά την Aschersleben (2002): (α.) Οι κεντρικές αναπαραστάσεις του ηχητικού τόνου και της κινητικής κρούσης διαμορφώνονται έτσι ώστε να συμπίπτουν. (β.) Η κεντρική αναπαράσταση της κρούσης βασίζεται στη σωματισθητική ανατροφοδότηση από την κίνηση του δακτύλου (και όχι στην κινητική εντολή). Αυτά τα τεκμήρια έχουν χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη δύο υποθέσεων οι οποίες διαφέρουν κυρίως στον τρόπο που εντοπίζουν την αιτία της ασυγχρονίας. Η πρώτη, όπως αναφέρει η Aschersleben (2002), είναι η υπόθεση της μεταφοράς νευρικών σημάτων (nerve-conduction hypothesis, Paillard – Fraise hypothesis) σύμφωνα με την οποία το λάθος πρόληψης (ασυγχρονία, anticipatory error) στην κινητική κρούση οφείλεται σε διαφορές στο χρόνο μεταφοράς νευρικών σημάτων μεταξύ του ηχητικού τόνου και της κρούσης και μεταξύ των αντίστοιχων κεντρικών τους αναπαραστάσεων (Aschersleben, 1994, Aschersleben & Prinz, 1995, 1997, Fraise, 1980, Paillard, 1949). Η δεύτερη υπόθεση είναι αυτή του μοντέλου του αισθητηριακού συσσωρευτή (sensory accumulator) (Gehrke, 1996, Aschersleben et al. 2001) και εστιάζει σε διεργασίες σε ένα κεντρικό επίπεδο ως τον εντοπισμό της αιτίας του φαινομένου.

4. Διακυμάνσεις στις επιδόσεις στο έργο κρούσεων δακτύλου στον αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό: μηχανισμοί διόρθωσης λαθών

Ο αισθητηριοκινητικός συγχρονισμός δεν μπορεί να διατηρηθεί χωρίς μηχανισμούς διόρθωσης λάθους (Repp, 2005), ακόμη και αν οι κρούσεις δακτύλου ξεκινήσουν χωρίς καμιά ασυγχρονία και συνεχίσουν ακριβώς στο σωστό μέσο tempo. Χωρίς μηχανισμούς διορθωτικούς λαθών, οι εγγενείς διακυμάνσεις σε κάθε περιοδική κινητική δραστηριότητα θα συσσωρεύονταν από κρούση σε κρούση και η

πιθανότητα για μεγάλες ασυγχρονίες θα αυξανόταν σταθερά (Hary & Moore, 1987a, Voillaume, 1971, Vorberg & Wing, 1996), παραθέτει ο Repp (2005). Έχουν προταθεί μια σειρά μοντέλων προσομοίωσης του μηχανισμού διόρθωσης λαθών στον αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό. Ο Repp (2005) αναφέρει ερευνητές από τη δεκαετία του '60 και του '70 οι οποίοι προσπάθησαν να σχηματίσουν μια εξίσωση πρόβλεψης που βάσιζε κάθε διάστημα κρούσεων (ITI) σε δύο προηγούμενα διαστήματα ερεθισμάτων (IOI) με κύριο στόχο τη μοντελοποίηση της απόκρισης σε διαταράξεις χρόνου του διαστήματος ερεθισμάτων (IOI perturbations) σε μια ρυθμική ακολουθία (Michon, 1967, Michon & van der Valk, 1967). Άλλοι ερευνητές μελέτησαν την πιθανότητα κάθε ασυγχρονία να απολήγει σε διόρθωση του επόμενου διαστήματος κρούσεων (ITI) (Voillaume, 1971). Μελετητές της δεκαετίας του '80 (Hary & Moore, 1985, 1987a, 1987b) διενήργησαν προσομοιώσεις σε υπολογιστή στα δεδομένα του αισθητηριοκινητικού συγχρονισμού και πρότειναν ένα μοντέλο κατά το οποίο οι συμμετέχοντες υπολογίζουν το χρόνο κάθε κρούσης είτε από τον προηγούμενο εξωτερικό ηχητικό τόνο είτε από την προηγούμενη κρούση, τυχαία εναλλάσσοντας μεταξύ των δύο αυτών σημείων αναφοράς (referents) (μεικτός επαναπροσδιορισμός φάσης, mixed phase resetting). Η πρόταση του Mates (1994a, 1994b), κατά τον Repp (2005), συνδυάζει το μοντέλο διόρθωσης φάσης με το μοντέλο διόρθωσης περιόδου (dual – process error correction model). Το μοντέλο αυτό περιλαμβάνει αντιληπτικές και κινητικές καθυστερήσεις που το καθιστούν ικανό να εξηγήσει τη μέση αρνητική ασυγχρονία (NMA).

Έχουν υποστηριχθεί δύο μηχανισμοί διόρθωσης: η διόρθωση φάσης και η διόρθωση περιόδου. Και οι δύο μηχανισμοί επηρεάζουν το χρόνο της κρούσης και έτσι αλλάζουν τόσο την ασυγχρονία της όσο και το διάστημα κρούσεων σε σχέση με την προηγούμενη κρούση.

Οι Takano και Miyake (2007), υποστηρίζουν τους δύο αυτούς μηχανισμούς διόρθωσης λάθους που έχουν προταθεί για το συγχρονισμό της έναρξης του ερεθίσματος (stimulus - onset) με την έναρξη της κρούσης (tap - onset). Η διόρθωση φάσης ελέγχει τη σύμπτωση του χρόνου της κρούσης με το χρόνο του ερεθίσματος, ενώ η διόρθωση περιόδου συγχρονίζει την περίοδο της κρούσης με την περίοδο του ερεθίσματος. Ο πρώτος μηχανισμός κατά τους ερευνητές αυτούς (2007) έδειξε μια ισχυρή αρνητική συσχέτιση μεταξύ αλλαγών στα λάθη συγχρονισμού και αλλαγών στα διαστήματα κρούσεων (ITI) υποδηλώνοντας έναν απλό μηχανισμό αρνητικής ανατροφοδότησης. Η συσχέτιση αυτή παρατηρήθηκε σε όλες τις συνθήκες των

διαστημάτων ερεθισμάτων (ISI). Ο δεύτερος μηχανισμός έδειξε μια μεγαλύτερη απόκριση με μια χαμηλή αρνητική συσχέτιση και παρατηρήθηκε μόνο σε μεγάλα διαστήματα ερεθισμάτων (ISI, 1200 – 1800 msec).

Υπάρχουν, επιπλέον, ερευνητές (Thaut & Kenyon, 2003, Thaut et al., 1998), όπως αναφέρει ο Repp (2005), οι οποίοι έχουν θεωρήσει ότι οι εκδηλούμενες αλλαγές στις ασυγχρονίες που παρατηρούνται και στα διαστήματα κρούσεων (ITI) συνιστούν διορθώσεις φάσης και περιόδου, αντιστοίχως.

Ένα ενδιαφέρον θεωρητικό ερώτημα αφορά τη φύση της αντιληπτικής πληροφορίας στην οποία βασίζονται οι διορθωτικοί μηχανισμοί φάσης και περιόδου. Όπως παραθέτει ο Repp (2005), κατά τον Mates (1994a, 1994b) η διόρθωση φάσης βασίζεται στην αντίληψη των ασυγχρονιών, ενώ η διόρθωση περιόδου στην αντίληψη των ανακολουθιών μεταξύ περιόδου εσωτερικού χρονομετρητή (internal timekeeper period) και διάρκειας ακολουθίας διαστημάτων ερεθισμάτων (IOI). Το μοντέλο μεικτού επαναπροσδιορισμού φάσης (mixed phase resetting model) (Hary & Moore, 1985, 1987b), αναφέρει ο Repp (2005), υποθέτει ότι η αντιληπτική πληροφορία συνίσταται σε χρονικά σημεία (time points), όχι σε διαστήματα και υπάρχουν εμπειρικά ευρήματα που τείνουν να ευνοούν αυτήν την υπόθεση.

Υπάρχουν, επιπλέον, κάποιοι ερευνητές, αναφέρει ο Repp (2005), οι οποίοι έχουν αναπτύξει μια δυναμική προσέγγιση βασισμένη στην προσοχή (dynamic attentional approach) σε σχέση με την αντίληψη ρυθμού που έχει αποκορυφωθεί σε μοντέλα παρόμοια με το μοντέλο διπλής επεξεργασίας (dual – process model) διόρθωσης λαθών στον αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό (Large & Jones, 1999, Mc Auley & Jones, 2003). Η βασική υπόθεση είναι ότι οι αυξομειώσεις της προσοχής συμπαρασύρονται από τη ρυθμική ηχητική ακολουθία και ότι αυτή η ροή των εσωτερικών αυξήσεων και μειώσεων της προσοχής (οι οποίες αντανακλούν χρονική προσδοκία) υπόκεινται σε διορθώσεις φάσης και περιόδου ως απάντηση στις χρονικές διαταράξεις της χρονικής ακολουθίας.

Έτσι, λοιπόν, η αντίληψη του ρυθμού θεωρείται ως μια μορφή συγκαλυμμένου συγχρονισμού και φαίνεται αρκετά πιθανό ότι η δυναμική της προσοχής, όπως περιγράφεται στα μοντέλα αυτά, είναι στενά συνδεδεμένη με το κινητικό σύστημα, με τη φαντασία κίνησης ή την προσομοίωση των αισθητηριακών επακόλουθων της ρυθμικής δράσης να συνοδεύει τις εκρήξεις της ενέργειας της προσοχής (Repp, 2005). Αν ισχύει αυτό, τότε η αντίληψη του ρυθμού μπορεί απλά να αποτελεί εσωτερικευμένο αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό.

ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ

1. Ο αισθητηριοκινητικός συγχρονισμός στη μελέτη του ρυθμού και της κίνησης – Θεωρητικές επισημάνσεις



Εικόνα 1: αισθητηριοκινητικός συγχρονισμός (sensorimotor synchronization): ικανότητα εκτέλεσης κίνησης συγχρονισμένης με αισθητηριακά γεγονότα προβλέψιμης χρονικής δομής (Aschersleben, 2002)

Ο αισθητηριοκινητικός συγχρονισμός αποτελεί το ρυθμικό συντονισμό αντίληψης και κίνησης και αφορά συγκεκριμένα την ικανότητα να συγχρονίζουμε την κινητική μας συμπεριφορά με εξωτερικά προβλέψιμα χρονικά περιοδικά ερεθίσματα τα οποία είμαστε ικανοί να επεξεργαζόμαστε με τις αισθήσεις μας.

Το φαινόμενο αυτό μελετάται με το πειραματικό παράδειγμα των κρούσεων δακτύλου που αποτελεί απλή αναγωγή στο αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό και συνιστά ένα απλό και μετρήσιμο κινητικό έργο, εκδοχή αισθητηριοκινητικής συμπεριφοράς.

Όπως φανερώνει και η εικόνα 1, τόσο στο χώρο της τέχνης, ιδίως της μουσικής, αλλά και του χορού, όσο και στο χώρο του αθλητισμού, απαντώνται πλήθος τέτοιων εκδηλώσεων αισθητηριοκινητικής συμπεριφοράς σε ατομικό ή συλλογικό επίπεδο και σε απλή ή σύνθετη μορφή.

Όπως ο Repp (2005) παραθέτει, ο αισθητηριοκινητικός συγχρονισμός αποτελεί μορφή “παραπεμπτικής” συμπεριφοράς (referential behavior, Pressing, 1999), κατά την οποία, δηλαδή, μία δραστηριότητα συντονίζεται χρονικά με ένα προβλέψιμο εξωτερικό γεγονός, αυτό στο οποίο “παραπέμπει” και “αναφέρεται” (referent) η συμπεριφορά. Τόσο το εξωτερικό αισθητηριακό γεγονός όσο και η συντονισμένη με αυτό κινητική συμπεριφορά χαρακτηρίζονται από μια χρονική περιοδικότητα, έναν ρυθμό που καθιστά προβλέψιμο το εξωτερικό ερέθισμα

(referent) ακριβώς λόγω της τακτικής του επανεμφάνισης. Δύο, επομένως, ρυθμοί, ένας εξωτερικός, αντιληπτικά επεξεργασμένος μέσα από τις αισθήσεις μας (rhythm perception) συντονίζεται χρονικά με έναν παραγόμενο κινητικό ρυθμό (motor rhythm production) που αποτελεί και τον τρόπο εκδήλωσης και πειραματικής παρατήρησης και μέτρησης της αντίληψης που έχουμε για την αναγνώριση και επεξεργασία ρυθμικών σχημάτων.

Η κίνηση διαχρονικά αποτελεί ένα μέσο εξωτερίκευσης και έκφρασης της ικανότητάς μας να αντιλαμβανόμαστε και να μπορούμε να παράγουμε ρυθμό σε μορφές της καθημερινής αυτοματοποιημένης μας συμπεριφοράς, της τέχνης και του αθλητισμού. Όταν οι άνθρωποι ακούν μουσική αναπτύσσουν προσδοκίες χρονικές (temporal expectations) (μια μορφή συγκεκαλυμμένου, εσωτερικού συγχρονισμού) και δύσκολα αποφεύγουν να εκδηλώσουν αισθητηριοκινητική συμπεριφορά, συνήθως αρχίζουν να κινούνται συγχρονισμένοι στο ρυθμό της μουσικής (Repp, 2005).

Έχει ενδιαφέρον ότι παρόλο που ο ρυθμικός συγχρονισμός εκπομπών ήχου ή φωτός παρατηρείται σε μια περιορισμένη κλίμακα συχνότητας σε κάποια αμφίβια και έντομα, σπανίως παρατηρείται σε ανώτερα πρωτεύοντα ή άλλα θηλαστικά με πιθανή εξαίρεση τους bonobos (Merker, 1999 / 2000). Αντίθετα με τους ανθρώπους, όπως ο Repp (2005) αναφέρει, τα ζώα δεν κινούνται αυθόρμητα σε συγχρονισμό με ρυθμικά ακουστικά ή οπτικά ερεθίσματα και φαίνεται ότι δεν έχουν τελεσφορήσει οι προσπάθειες να εκπαιδευθούν ζώα να εκδηλώνουν αυθόρμητα αισθητηριοκινητική συμπεριφορά (Patel et al., 2005). Η ικανότητα ενασχόλησης με τον αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό σε ένα ευρύ φάσμα χρόνων, ίσως λοιπόν, αποτελεί αποκλειστικά ανθρώπινο προνόμιο το οποίο θα μπορούσε να έχει διαδραματίσει ένα σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της μουσικής και ίσως και της γλώσσας (Merker, 1999 / 2000).

Η πιο μικρή ηλικία στην οποία επιτυγχάνεται πιο αξιόπιστα ο αισθητηριοκινητικός συγχρονισμός φαίνεται πως δεν έχει προσδιοριστεί επακριβώς, αλλά έχει υποδειχθεί κατά προσέγγιση η ηλικία των 3-4 χρόνων. Σε κάθε περίπτωση, η ικανότητα αισθητηριοκινητικού συγχρονισμού δείχνει ότι αναπτύσσεται βαθμιαία. Οι διακυμάνσεις στον αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό μειώνονται κατά την παιδική ηλικία και την εφηβεία και μετά παραμένουν σταθερές κατά την ενήλικη ζωή και την ώριμη ηλικία.

Η χρησιμότητα της μελέτης του φαινομένου είναι προφανής τόσο για υγιή πληθυσμό όσο και για τη διεπικύρωση συμπτωμάτων σε ασθένειες που αφορούν το λόγο και την κίνηση σε σχέση με τη χρονική οργάνωση και εκτέλεση αυτών των λειτουργιών. Μάλιστα οι επιστημονικές μελέτες έχουν προτείνει κοινά χρονικά όρια τα οποία μοιράζονται η αντίληψη του χρόνου και ο κινητικός έλεγχος. Επίσης, ανώτερες γνωστικές λειτουργίες έχουν υποδειχθεί ως παρεμβαίνουσες στην αισθητηριοκινητική συμπεριφορά οι οποίες λειτουργούν ως τροποποιητές της αντίληψης του χρόνου. Αυτές είναι η μνήμη εργασίας, η προσοχή αλλά έχει προταθεί και ο μηχανισμός της διόρθωσης περιόδου (period correction), πιο πιθανά εμπλεκόμενος στην πρόβλεψη, ως μηχανισμός που συνιστά μια υψηλότερου επιπέδου γνωσιακή διεργασία (Repp & Keller, 2004).

Στη μελέτη του αισθητηριοκινητικού συγχρονισμού με τη μέθοδο των κρούσεων δακτύλου, όπως υποστηρίζει ο Repp (2005), ο συγχρονισμός με σαφώς χρονισμένη μουσική είναι ευκολότερος από μια μονότονη ακολουθία και ας έχει το ίδιο χρονικό μοτίβο. Η γνώση της μουσικής δομής βοηθά στην πρόβλεψη σαφών χρονικών μεταβολών. Ωστόσο, ο συντονισμός με μια ακολουθία σύμφωνη με το tempo (in -phase) είναι περισσότερο αυτοματοποιημένη (Mayville et al., 2002), όπως αναφέρει ο Repp (2005).

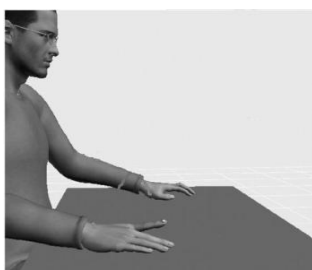
Τέλος, αναφορικά με τον αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό έχει δοθεί έμφαση στα ακουστικά ιδιαίτερα ερεθίσματα (έναντι των οπτικών ερεθισμάτων), καθώς η ακοή είναι η καταλληλότερη αίσθηση που προσιδιάζει σε έργα χρονικής ανάλυσης και επεξεργασίας (Guttman et al, 2005). Συγκεκριμένα, ο αισθητηριοκινητικός συγχρονισμός με ηχητικές ακολουθίες αποσπά έναν εσωτερικό κινητικό ρυθμό (internal movement rhythm), ενώ με οπτικές ακολουθίες δε συμβαίνει το ίδιο. Αυτό είναι συνεπές με την ακουστική κυριαρχία που παρατηρείται στις οπτικοακουστικές μελέτες του αισθητηριοκινητικού συγχρονισμού (Aschersleben & Bertelson, 2003, Repp & Penel, 2002, 2004), όπως παραθέτει ο Repp (2005). Κατά τους Molinari et al. (2003) την κίνηση συμπαρασύρουν (motor entrainment) τα ακουστικά ερεθίσματα και πρότειναν ότι, ενδεχομένως, αυτό αποδίδεται σε άμεση και απευθείας επικοινωνία μεταξύ ακουστικών – κινητικών νευρώνων - μια υπόθεση ενδιαφέρουσα που χρήζει περαιτέρω διερεύνησης (Repp, 2005).

Η έρευνα στον ακουστικό αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό (auditory SMS) μπορεί να θεωρηθεί ως ένα γνήσιο παρακλάδι της γενικότερης έρευνας σε θέματα αντίληψης και δράσης που εστιάζει στην ακουστική τροπικότητα σε αντίθεση με την

κυρίως έρευνα στα ζητήματα αντίληψης και δράσης που διενεργείται στο οπτικό πεδίο· – τυπικά, δηλαδή, εκεί “που βρίσκεται η δράση”. Το ζήτημα της χρονικής αντίληψης και του χρονισμένου κινητικού ελέγχου παραπέμπουν αντιστοίχως στο διαχωρισμό στην όραση σε ραχιαίες διεργασίες υπεύθυνες για κινητικό έλεγχο και σε κοιλιακές υπεύθυνες για τη συνειδητή αντίληψη και για τη λήψη αποφάσεων.

2. Ενδεικτική βιβλιογραφία στον αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό με το παράδειγμα του *finger-tapping*:

Πειράματα Κρούσεων Δακτύλου



Εικόνα 2

Τα πειράματα του χρονικού κινητικού ελέγχου έχουν μελετηθεί ήδη από τον 19^ο αιώνα, όπως παραθέτει ο Flach (2005) (πχ, Stevens, 1886). Όλες οι κινήσεις μας εξελίσσονται στο χρόνο και, επιπλέον, πολύ συχνά πρέπει να συντονίσουμε τις κινήσεις μας με εξωτερικά συμβάντα. Ο συντονισμός επιτυγχάνεται με το χρονισμό των κινήσεών μας έτσι ώστε αυτές να συμπίπτουν με τα εξωτερικά γεγονότα.

Η πειραματική διερεύνηση του κινητικού χρονισμού βασίζεται σε ένα απλό έργο: τις κρούσεις δακτύλου (*finger tapping*). Ζητείται από τους συμμετέχοντες στα πειράματα αυτά να πραγματοποιήσουν κρούσεις (ελαφρά χτυπήματα) όσο τακτικά μπορούν με το δείκτη συνήθως του κυρίαρχου χεριού (βλ. εικόνα 2) σε κάποια συσκευή μέτρησης, ενώ, πολύ συχνά χρησιμοποιείται το πληκτρολόγιο του υπολογιστή για την υλοποίηση των κρούσεων. Η οπτική και ηχητική (από τον ήχο της κρούσης) ανατροφοδότηση ελαχιστοποιείται συνήθως, ενώ, προφανώς, η απτική και κιναισθητική είναι παρούσες πάντα. Αυτό που μετράται και αποτελεί στόχο διερεύνησης των πειραμάτων αυτών είναι οι διακυμάνσεις των παραγόμενων διαστημάτων κρούσεων (ITIs) σε σχέση με τα ανεξάρτητα και σταθερά

προσδιορισμένα διαστήματα που παράγουν τα ηχητικά, συνήθως, περιοδικά ερεθίσματα (IOIs) με τα οποία πρέπει να συντονιστούν οι κρούσεις.

Η διάρκεια των παραγόμενων διαστημάτων κρούσεων (ITI) που απαιτείται στο έργο των αυτο – ρυθμιζόμενων κρούσεων δακτύλου (self – paced tapping task) (φάση διατήρησης του ρυθμού) υποδηλώνεται από μια ρυθμική ακολουθία (έναν εξωτερικό χρονομετρητή – ρυθμιστή, δηλαδή, το εξωτερικό περιοδικό ηχητικό ερέθισμα) η οποία δηλώνει το ρυθμό κατά την προηγούμενη φάση των συγχρονισμένων κινητικών κρούσεων (φάση συγχρονισμού). Η ηχητική αυτή ακολουθία (εξωτερικό ερέθισμα) συνίσταται συνήθως σε ηχητικούς τόνους οι οποίοι διαχωρίζονται από ένα σταθερό ενδιάμεσο των ερεθισμάτων διάστημα (ISI). Έτσι, λοιπόν, οι συμμετέχοντες αρχικά χτυπούν σε συγχρονισμό με τους ηχητικούς τόνους, και, όταν οι τόνοι σταματήσουν, συνεχίζουν να πραγματοποιούν ρυθμικές κρούσεις τηρώντας τον ίδιο ρυθμό με αυτό της προηγούμενης φάσης. Αυτή, λοιπόν, είναι η κλασική δομή των πειραμάτων κρούσεων, γνωστή ως πειραματικό παράδειγμα του συγχρονισμού – διατήρησης του ρυθμού (synchronization – continuation paradigm).

Ο συγχρονισμός βέβαια μέσα από το παράδειγμα των κρούσεων δακτύλου έχει μελετηθεί και αποκλειστικά μόνος του. Για παράδειγμα, έχει καταδειχθεί ότι μια σταθερή σχέση φάσης μεταξύ ερεθισμάτων και αποκρίσεων επιτυγχάνεται μέσα σε 3-5 κρούσεις (Fraisse, 1966), όπως αναφέρει ο Flach (2005).

Συνθήκες - παράγοντες - πεδία διερεύνησης κατά την εφαρμογή των πειραμάτων κρούσεων δακτύλου: μια γενικότερη εισαγωγή (Repp, 2005)

Τα τελευταία 50 χρόνια πλήθος ερευνητών έχει μελετήσει τις *διακυμάνσεις των διαστημάτων κρούσεων (ITIs)* που παρατηρούνται στις επιδόσεις των συμμετεχόντων στα *πειράματα κρούσεων δακτύλου* κατά τις δύο φάσεις στις οποίες διαιρούνται και έχει χρησιμοποιήσει διαφορετική μεθοδολογία και πειραματικό σχεδιασμό στη διαχείριση της ανεξάρτητων μεταβλητών που αφορούν *το είδος συγχρονισμού που απαιτείται* (σύμφωνος ή κόντρα στο ρυθμό, in-phase or anti-phase) (Semjen, 2000, Repp 2002f, 2005c, 2005d, Keller & Repp, 2005, Chen et al., 2001), *τον αριθμό των συγχρονισμένων κρούσεων σε σχέση με τον αριθμό των εξωτερικών ερεθισμάτων* (αναλογία 1:1, 2:1, κ.λπ.) (Repp, 2003b, 2005a, Chen et al., 2001), *τη μορφή (χρονική δομή) του εξωτερικού σήματος* (ισόχρονο ή ανισόχρονο) (Repp,

2005c, 2005d), το *αισθητηριακό είδος* του ερεθίσματος (ηχητικό ή οπτικό, κ.λπ.) (Repp, 2003b, Repp & Penel, 2002, 2004, Chen et al., 2002), τη *διαπλοκή ή σύγκριση διαφορετικών αισθητηριακών ερεθισμάτων* στην επεξεργασία του ρυθμού, τη *διάρκεια* του περιοδικού ερεθίσματος, το *συντελεστή των κρούσεων* (δάκτυλο, χέρι ή πόδι) (Aschersleben & Prinz, 1995, Aschersleben et al., 2002, Billon et al., 1996), τη *μορφή εκτέλεσης της κίνησης δακτύλου* (κρούση, απτική επαφή ή ανύψωση, χωρίς απτική επαφή), τη *χρήση ενός μόνο συντελεστή ή δύο* (όμοιων ή διαφορετικών) *συντελεστών* που διενεργούν *συντονισμένες ή εναλλάξ κρούσεις* (Yamanishi et al., 1980, Keller & Repp, 2004), το *σημείο της απτικής επαφής* (πληκτρολόγιο υπολογιστή ή επιφάνεια με αισθητήρα χρόνου καταγραφής της κρούσης), τη *μέτρηση της τροχιάς της κίνησης*, την *ύπαρξη διασπαστών προσοχής, μετατοπίσεων της χρονικής φάσης* του ρυθμού και *άλλων αλλαγών στη ρυθμική δομή* του ερεθίσματος (Repp, 2002f, 2003a, 2006a), τη *διάρκεια των χρονικών διαστημάτων* στα οποία δομούνται τα ρυθμικά ερεθίσματα (γρήγοροι ρυθμοί ή αργοί ρυθμοί) (Repp, 2005), η *ύπαρξη συνθηκών ανατροφοδότησης* του ρυθμικού ερεθίσματος στη φάση της διατήρησης αυτούσιου ή με παραλλαγές στο *χρόνο προβολής ή στη συχνότητά του, με ή χωρίς ενημέρωση* των συμμετεχόντων για την προβολή του (Flach, 2005), τη *χρήση δεξιού – αριστερού χεριού* (δείκτη) για τον *έλεγχο της επίδρασης ή όχι της συνθήκης της δεξιοχειρίας – αριστεροχειρίας στην παραγωγή κινητικών ρυθμών* (McManus et al., 1986, Misra et al., 2008). Τέλος, *μόνη η φάση συγχρονισμού* (Repp, 2000, 2001, 2008, Thaut, 1998, Takano & Miyake, 2007) όσο κυρίως και οι ίδιες οι *δύο φάσεις συγχρονισμού – διατήρησης* έχουν αποτελέσει συνθήκες συγκριτικής διερεύνησης των επιδόσεων στο *χρονισμένο κινητικό έλεγχο κατά την παραγωγή ρυθμού* τόσο σε *υγιή άτομα* (Semjen et al., 2000, Flach, 2005, Serrien, 2008), σε *νεαρά ή ηλικιωμένα* (Drewing et al., 2006), σε *ανθρώπους χωρίς ή με μουσική παιδεία* (Aschersleben, 2002, Repp, 2004b) όσο και σε *ειδικές πληθυσμιακές ομάδες*, όπως σε ασθενείς με *εγκεφαλικές βλάβες* (Pouthas & Perbal, 2004, Rubia et al., 1997), με *κινητικά προβλήματα ή προβλήματα ιδιοϋποδεκτικότητας* (Jobbagy et al., 2005, Aschersleben, Billon et al., 1996, Pouthas & Perbal, 2004), με *προβλήματα μνήμης* (Pouthas & Perbal, 2004, Damasio, 2002), με *ψυχικές διαταραχές* (Davalos et al., 2003), *διαταραχές στην παραγωγή λόγου* (Szelag et al., 2004), *εξαρτημένα άτομα* (Mathew et al., 1998), άτομα με *μαθησιακές δυσκολίες ή διαταραχές λόγου ή προσοχής* (Tiffin-Richards Margaret C. et al., 2004) ή με *κλινικά σύνδρομα* (Szelag et al., 2004), πχ. αυτισμό.

Φάση Συγχρονισμού – Φάση Διατήρησης στα πειράματα κρούσεων:

Χρονική ακρίβεια

Στα πειράματα κρούσεων ενδιαφέρει η χρονική ακρίβεια στην εκτέλεση της κίνησης με βάση ένα εξωτερικό ρυθμικό γεγονός και οι συγκρίσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν στα λάθη και στις διακυμάνσεις που παρατηρούνται μεταξύ των φάσεων συγχρονισμού και διατήρησης.

Η μελέτη της αισθητηριοκινητικής συμπεριφοράς και ικανότητας σε υγιείς και ασθενείς έχει μεγάλη σημασία και εμπλέκεται σε ζητήματα κινητικού ελέγχου και ταχύτητας, γνωσιακών λειτουργιών όπως η μνήμη και η προσοχή, αλλά και σε πολλές άλλες λειτουργίες που υπάρχουν στα ζητήματα κίνησης, αντίληψης χρόνου ακόμη και στην ικανότητα παραγωγής λόγου. Είναι λοιπόν προφανής η αξία του παραδείγματος των κρούσεων δακτύλου ως παράλληλου διαγνωστικού εργαλείου σε περιπτώσεις ασθενών με εγκεφαλικές βλάβες σε περιοχές που συνδέονται με κάποια από τις παραπάνω λειτουργίες και είναι μεγάλη η χρησιμότητά του στην ανίχνευση τόσο κινητικών δυσκολιών όσο και στη διερεύνηση μαθησιακών δυσκολιών, δυσχερειών λόγου, ταχύτητας ανάγνωσης και δυσλεξίας.

Ο *χρονισμένος κινητικός έλεγχος* (temporal motor control) μελετάται από τα τέλη του 19^{ου} αιώνα, όπως αναφέρει ο Flach (2005). Αξίζει να σημειωθεί ότι μιλώντας για προσεγγίσεις της γνωσιακής ψυχολογίας στην ανθρώπινη κινητική συμπεριφορά πρέπει να γίνεται ένας διαχωρισμός ανάμεσα σε έργα που εμπλέκουν τους *χρονικούς περιορισμούς που είναι εσωτερικευμένοι σε έναν άνθρωπο* (internal timing constraints) και σε έργα που εμπλέκουν *κάποια μορφή συνεργατικού χρονισμού* (cooperative timing). Για παράδειγμα, το ατομικό περπάτημα ή το τρέξιμο και η solo εκτέλεση ενός μουσικού κομματιού είναι αντιπροσωπευτικά της πρώτης κατηγορίας έργων, ενώ το ομαδικό περπάτημα ή το τρέξιμο και αντιστοίχως το παίξιμο σε μουσική ορχήστρα ή ακόμη και το κινητικό έργο στο παράδειγμα των κρούσεων δακτύλου σε συγχρονισμό με ένα εξωτερικό περιοδικό ερέθισμα είναι ενδεικτικά της δεύτερης κατηγορίας (Semjen et al., 2000). Επίσης, αναφέρεται και ένας πρόσθετος διαχωρισμός των χρονικών περιορισμών στα αντίστοιχα κινητικά έργα που διακρίνονται σε *εξωτερικούς* (π.χ. παίξιμο μουσικού οργάνου) και *εσωτερικούς* (π.χ. περπάτημα) (Serrien, 2008).

Ιστορικά η απαρχή της πρότασης του *πειραματικού παραδείγματος* και της *μοντελοποίησης των δύο δομικών φάσεων των πειραμάτων κρούσεων δακτύλου* - φάση *συγχρονισμού* (synchronization) – φάση *διατήρησης* (continuation) - τοποθετείται το 1973 με εισηγητές του μοντέλου περιγραφής των υποκείμενων λειτουργιών τους Wing και Kristofferson (1973).

Το παράδειγμα, επομένως, του συγχρονισμού – διατήρησης στα πειράματα κρούσεων για τη μελέτη της χρονισμένης κινητικής συμπεριφοράς εμπεριέχει δύο φάσεις. Αρχικά, απαιτείται οι συμμετέχοντες να εκτελέσουν κινητικές κρούσεις δακτύλου σε συγχρονισμό με ένα εξωτερικό περιοδικό ερέθισμα (1^η φάση, συγχρονισμός). Στη συνέχεια, τη φάση συγχρονισμού διαδέχεται η φάση διατήρησης του εδραιωμένου ρυθμού, ενώ το εξωτερικό ρυθμικό ερέθισμα στη φάση αυτή παύει (2^η φάση, διατήρηση). Υποστηρίζεται ότι κατά τη φάση της διατήρησης ο χρονισμός βασίζεται στην αναπαράσταση του χρονικού διαστήματος – στόχου (target interval) η οποία αναπτύσσεται κατά τη φάση του συγχρονισμού και ολοκληρώνεται (ενοποιείται) μέσα στην αναπαράσταση της κινητικής πράξης – τελικού στόχου (action goal) (Ivry & Richardson, 2002), όπως αναφέρει ο Serrien, (2008).

Οι μετέπειτα συνεχιστές των Wing και Kristofferson (1973) υπήρξαν οι Vorberg και Wing (1994, 1996) (Semjen et al., 2000, Flach, 2005, Serrien, 2008). Οι Vorberg και Wing (1994) προέκτειναν ουσιαστικά το μοντέλο των προκατόχων τους προτείνοντας συγχρονισμό με *περιοδικά εξωτερικά γεγονότα*. Οι Wing και Kristofferson (1973) υποστήριζαν ότι η *χρονική ακρίβεια* στις αυτορυθμιζόμενες κρούσεις (κρούσεις χωρίς εξωτερικό ρυθμικό ερέθισμα, self-paced tapping) *περιορίζεται* λόγω των *διακυμάνσεων ενός κεντρικού χρονομετρητή* (central timekeeper) και του *περιφερικού κινητικού συστήματος* (peripheral motor system). Έτσι, ο χρονισμός περιοδικών κινητικών δραστηριοτήτων μοντελοποιείται με τη χρήση του κεντρικού εσωτερικού χρονομετρητή που παρέχει στο κινητικό σύστημα πληροφορίες χρονικές οι οποίες συμπληρώνουν το νευρικό-μυϊκό σύστημα για την εκτέλεση προτιθέμενων πράξεων.

Οι Vorberg και Wing (1994) υποστηρίζουν -εκτός από τις υποκείμενες λειτουργίες του κεντρικού χρονομετρητή και των κινητικών συνιστωσών- την υπόθεση ενός μηχανισμού γραμμικής διόρθωσης φάσης (linear phase correction mechanism) ο οποίος κινητοποιείται από το τελευταίο ή τα δύο τελευταία λάθη συγχρονισμού (synchronization errors), όπως αναφέρουν οι Semjen et al. (2000).

Προσπάθειες να μοντελοποιηθούν οι λειτουργίες των υποκειμένων χρονικών μηχανισμών και των λειτουργιών που τις διέπουν στις φάσεις συγχρονισμού και διατήρησης στα πειράματα κρούσεων έχουν γίνει από πολλούς ερευνητές που έχουν μελετήσει τη χρονισμένη κινητική συμπεριφορά μέσω αυτών των πειραμάτων.

Έτσι, οι Semjen et al. (2000) υποστήριξαν την ύπαρξη ενός μοντέλου χρονικού πλαισίου δύο επιπέδων (two-level timing model) για τις φάσεις συγχρονισμού και διατήρησης. Έως την υποστήριξη της θέσης τους οι Mates, (1994a,b), Vorberg και Wing, (1994, 1996), Pressing, (1998), όπως αναφέρουν οι Semjen et al. (2000) στις θεωρητικές τους εργασίες για το συγχρονισμό παραγνώριζαν το μοντέλο αυτό χρονικού πλαισίου δύο επιπέδων. Από την άλλη δεν υπήρχε κάποιος a priori λόγος σύμφωνα με τον οποίο θα έπρεπε οι αυτορυθμιζόμενες κρούσεις (φάση διατήρησης) να εμπλέκουν χρονικούς μηχανισμούς διαφορετικούς από αυτούς του συγχρονισμού. Οι Semjen et al. (2000), παρόλα αυτά, επιμένουν σε έναν πιο λεπτό διαχωρισμό των λειτουργιών που υπόκεινται των δύο φάσεων υποστηρίζοντας ότι ο συγχρονισμός διαφέρει από τις αυτορυθμιζόμενες κρούσεις της διατήρησης κυρίως στη συνεισφορά των διορθωτικών μηχανισμών οι οποίοι κρατούν τις κινητικές αποκρίσεις των υποκειμένων “κλειδωμένες” στα εξωτερικά περιοδικά ερεθίσματα εξισορροπώντας τις διακυμάνσεις του εσωτερικού χρονομετρητή.

Οι μελετητές ελέγχουν πειραματικά την εγκυρότητα του μοντέλου αντιπαραβάλλοντας τις επιδόσεις των υποκειμένων σε ένα εύρος χρόνων (200-640 ms) στη φάση διατήρησης με αυτές της φάσης συγχρονισμού. Οι διακυμάνσεις του χρονομετρητή, των κινητικών καθυστερήσεων και των παραμέτρων διόρθωσης λαθών εκτιμήθηκαν από τις λειτουργίες των διακυμάνσεων των υποκειμένων στα ενδιάμεσα διαστήματα των κρούσεων (ITI ή IRI) που παρήγαγαν στη φάση διατήρησης και από τις ασυγχρονίες που πραγματοποίησαν στη φάση συγχρονισμού. Οι πιθανές εκτιμήσεις μπορούν να προκύψουν από όλες αυτές τις παραμέτρους αν υποτεθεί ίση διακύμανση του κινητικού παράγοντα και στις δύο φάσεις.

Οι Semjen et al. (2000) κατέληξαν ότι η διακύμανση του χρονομετρητή αυξανόταν μαζί με την αύξηση της περιόδου του εξωτερικού ρυθμικού ερεθίσματος αλλά πολύ πιο έντονα κατά τη διατήρηση από ό,τι κατά το συγχρονισμό υποδεικνύοντας ότι οι διεργασίες του εσωτερικού χρονομετρητή σταθεροποιούνται από τα εξωτερικά περιοδικά ερεθίσματα κατά τη φάση του συγχρονισμού.

Στη φάση της διατήρησης, δηλαδή, οι διακυμάνσεις του χρονομετρητή παρουσίαζαν μια αύξηση (βλ παλαιότερα Wing, 1980) με τη συνακόλουθη αύξηση

της διάρκειας του διαστήματος του ερεθίσματος υποστηρίζοντας τη γενική ιδέα ότι η χρονική ακρίβεια κατά τη φάση της παραγωγής χειροτερεύει όσο αυξάνεται το χρονικό διάστημα του εξωτερικού ρυθμικού σήματος. Και στη φάση συγχρονισμού οι διακυμάνσεις του χρονομετρητή έδειξαν την ίδια γενική τάση (Semjen et al., 2000).

Ένα ανοιχτό ερώτημα παραμένει σχετικά με το αν η μεγαλύτερη διακύμανση του χρονομετρητή στη φάση της διατήρησης συγκριτικά με αυτή στη φάση του συγχρονισμού αποτελεί ένα τεχνούργημα της παραμέτρου των αλλαγών μεταξύ των δύο φάσεων ή υποδηλώνει μια πραγματική αύξηση στη σταθερότητα του χρονομετρητή λόγω της ύπαρξης του εξωτερικού ερεθίσματος. Ωστόσο, το πρώτο σκέλος του ερωτήματος δε φαίνεται να επιβεβαιώνεται πειραματικά και, επομένως, οι χαμηλότερες διακυμάνσεις στη φάση του συγχρονισμού υποδεικνύουν βελτιωμένη χρονική ακρίβεια όταν υπάρχει εξωτερική χρονική πληροφορία. Μία ερμηνεία πιθανή για το εύρημα αυτό είναι ότι η χρονική διάρκεια του διαστήματος – στόχου (target duration) μπορεί να κωδικοποιηθεί επανειλημμένως, όταν το εξωτερικό ρυθμικό ερέθισμα είναι παρόν επιτρέποντας πιο εύστοχη αναπαράσταση ή πιο ακριβή αναπαραγωγή αυτής της χρονικής διάρκειας. Αυτή η υπόθεση υποστηρίζεται και από εμπειρικά αποτελέσματα που καταδεικνύουν ότι η πολλαπλή παρουσίαση του καθιερωμένου ρυθμικού προτύπου οδηγεί σε λιγότερο μεταβλητή αντίληψη και παραγωγή χρονικών διαστημάτων (Ivry & Hazeltine, 1995), όπως οι Semjen et al., (2000) αναφέρουν.

Ο Serrien (2008) επισημαίνει ότι σε συμπεριφορικό επίπεδο διατηρείται ο μέσος χρόνος στις δύο φάσεις συγχρονισμού και διατήρησης, αλλά οι διακυμάνσεις των κινητικών κρούσεων αυξάνονται κατά τη φάση της διατήρησης συγκριτικά με αυτές της φάσης του συγχρονισμού (βλ. επίσης Wing, 2002). Επιπλέον, σε επίπεδο νευρωνικής δραστηριότητας τα μοτίβα ενεργοποίησης που παρατηρούνται κατά τις δύο φάσεις περιλαμβάνουν αλληλεπικαλυπτόμενα νευρωνικά δίκτυα, αν και εμφανίζουν μεγαλύτερη επεξεργασία στη συνθήκη των μη συγχρονισμένων κρούσεων (unpaced condition) συγκριτικά με αυτή των συγχρονισμένων κρούσεων (paced condition) (Rao et al., 1997), όπως ο Serrien (2008) παραθέτει. Αυτό υποδηλώνει ότι οι εσωτερικά συγκριτικά με τις εξωτερικά ρυθμιζόμενες κινητικές εκτελέσεις έχουν υψηλότερες απαιτήσεις ελέγχου και μάλιστα σε ειδικευμένες περιοχές του κινητικού συστήματος.

Επιπλέον, οι κρούσεις δακτύλων και των δύο χεριών μαζί συγκριτικά με αυτές του ενός χεριού μόνο (bimanual vs. unimanual tapping) είναι περισσότερο συνεπείς γεγονός που επιβεβαιώνει και παλαιότερα ερευνητικά ευρήματα ότι οι χρονικές αναπαραστάσεις που απορρέουν από τις κινητικές εκτελέσεις και των δύο χεριών αλληλεπιδρούν (Helmuth & Ivry, 1996), όπως αναφέρει ο Serrien (2008).

Φάση Συγχρονισμού – Φάση Διατήρησης στα πειράματα κρούσεων:

Μετάβαση

Οι ερευνητές της *αντίληψης και παραγωγής ρυθμού* εστιάζουν τις μελέτες τους στις χρονικές μεταβολές που παρατηρούνται στον κινητικό χρονισμό στις επιδόσεις των συμμετεχόντων στα πειράματα κρούσεων κατά τη μετάβαση από τη φάση συγχρονισμού στη φάση διατήρησης. Ερευνάται, επίσης και η σημασία που μπορεί να έχει και ο *ρόλος της γνώσης της μετάβασης αυτής από τους συμμετέχοντες* (Flach, 2005). Έτσι έχουν διενεργηθεί πειράματα προκειμένου να εξακριβώσουν τις αλλαγές στις επιδόσεις στους χρόνους των κρούσεων κατά τη μετάβαση από τη φάση συγχρονισμού στη φάση διατήρησης στην οποία χρησιμοποιούνται διαφορετικές συνθήκες *χειρισμού της μεταβλητής της ανατροφοδότησης του εξωτερικού ερεθίσματος*.

Στη φάση διατήρησης, δηλαδή, με τη συνθήκη της ανατροφοδότησης οι αρχικοί ανεξάρτητοι ρυθμικοί τόνοι της φάσης συγχρονισμού μπορούν να αντικατασταθούν με *όμοιους ηχητικά τόνους* εξαρτημένους όμως από την *απτική ανατροφοδότηση* των συμμετεχόντων δίνοντας την ευκαιρία για τη διεξαγωγή πειραμάτων με το παράδειγμα του “*ψευδο - συγχρονισμού*”. Οι συμμετέχοντες (i.) μπορεί να μην είναι *ενήμεροι* για το χρονικό σημείο της μετάβασης συγχρονισμού - διατήρησης, (ii.) μπορεί να είναι *ενήμεροι* για το ακριβές σημείο της μετάβασης και οι ανατροφοδοτούμενοι ηχητικοί τόνοι μπορεί να διαφέρουν στην ηχητική συχνότητα και (iii.) μπορεί να *διαχωριστεί το πραγματικό από το προσδοκώμενο χρονικό σημείο της μετάβασης*. Επιπλέον, είναι δυνατός και ο *χειρισμός χρονικών παραμέτρων της ανατροφοδότησης* στον τρόπο προβολής της (κανονική ή καθυστερημένη ανατροφοδότηση).

Όλες οι παραπάνω συνθήκες – *τροποποιήσεις της ανατροφοδότησης* στο παράδειγμα του “*ψευδο - συγχρονισμού*” κατά τη φάση διατήρησης δίνουν τη

δυνατότητα μελέτης των διακυμάνσεων ή των ασυγχρονιών που παρατηρούνται στους χρόνους των επιδόσεων, αλλά κυρίως των διορθωτικών μηχανισμών που αναπτύσσονται. Δεν υπάρχει απόλυτη ομοφωνία στη βιβλιογραφία για το αν αυτοί οι διορθωτικοί μηχανισμοί υποδηλώνουν ίδιες στρατηγικές οι οποίες διατηρούνται από τη φάση συγχρονισμού και στη φάση διατήρησης (Flach, 2005) ή αν είναι διαφορετικές.

Ο Flach, (2005) διενήργησε τρία πειράματα υιοθετώντας τις παραπάνω συνθήκες για να μελετήσει τις αλλαγές που προκύπτουν κατά τη μετάβαση μεταξύ των δύο φάσεων στην προσπάθεια να ρίξει φως στο *μοντέλο συγχρονισμού – διατήρησης των Vorberg και Wing (1996)*.

Στην πρώτη περίπτωση (i.) οι συμμετέχοντες που δεν ήταν ενήμεροι για τη μετάβαση παρουσίασαν αξιοσημείωτες επιταχύνσεις στις αποκρίσεις τους πριν να σταθεροποιηθούν τελικώς σε ένα ρυθμό. Ενδιαφέρουσα είναι η εξήγηση που είχαν δώσει πολλά χρόνια νωρίτερα για το φαινόμενο αυτό οι Fraisse και Voillaume (1971), όπως παραθέτει ο Flach (2005), οι οποίοι απέδωσαν την ανακτηθείσα σταθερότητα στο ρυθμό μετά τις αρχικά επιταχυμένες κρούσεις στην παρατήρηση των συμμετεχόντων ότι πια τους ηχητικούς τόνους τους παρήγαν οι ίδιοι και ότι, επομένως, δεν προσπαθούσαν πια να συγχρονίσουν τις κρούσεις τους με αυτούς. Στη δεύτερη περίπτωση (ii.) οι συμμετέχοντες που ήταν ενήμεροι για τη μετάβαση δεν εκδήλωσαν την ίδια επιτάχυνση στις κινητικές τους αποκρίσεις, παρόλο που η αρχική αλλαγή στο διάστημα κρούσεων (IRI) συνέβη και στη δική τους περίπτωση. Και στην τρίτη περίπτωση (iii.) τα αποτελέσματα ήταν παρόμοια.

Επιπλέον, η *καθυστερημένη ανατροφοδότηση του ηχητικού τόνου* βρέθηκε ότι επηρεάζει το ρυθμό και την ταχύτητα των κρούσεων στη *φάση διατήρησης* σε αντίθεση με ένα *μεμονωμένο καθυστερημένο ανατροφοδοτούμενο ηχητικό τόνο* κατά τη *μετάβαση από τη φάση συγχρονισμού στη φάση διατήρησης* που δεν είχε καμιά διαρκή επίδραση.

Σε ένα άλλο πείραμα (Vos et al., 1992), όπως ο Flach (2005) αναφέρει, ο ερευνητής εισήγαγε *καθυστερημένη ανατροφοδότηση* τη στιγμή της κρούσης κατά τον “ψευδο-συγχρονισμό” που οδήγησε σε επιβράδυνση των αποκρίσεων. Οι αποκρίσεις (κρούσεις), λοιπόν, κατά τον “ψευδο-συγχρονισμό” εξαρτώνται από την “ψευδο-ασυγχρονία”, δηλαδή, από το διάστημα του ανατροφοδοτούμενου ηχητικού τόνου κατά την κρούση (response feedback interval) και δεν αντανακλούν απλώς και μόνο

“ανάπαυση” σε έναν προτιμώμενο ρυθμό (Fraisse, 1982, Collyer, Broadbent & Church, 1994), όπως αναφέρει ο Flach (2005).

Ο Flach (2005) κατέληξε ότι αν και υπήρξε μια αξιοσημείωτη αλλαγή στο παραγόμενο διάστημα κρούσεων (IRI) κατά τη *μετάβαση από το συγχρονισμό στον “ψευδο-συγχρονισμό”* της φάσης της διατήρησης, ωστόσο η επίδρασή του ήταν πολύ μικρότερη από αυτή που είχε αναφερθεί από παλαιότερους ερευνητές (Fraisse & Voillaume, 1971) και συνέβη ακαριαία και όχι σε προοδευτική μορφή. Το μέσο διάστημα κρούσεων (IRI) της φάσης διατήρησης εμπίπτει στο εύρος αυτό των διαστημάτων τα οποία οι συμμετέχοντες δεν μπορούν να διακρίνουν από το ορισμένο ως βάση αναφοράς διάστημα (baseline interval) (Drake & Botte, 1993, McAuley & Kidd, 1998), όπως ο Flach (2005) παραθέτει. Αυτό υποδεικνύει κατά τον συγγραφέα ότι οι συμμετέχοντες έπαψαν να επιταχύνουν τις κρούσεις τους από τη στιγμή που παρατήρησαν αλλαγή στο ρυθμό. Η χρήση επίσης ανισόχρονων διαστημάτων (εκτός από τα ισόχρονα διαστήματα) στο εξωτερικό ηχητικό ερέθισμα (ISI) αύξησε τις γενικές διακυμάνσεις των διαστημάτων κρούσεων (IRI) στη φάση συγχρονισμού, αλλά δεν επηρέασε το μέσο διάστημα κρούσεων (IRI) της φάσης διατήρησης. Αυτό υποδηλώνει ότι οι αλλαγές ανάμεσα στους ηχητικούς τόνους στα ανισόχρονα διαστήματα είτε δε χρησιμοποιούνταν από τους συμμετέχοντες για να εντοπίσουν τη μετάβαση μεταξύ συγχρονισμού και διατήρησης ή ότι ο εντοπισμός της μετάβασης δεν είχε επίδραση στις παρατηρούμενες αλλαγές στα διαστήματα κρούσεων (IRI). Οι συμμετέχοντες, δηλαδή, μπορεί να βασίστηκαν στην αλλαγή του μέσου διαστήματος κρούσεων (IRI), στην αλλαγή της μέσης ασυγχρονίας και (ή) στην αλλαγή στις διακυμάνσεις των ασυγχρονιών για να αποτελέσουν αυτά υπαινικτικά στοιχεία για τον εντοπισμό της μετάβασης (Hirsh & Sherrick, 1961, Koch, 1999), όπως ο Flach (2005) αναφέρει.

Η γνώση των συμμετεχόντων εκ των προτέρων για το σημείο της μετάβασης μεταξύ συγχρονισμού – “ψευδο-συγχρονισμού” αποδείχτηκε ότι δεν είχε κάποια σημαντική επίδραση. Υπήρχαν κάποια σημάδια, εντούτοις προσπάθειας διερεύνησης από την πλευρά των συμμετεχόντων του αν είχαν ή όχι έλεγχο των ηχητικών τόνων. Πρέπει να υπογραμμιστεί εδώ ότι σε ένα έργο κρούσεων συγχρονισμού ικανοποιούνται τουλάχιστον δύο από τις τρεις προϋποθέσεις για την αίσθηση του “δρώντος προσώπου” (feeling of agency), η γειννίαση (contiguity), τα ενδεχόμενα λόγω γειννίασης (contingency) και η απουσία άλλων υπαινικτικών στοιχείων (absence of other cues), (Wegner & Wheatley, 1999) κατά τον Flach (2005). Στην

περίπτωση αυτή οι συμμετέχοντες αυθόρμητα αναφέρουν μετά την εξάσκηση στη *φάση συγχρονισμού* ότι έχουν την αίσθηση ότι έχουν οι ίδιοι παράγει τους ηχητικούς τόνους. Αν, επομένως, η αίσθηση του “δρώντος προσώπου” επικρατεί ήδη στη φάση συγχρονισμού, τότε η αντικατάσταση των ανεξάρτητων ηχητικών τόνων με τους εξαρτημένους της ανατροφοδότησης μπορεί όντως να μη γίνεται αντιληπτή ως μια δραστική αλλαγή.

Άρα, στην περίπτωση αυτή, *η επιτάχυνση των κρούσεων μπορεί να συμβεί ακόμη και όταν οι συμμετέχοντες γνωρίζουν ακριβώς πότε πρόκειται να συμβεί η μετάβαση*. Επίσης, τα αποτελέσματα πειράματος με βάση την παραπάνω προϋπόθεση έδειξαν ότι η μετάβαση από το συγχρονισμό στον “ψευδο-συγχρονισμό” προκαλεί μια άμεση αλλαγή στο διάστημα κρούσεων (IRI). Εφ’ όσον οι συμμετέχοντες γνώριζαν το ακριβές σημείο της μετάβασης, η συντόμευση των διαστημάτων στις κρούσεις τους δε μπορεί πια να αποδοθεί στην προσπάθεια να συγχρονιστούν με τους ηχητικούς τόνους που προέρχονται από την ανατροφοδότηση. Επομένως, υπάρχει διαφωνία ανάμεσα στο εύρημα αυτό και σε παλαιότερο των Fraisse και Voillaume (1971), όπως ο Flach (2005) αναφέρει, ότι, δηλαδή, η επιτάχυνση των κρούσεων συμβαίνει μόνο όταν οι συμμετέχοντες δε θεωρούν τους ηχητικούς τόνους ως παραγόμενους από αυτούς του ίδιους.

Μπορεί, επομένως, πράγματι η ύπαρξη ή η απουσία ενημέρωσης των συμμετεχόντων για τον έλεγχο των ηχητικών τόνων που οι ίδιοι προκαλούν μέσα από την απτική ανατροφοδότηση να μην έχει καμιά επίδραση; Η πειραματική μέθοδος διερεύνησης αυτού του ερωτήματος απαιτεί την *αποσύνδεση του πραγματικού χρόνου προβολής της μετάβασης από τον προσδοκώμενο χρόνο*. Όπως έδειξαν τα αποτελέσματα, η αλλαγή στα παραγόμενα διαστήματα των κρούσεων κατά τη μετάβαση από το συγχρονισμό στη διατήρηση ήταν *ανεξάρτητη από το εάν οι συμμετέχοντες θεωρούσαν ότι οι τόνοι ήταν προϊόν του δικού τους κινητικού ελέγχου*.

Σημαντικό ρόλο διαδραμάτισε και η *αλλαγή στη συχνότητα του ηχητικού τόνου κατά τη φάση της διατήρησης συγκριτικά με τη φάση συγχρονισμού*. Κατά αυτή την αλλαγή συχνότητας του ηχητικού τόνου παρατηρήθηκε μείωση στο διάστημα κρούσεων την οποία διαδέχτηκε μια αξιοσημείωτη αύξηση. Παρόλο που δεν μπορεί να αποκλειστεί το γεγονός οι αλλαγές αυτές να μην οφείλονται στη μετάβαση μεταξύ των δύο αυτών φάσεων, αλλά στην αλλαγή καθεαυτή της συχνότητας, η πιο εύλογη εξήγηση που μπορεί να δοθεί είναι ότι η αλλαγή που παρατηρήθηκε στο διάστημα κρούσεων επηρεάστηκε από την *προσδοκία των συμμετεχόντων για τη μετάβαση*.

Όπως και να έχει, αυτές οι αλλαγές στη συχνότητα δεν εμπόδισαν την επίδραση της μετάβασης να εκδηλωθεί. Αυτά τα αποτελέσματα, όπως αναφέρει ο Flach (2005), συμφωνούν με τα αποτελέσματα προηγούμενων πειραμάτων κατά το ότι *οι μέσες ασυγχρονίες στη φάση συγχρονισμού προέβλεπαν τα μέσα διαστήματα κρούσεων (mean IRIs) της φάσης διατήρησης.*

Γενικά η πειραματική δουλειά του Flach (2005) διαφέρει από αυτή των Fraisse και Voillaume (1971) σχετικά με τις παρατηρήσεις τους στη διάρκεια των παραγόμενων διαστημάτων κρούσεων κατά τη *μετάβαση από τη φάση του συγχρονισμού στη φάση της διατήρησης* (“ψευδο - συγχρονισμός”). Σε αντίθεση με τους παραπάνω ερευνητές που δήλωναν ότι αν οι συμμετέχοντες δεν είναι ενήμεροι για το χρονικό σημείο της μετάβασης, τότε οι αποκρίσεις τους επιταχύνονται συνεχώς, ο Flach (2005) παρατήρησε το φαινόμενο αυτό και *στην περίπτωση που οι συμμετέχοντες ήταν ενήμεροι για το σημείο μετάβασης* μόνο που σε κάθε περίπτωση οι επιταχύνσεις των κρούσεων που σημειώθηκαν ήταν πολύ μικρότερες από τις αλλαγές των διαστημάτων κρούσεων στην αρχική μελέτη. Τα πειράματα του Flach (2005) έδειξαν μια μικρή, απότομη και διαρκή αλλαγή στο διάστημα κρούσεων (IRI) *κατά τη μετάβαση*, όπως επίσης και ότι οι αλλαγές αυτές δεν εξαρτώνται από την ενημέρωση των συμμετεχόντων ή τις προσδοκίες τους για τη μετάβαση. Η εξήγηση που είχαν δώσει παλιότερα οι Fraisse και Voillaume (1971), ότι οι συμμετέχοντες εγκατέλειπαν τη στρατηγική συγχρονισμού, μόλις εντόπιζαν το σημείο της μετάβασης, δεν είναι και πολύ αληθοφανής, (Flach, 2005).

Ο συγγραφέας (2005) υποστηρίζει την υπόθεση ότι η αρνητική ασυγχρονία στην αρχική φάση συγχρονισμού συνοδεύεται από μια συστηματική “μείωση” της διάρκειας του διαστήματος του εξωτερικού ρυθμικού ερεθίσματος (ISI) από τον εσωτερικό χρονομετρητή διαστημάτων (internal timekeeper interval) και ότι η “μείωση” αυτή παραμένει και στη φάση διατήρησης. Η υπόθεση αυτή ότι το μέσο διάστημα του εσωτερικού χρονομετρητή διαστημάτων διαφέρει από το διάστημα ερεθισμάτων κατά τη φάση του συγχρονισμού δεν είναι καινούργια ιστορία στη βιβλιογραφία των κρούσεων δακτύλου με το πειραματικό παράδειγμα του συγχρονισμού-διατήρησης.

Όπως ο Flach (2005) αναφέρει, οι Hary και Moore (1987) θεώρησαν την ύπαρξη μιας σταθερής στρατηγικής στις κρούσεις δακτύλου κατά το συγχρονισμό σύμφωνα με την οποία οι ενάρξεις των ερεθισμάτων (stimulus onsets) μπορούν να επαναπροσδιορίσουν τον εσωτερικό χρονομετρητή. Έτσι, λοιπόν, εκδηλώνεται και

ερμηνεύεται το φαινόμενο της αρνητικής ασυγχρονίας που παρατηρείται μεταξύ των χρονικών διαστημάτων των ερεθισμάτων και των κινητικών αποκρίσεων. Ο επαναπροσδιορισμός, λοιπόν, των διαστημάτων του εσωτερικού χρονομετρητή με βάση τα χρονικά διαστήματα των ερεθισμάτων (stimulus-based resetting) αναγκαία απολήγει σε διαστήματα βραχύτερα από το σταθερό διάστημα ερεθισμάτων (ISI).

Σχέση αρνητικής ασυγχρονίας – επανορθωτικών μηχανισμών στο συγχρονισμό στα έργα κρούσεων δακτύλου

Παρόμοια δουλειά με αυτή του Flach (2005) με προσπάθεια ελέγχου της αρνητικής ασυγχρονίας (λάθος συγχρονισμού) έχουν διενεργήσει οι Takano και Miyake (2007), αλλά και παλιότερα, (Takano & Miyake, 2003, 2004). Οι συγγραφείς αυτοί (2007) έχουν εστιάσει στη *μελέτη των διορθωτικών μηχανισμών που επιδρούν στο χρονικό έλεγχο στα έργα κρούσεων δακτύλου κατά το συγχρονισμό*.

Οι Takano και Miyake (2007) υποστηρίζουν ότι η *αρνητική ασυγχρονία* έχει παρατηρηθεί κατά τα έργα κρούσεων δακτύλου στη φάση συγχρονισμού και θεωρείται ότι εμπλέκεται στο *διορθωτικό μηχανισμό φάσης*. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό και ευρέως μελετημένο στη βιβλιογραφία και αφορά, όπως έχει ήδη περιγραφεί, τα προδρομικά (προληπτικά) χτυπήματα κατά λίγες δεκάδες χιλιοστών του δευτερολέπτου έναντι της έναρξης των εξωτερικών ερεθισμάτων στις κρούσεις συμμετεχόντων, (Aschersleben, 2002, Mates et al., 1994), όπως οι Takano και Miyake (2007) αναφέρουν.

Οι ερευνητές (2007) κατέληξαν σε παρατηρήσεις που ήταν γνωστές και από προηγούμενες μελέτες, ότι, δηλαδή, το διάστημα κρούσεων (ITI) μειώνεται όταν το λάθος συγχρονισμού (SE) αυξάνει και το διάστημα κρούσεων (ITI) επίσης αυξάνει όταν το λάθος συγχρονισμού (SE) μειώνεται. Υποστηρίζουν ότι το διάστημα κρούσεων (ITI) προσαρμόζεται, ώστε να ανακτήσει ένα σταθερό λάθος συγχρονισμού (SE), όταν συμπαρασύρεται υποδεικνύοντας έναν *μηχανισμό αρνητικής ανατροφοδότησης του λάθους συγχρονισμού* (negative feedback SE mechanism) ο οποίος χρησιμοποιείται για να διατηρείται ο εσωτερικός συγχρονισμός της κρούσης με το ακουστικό ρυθμικό ερέθισμα.

Σε συμφωνία και με προηγούμενες μελέτες (Mates, 1994, Repp, 2001), όπως οι Takano και Miyake (2007) αναφέρουν, η διόρθωση φάσης έχει υποτεθεί ότι αποτελεί

μια αρνητική ανατροφοδότηση για την εσωτερική διαφορά φάσης και αυτό ακριβώς και οι συγγραφείς (2007) υποστηρίζουν για αυτό το μηχανισμό διόρθωσης. Όπως και στο μοντέλο του Mates (1994), παραθέτουν οι Takano και Miyake (2007), ο μηχανισμός ελέγχου στις κρούσεις δακτύλου στο συγχρονισμό θεωρείται ότι συγχρονίζει το χρόνο του ακουστικού ερεθίσματος και την σωματισθητική ανατροφοδότηση από την κινητική κρούση. Οι συγγραφείς (2007) υποστηρίζουν, όμως, και την ύπαρξη ενός μηχανισμού πρόληψης (anticipation mechanism). Ο χρόνος πριν και μετά τον εσωτερικό συγχρονισμό μπορεί να ερμηνεύεται σαν να έχει ένα διαφορετικό νόημα που βασίζεται στο μηχανισμό της πρόληψης.

Έτσι, λοιπόν, οι Takano και Miyake (2007) υποστηρίζουν ότι ο εσωτερικός μηχανισμός διόρθωσης φάσης μπορεί να διαιρεθεί σε *δύο στάδια*. Ο πρώτος τύπος μηχανισμού διόρθωσης φάσης αποτελεί έναν αυτόματο έλεγχο κατά τον οποίο μηχανισμοί προσοχής δεν είναι απαραίτητοι. Αυτό παρατηρείται σε διάφορα διαστήματα ερεθισμάτων (ISI) με ένα μηχανισμό σταθερής αρνητικής ανατροφοδότησης παρόντα σε ένα ευρύ φάσμα αλλαγών λάθους συγχρονισμού (SE). Αντίθετα, ο δεύτερος τύπος μηχανισμού διόρθωσης φάσης απαιτεί πόρους προσοχής και παρατηρείται σε μεγαλύτερα διαστήματα ερεθισμάτων (ISI). Αυτός ο μηχανισμός εμφανίζεται μόνο, όταν οι αλλαγές του λάθους συγχρονισμού είναι θετικές και μεγάλες, υποδεικνύοντας εσωτερική πρόβλεψη του χρόνου συγχρονισμού. Ο πρώτος μηχανισμός σχετίζεται με το επίπεδο κινητικού ελέγχου, ενώ γνωστικά συστατικά εμπλέκονται στο δεύτερο μηχανισμό.

Οι Takano και Miyake (2007) αναφέρουν ότι ο χρονικός έλεγχος δεν αποτελεί απλώς μια παθητική αντίδραση σε ένα ερέθισμα, αλλά μια ενεργή απόκριση που βασίζεται στην εσωτερική πρόβλεψη του χρονισμού του επόμενου ερεθίσματος. Κατά τους Mates et al. (1994), όπως οι συγγραφείς (2007) αναφέρουν, η αρνητική ασυγχρονία παρατηρείται, όταν το διάστημα ερεθισμάτων (ISI) είναι μεταξύ 450 και 3600 ms. Επιπλέον, υποστηρίζουν ότι οι μηχανισμοί προσοχής εμπλέκονται στην παραγωγή της αρνητικής ασυγχρονίας, όταν τα διαστήματα ερεθισμάτων (ISI) είναι μεγαλύτερα από 1800 ms. Έτσι λοιπόν η διόρθωση φάσης δεν εμφανίζεται να αποτελεί έναν μοναδικό, απλό μηχανισμό, αλλά έναν ιεραρχικό και εξαρτάται από το μέγεθος του διαστήματος ερεθισμάτων (ISI).

Ο ρόλος της αισθητηριακής πληροφορίας (sensory information) στην παραγωγή περιοδικών ακολουθιών στις κινητικές κρούσεις δακτύλου (προτεινόμενα μοντέλα της φάσης συγχρονισμού & διατήρησης):

Στις μελέτες του χρονισμού και του κινητικού ελέγχου μέσα από τα πειράματα κρούσεων δακτύλου έχουν διατυπωθεί διάφορες απόψεις σχετικά με το πώς ο λεπτός κινητικός έλεγχος τροποποιείται από τα προσαγωγά σήματα (*afferent signals*) τα οποία παράγουν κίνηση. Έχει υποστηριχθεί ότι τα προσαγωγά σήματα είναι αναγκαία στην παραγωγή σκόπιμων κινήσεων ήδη από τα τέλη του 19^{ου} αιώνα (Mott & Sherrington, 1895), όπως οι Billon et al. (1996) αναφέρουν. Από την άλλη, όμως, έχει καταδειχθεί ότι ασθενείς με αδυναμία στην παραγωγή προσαγωγών σημάτων (*deafferented patients*) μετά από αναπροσαρμογή μπορούν να εκτελούν διάφορα κινητικά έργα, αλλά όχι μια μακρόχρονη ακολουθία επαναληπτικών κινήσεων. Τέτοιες μελέτες σε αυτού του προφίλ ασθενείς έχουν χρησιμοποιηθεί στη διερεύνηση του ρόλου της πληροφορίας των προσαγωγών σημάτων (*afferent information*) στην παραγωγή κίνησης κατά το χρονικό έλεγχο περιοδικών κρούσεων δακτύλου. Το ερώτημα είναι, λοιπόν, σε ποιο βαθμό συμμετέχει η αισθητηριακή πληροφορία (απτική και κιναισθητική) στο χρονισμό λεπτών επαναληπτικών εκούσιων κινήσεων.

Μοντέλα της φάσης συγχρονισμού

Τα περισσότερα τρέχοντα μοντέλα του συγχρονισμού υποθέτουν ότι στα πειράματα κρούσεων δακτύλου κατά την εκτέλεση αυτής της περιοδικής κίνησης με αναφορά ένα εξωτερικό ρυθμικό γεγονός οι συμμετέχοντες προβλέπουν σε κάποιο βαθμό ακρίβειας το χρόνο στον οποίο θα συντελεστεί το ρυθμικό εξωτερικό γεγονός, παράγουν την κρούση κατά αυτή τη στιγμή προσδοκίας (*anticipated moment*) και προσαρμόζουν μέσω ενός βρόχου ανατροφοδότησης (*feedback loop*) το λάθος συγχρονισμού μεταξύ των κρούσεων και των ηχητικών ρυθμών από τον έναν κύκλο κινητικής απόκρισης στον επόμενο (Fraisse & Voillaume, 1971, Voillaume, 1971, Hary & Moore, 1987, Schulze, 1992), όπως οι Billon et al. (1996) αναφέρουν. Αυτός ο διορθωτικός βρόχος ανατροφοδότησης παρεμβαίνει στην ακολουθία των κρούσεων, ώστε να μην παρασυρθούν προοδευτικά από την ακολουθία των ηχητικών ρυθμών

λόγω της εγγενούς διακύμανσης του χρονικού συστήματος να “προβλέπει” τους εξωτερικούς ηχητικούς ρυθμούς (Church, 1984, Treisman et al., 1990, 1992), όπως παραθέτουν οι Billon et al. (1996).

Οι *αισθητηριακές τροπικότητες* που χρησιμοποιούνται στις διεργασίες διόρθωσης του λάθους συγχρονισμού έχουν υποτεθεί ότι περιλαμβάνουν *ακουστικά, ιδιούποδεκτικά και απτικά σήματα ανατροφοδότησης* (Fraisse 1980, Hary & Moore, 1987, Aschersleben & Prinz, 1995), όπως παραθέτουν οι Billon et al. (1996). Άρα, λοιπόν, ένας ασθενής με βλάβη στην παραγωγή προσαγωγών σημάτων (deafferented patient), αν οι παραπάνω θεωρητικές προσεγγίσεις ισχύουν, *δε θα μπορεί να τηρήσει το λάθος συγχρονισμού όσο χαμηλό γίνεται και να σταθεροποιήσει τις σχέσεις φάσης μεταξύ των ηχητικών ρυθμών και της ακολουθίας των κινητικών κρούσεων.*

Μοντέλα της φάσης διατήρησης

Στις *αυτο-ρυθμιζόμενες κρούσεις στη φάση της διατήρησης* (self-paced tapping) δεν υφίσταται συντονισμός ανάμεσα στις κρούσεις δακτύλων και σε εξωτερικά γεγονότα. Απλώς η φάση αυτή απαιτεί τη *διατήρηση* μέσα από τις κινητικές κρούσεις ενός *δοσμένου αρχικού ρυθμού* –αυτού της φάσης συγχρονισμού– για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Τα προτεινόμενα *μοντέλα της φάσης διατήρησης* διαφέρουν μεταξύ τους κατά το εάν περιλαμβάνουν ή όχι *αισθητηριακή ανατροφοδότηση*. Έχουν υποστηριχθεί *μοντέλα ανοιχτού βρόχου* (open – loop models) που θεωρούν ότι οι κρούσεις σε έναν προκαθορισμένο ρυθμό δεν απαιτούν καμιά αισθητηριακή πληροφορία για την προοδευτική κίνηση, π.χ. μοντέλο χρονισμού δύο επιπέδων των Wing και Kristofferson, (1973), Wing, (1980), κατά τους Billon et al. (1996), που υποθέτει δύο λειτουργικά ανεξάρτητα αρθρώματα (χρονομετρητή – κινητικό εκτελεστή). Το μοντέλο αυτό δεν αξιοποιεί τον *παράγοντα της αισθητηριακής πληροφορίας* που συνίσταται στα *προσαγωγά σήματα* (afferent signals) για την παραγωγή κίνησης είτε στην έναρξη διαδοχικών χρονικών περιόδων είτε στην προσαρμογή των διαστημάτων κρούσεων (ITI) σε αναφορά με ένα καθιερωμένο ρυθμικό μέτρο.

Αντίθετα, τα *μοντέλα κλειστού βρόχου* (closed – loop models), προϋποθέτουν τουλάχιστον κάποια από τις παραπάνω λειτουργίες. Για παράδειγμα, ένα τέτοιο μοντέλο θα πρότεινε ότι κάθε διάστημα του χρονομετρητή προκαλείται από ένα σήμα

ανατροφοδότησης από μια προηγούμενη απόκριση. Κατά αυτή τη λογική κάθε επιπλέον καθυστέρηση στο βρόχο ανατροφοδότησης των κινητικών αποκρίσεων θα επέσυρε την καθυστέρηση της επόμενης απόκρισης στον ίδιο βαθμό (με αυτό της καθυστέρησης). Μία άλλη πρόταση, κατά τους Billon et al. (1996), δίνει ο Shaffer (1982) ο οποίος υποστηρίζει ένα μοντέλο εσωτερικού χρονομετρητή που παράγει παλμούς ωρολογιακούς η λειτουργία των οποίων δεν προκαλεί κινήσεις, αλλά παρέχει χρονικούς στόχους για επιδράσεις που σχετίζονται με την παραγωγή κινήσεων. Αυτό το μοντέλο υποδηλώνει ότι το κινητικό σύστημα έχει διαδικαστική γνώση και υπολογιστική δύναμη να παράγει κινητικές τροχιές με διάρκεια κατάλληλη για χρονικούς στόχους.

Πάλι υπεισέρχεται το θέμα της αναγκαιότητας της *αισθητηριακής πληροφορίας* για να λειτουργήσει ένα τέτοιο σύστημα. Ωστόσο, η ύπαρξη αυτής φαίνεται λογική, καθώς η αισθητηριακή ανατροφοδότηση πληροφορίας μπορεί να είναι διαθέσιμη για την εμφάνιση των προσδοκώμενων επιδράσεων σε επίπεδο κίνησης (για παράδειγμα μια κρούση δακτύλου σε ένα πλήκτρο). Κάθε ανακολουθία ανάμεσα στην προσδοκώμενη και στην πραγματική στιγμή της εμφάνισης των επιδράσεων αυτών θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη *βελτίωση κινητικών εντολών στους διαδοχικούς κύκλους κίνησης*. Καθώς ενημερώνονται οι κινητικές εντολές από τον έναν κύκλο στον άλλο ή κατά τη διάρκεια εκτέλεσης κίνησης, ίσως, απαιτούν *ανατροφοδότηση δυναμικής δράσης* όσον αφορά, για παράδειγμα, την *ταχύτητα* ή της *επιτάχυνση της κίνησης*.

Η λογική μιας *ανοιχτού βρόχου μορφής* (open – loop fashion) σε ένα μοντέλο χρονισμού στο οποίο η έναρξη των κινητικών κρούσεων προκαλείται από παλμούς του εσωτερικού χρονομετρητή (internal timekeeper) βασίζεται στο ότι τα χρονικά διαστήματα που μετρώνται μεταξύ των διαδοχικών κρούσεων (ITI) θα έπρεπε να είναι μεγαλύτερης διακύμανσης από τα διαστήματα που μετρώνται μεταξύ των ενάρξεων (onset intervals), *γιατί η κινητική εκτέλεση προσθέτει διακυμάνσεις στις κρούσεις* (Wing, 1980), αναφέρουν οι Billon et al. (1996). Αντίθετα, όμως, με αυτή την προσδοκία, επισημαίνουν οι συγγραφείς (1996), ήδη, οι Billon και Semjen (1995) βρήκαν ότι τα διαστήματα κρούσεων (ITI) είναι μικρότερης διακύμανσης από τα διαστήματα έναρξης (onset intervals) υποδεικνύοντας ότι *ο εσωτερικός χρονομετρητής περιορίζει την εμφάνιση των κινητικών απολήξεων των κρούσεων (endpoints of taps) παρά την εμφάνιση των ενάρξεών τους (onsets)*. Μια σημασία αυτού είναι ότι *οι διακυμάνσεις των χρόνων έναρξης μπορεί εν μέρει να*

αντισταθμίζονται από αντίθετες διακυμάνσεις των χρόνων των κινητικών εκτελέσεων, π.χ πιο αργή έναρξη της κρούσης μπορεί να συσχετίζεται με γρήγορη εκτέλεση της κίνησης, ενώ πιο γρήγορη (πρόωρη) έναρξη με πιο αργή εκτέλεση.

Αισθητηριακή ανατροφοδότηση & αυτο-ρυθμιζόμενη χρονική ακολουθία (self-paced sequence timing) (φάση διατήρησης)

Συγκρίνοντας και με ασθενείς στην παραγωγή προσαγωγών σημάτων στην εκτέλεση κίνησης (deafferented patients) το συμπέρασμα είναι ότι υπό φυσιολογικές συνθήκες οι αυτο – ρυθμιζόμενες περιοδικές κρούσεις δακτύλου στη φάση διατήρησης βασίζονται σε πληροφορία ανατροφοδότησης σχετιζόμενη με κίνηση που αφορά τη ιδιοϋποδεκτική και (ή) την απτική τροπικότητα οι οποίες ίσως διαδραματίζουν εξέχοντα ρόλο στην εκτέλεση του κινητικού αυτού έργου. Η ανατροφοδότηση πληροφορίας φαίνεται αναγκαία για να υποδείξει ότι η παραγωγή κίνησης (κρούση) συνέβη σε συμφωνία με ένα προσδοκώμενο σχήμα χρόνου και έτσι ώστε να καταστήσει ικανό το κινητικό σύστημα να υπολογίσει τροχιές κίνησης σύμφωνες με το υιοθετημένο χρονικό σχήμα.

Αισθητηριακή ανατροφοδότηση & συγχρονισμός (φάση συγχρονισμού)

Το κινητικό έργο του συγχρονισμού των κρούσεων δακτύλου με ένα εξωτερικό ρυθμικό γεγονός θεωρείται γενικά ότι απαιτεί πληροφορία ανατροφοδότησης αντλούμενη από την παραγωγή κίνησης έτσι ώστε να διατηρηθεί σταθερή μια σχέση φάσης μεταξύ κρούσεων και εξωτερικών ηχητικών ρυθμών. Πολλές θεωρίες του αισθητηριοκινητικού συγχρονισμού υποθέτουν ότι η επίδοση σε αυτά τα έργα εμπλέκει έναν εσωτερικό χρονομετρητή ο οποίος προβλέπει τη στιγμή εμφάνισης των εξωτερικών ήχων αλλά και ένα βρόχο διορθωτικής ανατροφοδότησης (corrective feedback loop).

Ενώ ο εσωτερικός χρονομετρητής χρειάζεται να ξεκινήσει με αφορμή ένα εξωτερικό ερέθισμα, ο χρονομετρητής που υποθέτουμε ότι εμπλέκεται στον έλεγχο των περιοδικών κινητικών κρούσεων μπορεί να γίνει κατανοητός ως ένας ελεύθερος αυτοσυντηρούμενος ταλαντωτής (free-running self-sustained oscillator). Από την άλλη

πλευρά ο εξωτερικός ηχητικός ρυθμός με τον οποίο πρέπει να συγχρονιστούν οι κρούσεις αποτελεί ένα φυσικό σύστημα που ταλαντεύεται με μια συχνότητα κοντινή σε αυτή του εσωτερικού χρονομετρητή. Το φαινόμενο κατά το οποίο η μία φάση συμπαρασύρει την άλλη (phase entrainment) μεταξύ συστημάτων ταλάντωσης αποτελεί ευρέως διαδεδομένο φαινόμενο το οποίο έχει πρόσφατα μελετηθεί με ανανεωμένο το ενδιαφέρον για το ρόλο του στις δυναμικές διεργασίες αυτο-οργάνωσης και διαμόρφωσης μοτίβων (dynamic auto-organization and pattern formation processes) (Kugler & Turvey, 1987), όπως αναφέρουν οι Billon et al. (1996). Θα μπορούσε κανείς να προτείνει ότι κατά το συγχρονισμό με έναν εξωτερικό ηχητικό ρυθμό, ο εσωτερικός χρονομετρητής “κλειδώνει” στη φάση των ηχητικών ρυθμών. Αυτό σημαίνει ότι κάθε μετατόπιση φάσης μεταξύ χρονομετρητή-ηχητικών ρυθμών διορθώνεται αυτόματα εξ αιτίας της άμεσης σύζευξής τους. Έτσι λοιπόν, μια σταθερή σχέση φάσης μεταξύ κρούσεων δακτύλου και ηχητικών ρυθμών μπορεί να επιτευχθεί έμμεσα μέσω του εσωτερικού χρονομετρητή.

Κατά την προσέγγιση αυτή δε χρειάζεται η μεσολάβηση ενός εξωτερικού βρόχου ανατροφοδότησης. Το ενδιαφέρον εδώ έγκειται, λοιπόν, στο ποιος ρόλος θα μπορούσε να αποδοθεί στην πληροφορία ανατροφοδότησης. Ο ρόλος της αισθητηριακής ανατροφοδότησης συνίσταται στον καθορισμό της μέσης τιμής του λάθους συγχρονισμού (synchronization error), αλλά όχι αρχίζοντας κύκλο προς κύκλο διορθώσεις φάσης μεταξύ κρούσεων και ηχητικών ρυθμών. Για την αισθητηριακή ανατροφοδότηση έχουν μιλήσει και πολλοί άλλοι ερευνητές. Για παράδειγμα, οι Loehr και Palmer (2009) σε μελέτες με πιανίστες έχουν υποστηρίξει ότι η ακρίβεια στα κινητικά έργα συγχρονισμού στις μουσικές επιδόσεις επηρεάζεται τόσο από την ικανότητα χρονοισμού όσο και από την τροπικότητα της αισθητηριακής πληροφορίας.

Πληθυσμιακές ομάδες στις οποίες έχει γίνει εφαρμογή των πειραμάτων κρούσεων δακτύλου: ασθενείς, άτομα με δυσλεξία, διαταραχή προσοχής, τοξικομανείς, κ.λπ.

Τα πειράματα κρούσεων δακτύλου έχουν εφαρμοστεί για τους ερευνητικούς σκοπούς της διερεύνησης της αντίληψης του ρυθμού και της αισθητηριοκινητικής ικανότητας του ανθρώπου εδώ και πολλές δεκαετίες τόσο σε υγιή πληθυσμό όσο και σε διαφορετικού κλινικού προφίλ ασθενείς με προβλήματα στον έλεγχο και στην

παραγωγή κίνησης, στην παραγωγή λόγου, σε ασθενείς με φλοιϊκές και υποφλοιϊκές βλάβες, σε περιπτώσεις ψυχικών ασθενειών, κ.λπ.

Όπως αναφέρουν οι Jobbagy et al. (2005), τα πειράματα κρούσεων έχουν χρησιμοποιηθεί στην αποτίμηση της *αταξίας* (ataxia) (Notermans et al., 1994), στον προσδιορισμό της κατάστασης ασθενών που αναρρώνουν από *οξύ εγκεφαλικό* (Heller et al., 1987), στον έλεγχο ασθενών με *σύνδρομο αλκοολισμού Korsakoff* (Welch et al., 1997), στην αποτίμηση της *νόσου του Alzheimer* (Ott et al., 1995)

Κατά τους συγγραφείς (Jobbagy et al., 2005), υπάρχουν ερευνητές (Horton, 1999) που έχουν υποστηρίξει σε μελέτες τους ότι *συμμετέχοντες με υψηλότερη νοημοσύνη είχαν καλύτερες επιδόσεις σε νευροψυχολογικά τεστ*. Κατά τους ίδιους μελετητές (2005), οι Volkow et al. (1998) έδειξαν μια *ισχυρή συσχέτιση μεταξύ ντοπαμινεργικών D2 υποδοχέων (dopamine D2 receptors) και κινητικών έργων*, όπως είναι τα πειράματα κρούσεων. Η αποτίμηση των συμπτωμάτων και η ποσοτικοποίηση μέσα από τα πειράματα κρούσεων σε περιπτώσεις ασθενειών, ειδικά στην περίπτωση νόσων όπως αυτή του *Parkinson* (Rao et al., 2003, Muir et al., 1995, Jobbagy et al., 1997, Lange et al., 1995, Pastor et al., 1992, Riesen & Schnider, 2001) αποδεικνύεται δύσκολο έργο, όπως δηλώνουν οι ερευνητές (2005). Μάλιστα οι παραπάνω μελετητές που αναφέρουν οι Jobbagy et al., (2005) χρησιμοποίησαν τα πειράματα κρούσεων για να εκτιμήσουν τη σοβαρότητα των κινητικών συμπτωμάτων της ασθένειας.

Όπως αναφέρουν οι Rubia και Smith (2004), διαφορετικές παθολογικές συμπεριφορές έχουν δείξει αντικανονικότητες τόσο στον *κινητικό χρονισμό* όσο και στις *εκτιμήσεις χρόνου*.

Αξιοσημείωτη είναι η εφαρμογή της πειραματικής μεθόδου των κρούσεων δακτύλου και στην περίπτωση *ελλειμμάτων λόγου*. Οι κρούσεις δακτύλου μπορούν να χρησιμεύσουν ως ένα παράλληλο διαγνωστικό εργαλείο στην περίπτωση αυτή προκειμένου να διαπιστωθούν συμπληρωματικά προβλήματα ως συνοδευτικά φαινόμενα σε *διεγνωσμένα προβλήματα λόγου, ελλειμμάτων προσοχής, αντικοινωνικής συμπεριφοράς, κ.ά. προβλημάτων*.

Τέτοιες δυσλειτουργίες έχουν παρατηρηθεί σε μια ευρεία κλίμακα παθολογιών που περιλαμβάνουν ασθενείς με *εγκεφαλικές βλάβες* (Harrington et al., 1998, Rubia et al., 1997), με *ελλείμματα προσοχής, σύνδρομο υπερκινητικότητας* (Rubia et al., 1999a, b, 2001, 2003, Smith et al., 2002, Sonuga – Barke et al., 1998), *διαταραχή αντικοινωνικής προσωπικότητας* (Bauer, 2001), *δυσλεξία* και *δυσφασία*

(May et al., 1988, Needham and Black, 1970, Nicolson et al., 1995, Tallal et al., 1991), *σχιζοφρένεια* (Davalos et al., 2003, Rammsayer, 1990, Ulferts et al., 1999, Volz et al., 2001), *κατάθλιψη* (Kuhs et al., 1991, Mundt et al., 1998, Rammsayer, 1990), *χρήση τοξικών ουσιών* (Mathew et al., 1998, Mintzer and Stitzer 2002, Solowij et al., 2002).

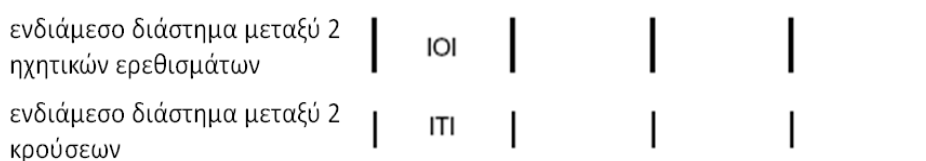
Οι παραπάνω περιπτώσεις αφορούν ασθένειες που προσβάλλουν την *εκτίμηση χρόνου*. Ο *κινητικός χρονιασμός* έχει μελετηθεί λιγότερο, αλλά έχει βρεθεί ότι πλήττεται σε περιπτώσεις ψυχοπαθολογικών ασθενειών (διάσπαση προσοχής, Carte et al., 1996), *δυσλεξία*, Denckla et al., 1985, Waber et al., 2000, κ.λπ.)

Οι αναφορές στις περιπτώσεις αυτές των ασθενών και των ατόμων με διάφορα προβλήματα στην προσοχή, στην παραγωγή λόγου, κ.λπ. αναδεικνύουν γενικώς τη χρησιμότητα του πειραματικού παραδείγματος των κρούσεων δακτύλου στη μελέτη της αντίληψης και της κινητικής παραγωγής ρυθμού. Πέρα από ένα χρήσιμο επιστημονικό εργαλείο για την αντίληψη του χρόνου σε διαφορετικού προφίλ ασθενείς το οποίο μπορεί να φωτίσει αυτές τις ασθένειες περαιτέρω μπορεί να αποτελέσει και παράλληλο διαγνωστικό εργαλείο στη διακρίβωση επιπλέον συμπτωμάτων που συνοδεύουν μια δυσλειτουργία ή μια διαταραχή επιρρωνύοντας την αρχική διάγνωση αλλά και αναδεικνύοντας περισσότερες ακόμη πτυχές του φαινομένου που αναφάνεται σε πλείστα άλλα πεδία και προβλήματα σε μια σειρά γνωσιακές λειτουργίες.

ΤΡΙΤΟ ΜΕΡΟΣ

I. Εισαγωγή στα πειράματα κρούσεων δακτύλου της παρούσας εργασίας

Το εύρος των χρονικών διαστημάτων & τα όρια του αισθητηριοκινητικού συγχρονισμού



Εικόνα 3

Ο αισθητηριοκινητικός συγχρονισμός σε μια ισόχρονη ηχητική ακολουθία ενός εξωτερικού ηχητικού ρυθμικού ερεθίσματος μπορεί να εκδηλωθεί εντός ενός συγκεκριμένου εύρους συχνότητων ή ακολουθίας διαστημάτων σταθερών περιοδικών ερεθισμάτων (IOIs) (βλ. εικόνα 3). Όπως αναφέρει ο Repp (2005), κατά τον Fraisse (1982) το εύρος αυτό κυμαίνεται στα 200 – 1.800 msec.

Στην πραγματικότητα, το χαμηλότερο όριο (IOI) στο οποίο μπορεί να εκδηλώσει αισθητηριοκινητική ικανότητα ο άνθρωπος (ή, αλλιώς, το υψηλότερο όριο ταχύτητας κρούσης) για κρούσεις 1:1 (μία κρούση ανά έναν ηχητικό τόνο) σύμφωνες (σε συγχρονισμό) με το ρυθμό (σε θέση tempo, in - phase) τείνει να καθορίζεται στη μέγιστη συχνότητα στην οποία μπορεί να κινηθεί ο συντελεστής παραγωγής των κινητικών κρούσεων. Στις κρούσεις δακτύλου αυτό το όριο συνιστά 5-7 κρούσεις / sec που αντιστοιχούν σε διαστήματα κρούσεων (ITIs) (βλ. εικόνα 3) των 150 – 200 msec (Keele & Hawkins, 1982, Keele et al., 1985, Peters, 1980, 1985, Todor & Kyprie, 1980, Truman & Hammond, 1990), όπως ο Repp (2005) παραθέτει. Το χαμηλότερο αυτό όριο (IOI) αντιστοιχεί σε ανθρώπους που βρίσκονται σε κάποια μουσική ενασχόληση και τριβή (Repp, 2005d). Για μάχιμους, ειδικευμένους μουσικούς το όριο αυτό (IOI) (κατώφλι συγχρονισμού) βρίσκεται στα 100 – 120 msec (Repp, 2003b). Κάτω από το όριο αυτό, οι κρούσεις συνήθως αποκλίνουν και οι συμμετέχοντες δεν μπορούν να αντιληφθούν αν συγχρονίζονται ή όχι.

Υπάρχει και το *υψηλότερο όριο* (IOI) στο οποίο μπορεί να εκδηλώσει αισθητηριοκινητική ικανότητα ο άνθρωπος (ή αλλιώς το *χαμηλότερο όριο ταχύτητας* στην εκτέλεση κρούσεων) με βάση μια εξωτερική ρυθμική ηχητική ακολουθία, παρόλο που προσδιορίζεται λιγότερο αυστηρά.

Μια κρίσιμη οπτική στον αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό είναι η *πρόβλεψη ρυθμικών μελλοντικών γεγονότων* (Repp, 2005). Παρόλο, λοιπόν, που κάθε κρούση μπορεί να θεωρηθεί ως *κινητική απόκριση σε έναν προηγούμενο τόνο* αποτελεί μια *χρονισμένη απόκριση* (timed response) που καθυστερεί τόσο όσο χρειάζεται να συμπέσει περίπου με τον επόμενο τόνο. Αυτό, άλλωστε, διακρίνει και τον *αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό* από ένα *απλό έργο χρόνου αντίδρασης* (reaction time task), όπου η απόκριση συντελείται όσο το δυνατόν πιο γρήγορα.

Όταν λοιπόν η ρυθμική χρονική ακολουθία φτάνει ή υπερβαίνει περίπου τα 1.800 msec, η δυνατότητα πρόβλεψης γίνεται όλο και περισσότερο δύσκολη και οι αποκρίσεις αρχίζουν να βραδυπορούν σε σχέση με τους αντίστοιχους εξωτερικούς ρυθμούς – στόχους (Engstrom et al., 1996, Mates et al., 1994, Miyake et al., 2004), όπως ο Repp (2005) αναφέρει. Επομένως, όταν οι αποκρίσεις δεν μπορούν πλέον να είναι *χρονισμένες* με ακρίβεια τέτοια ώστε να μπορούν να συμπίπτουν με τον επόμενο ηχητικό τόνο, κάποιες κινητικές αποκρίσεις μετατρέπονται σε απλές αντιδράσεις σε αυτόν τον τόνο.

Τα *χαμηλότερα και υψηλότερα όρια των διαστημάτων ρυθμικών ερεθισμάτων* (IOI) στον αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό (ή όρια ταχύτητας εκτέλεσης ρυθμικών κρούσεων) έχουν θεωρητικό ενδιαφέρον κυρίως, γιατί αποκαλύπτουν γενικούς *περιορισμούς στη λειτουργία της επεξεργασίας χρόνου* (temporal processing). Στα όρια αυτά σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και ο *παράγοντας των διακυμάνσεων*, καθώς τα όρια του αισθητηριοκινητικού συγχρονισμού επηρεάζονται από αλλαγές στη σχέση μεταξύ των διακυμάνσεων αυτών και της χρονικής διάρκειας των διαστημάτων.

Επιπλέον, τα *όρια των διαστημάτων περιοδικών ερεθισμάτων* (IOI) στον αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό μπορεί να αντιπροσωπεύουν, όπως αναφέρει ο Repp (2005), *αντιληπτικά όρια ενοποίησης χρονικής πληροφορίας* (perceptual temporal integration windows) διαφορετικής διάρκειας. Το χαμηλότερο όριο (IOI) είναι κάπως βραχύτερο από τα 160 – 170 msec *διάρκειας ενός περιθωρίου χρονικού ενοποίησης ακουστικής πληροφορίας*. Υπάρχουν άλλα πειραματικά ευρήματα που υποδηλώνουν ότι η βραχύτερη διάρκεια ηχητικών τόνων που μπορούν να λειτουργήσουν ως μεμονωμένα, ξεχωριστά στοιχεία σε ένα μουσικό ρυθμό είναι στα

100 msec (Friberg & Sundstrom, 2002, London, 2002, 2004), όπως παραθέτει ο Repp (2005).

Το υψηλότερο όριο διαστήματος ερεθισμάτων (IOI) περίπου στα 1.800 msec έχει συνδεθεί με τη διάρκεια αυτού που αποκαλείται *υποκειμενικό παρόν* (subjective present), καθώς και με τις *δυνατότητες της μνήμης εργασίας να επεξεργαστεί αυτής της διάρκειας τη χρονική πληροφορία* (Szélag et al., 1996, Poppel, 1997), όπως ο Repp (2005) αναφέρει. Γενικότερα, *τα όρια του αισθητηριοκινητικού συγχρονισμού συμπίπτουν με αυτά εντός των οποίων μια χρονική ακολουθία γεγονότων μπορεί να γίνει αντιληπτή ως να έχει μια ρυθμική και μετρική δομή* (Fraisse, 1982, London, 2004) κατά τον Repp (2005).

Διακυμάνσεις (Variability) και Ασυγχρονίες

Οι *διακυμάνσεις* των ασυγχρονιών και των παραγόμενων διαστημάτων κρούσεων (ITI) που εμφανίζουν οι συμμετέχοντες στα πειράματα κρούσεων δακτύλου αποτελούν σημαντικό *δείκτη της ικανότητάς τους στο συγχρονισμό*. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι για μουσικούς που είναι μάχιμοι και εξασκούνται παρατηρείται ένα ποσοστό τυπικής απόκλισης των ασυγχρονιών τους της τάξης του 2% του διαστήματος κρούσεων (ITI) σε 1:1 συγχρονισμό σύμφωνα με την ηχητική ρυθμική ακολουθία (in - phase) (Pressing & Jolley – Rogers, 1997, Repp & Penel, 2002), όπως αναφέρει ο Repp (2005). Το ποσοστό αυτό τυπικής απόκλισης των ασυγχρονιών που εκδηλώνουν στα παραγόμενα διαστήματα κρούσεων (ITI) φτάνει για αρχάριους στη μουσική στο διπλάσιο (4% του ITI). Οι διακυμάνσεις στον αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό μειώνονται κατά την παιδική ηλικία και κατά την εφηβεία και μετά παραμένουν σταθερές κατά την ενήλικη ζωή.

Ειδικά η σχέση των *διακυμάνσεων των παραγόμενων διαστημάτων κρούσεων* (ITI) με τη *διάρκεια των διαστημάτων κρούσεων* (ITI) είναι ένα γνωστό εύρημα που έχει μελετηθεί στις *αυτο – ρυθμιζόμενες κρούσεις δακτύλου* (self – paced tapping) οι οποίες έχουν διερευνηθεί στο *πειραματικό παράδειγμα του συγχρονισμού – διατήρησης* (synchronization – continuation paradigm) το οποίο εισήγαγε ο Stevens (1886), όπως ο Repp (2005) αναφέρει. Το μοντέλο των Wing και Kristofferson (1973a, 1973b, Wing, 1980), όπως παραθέτει ο Repp (2005), έχει αποτελέσει μια πρόταση που διαιρεί τις διαφορές του *παραγόμενου διαστήματος κρούσεων* (ITI) σε δύο γνωσιακά

συστατικά: το ένα αποδίδεται σε έναν *κεντρικό εσωτερικό χρονομετρητή* (timekeeper), ενώ το άλλο στην *κινητική υλοποίηση*. Έτσι, λοιπόν, κατά αυτό το μοντέλο η λογική είναι ότι *μόνο οι διαφορές του εσωτερικού χρονομετρητή* (timekeeper) *εξαρτώνται από τη διάρκεια των διαστημάτων κρούσεων* (ITI). Οι διαφορές αυτές του χρονομετρητή πιθανόν αποτελούν *τη κύρια πηγή των ατομικών διαφοροποιήσεων στις εκδηλούμενες διακυμάνσεις* στα έργα κρούσεων δακτύλου. Ενώ οι διαφορές στο κινητικό μέρος είναι μικρές συγκριτικά με τις διαφορές του χρονομετρητή.

Έχει υποστηριχθεί ότι κύρια διαφορά μεταξύ αισθητηριοκινητικού συγχρονισμού και αυτο – ρυθμιζόμενων κρούσεων δακτύλου αποτελεί ο *βασιζόμενος στην ανατροφοδότηση διορθωτικός μηχανισμός* (feedback-based error correction) ή το φαινόμενο κατά το οποίο *το ερέθισμα συμπαράσφρει τις κρούσεις* (entrainment) τα οποία συμβαίνουν βασικά στον αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό, ενώ οι αυτο – ρυθμιζόμενες κρούσεις δακτύλου γενικά θεωρούνται ότι αποτελούν μια *διαδικασία ανοιχτού – βρόχου* (open – loop process). Οι διορθωτικοί μηχανισμοί λαθών στη φάση συγχρονισμού εμποδίζουν τις μεγάλες ασυγχρονίες, εντούτοις τείνουν να *αυξάνουν ελαφρώς τη διακύμανση του διαστήματος κρούσεων* (ITI), ειδικά στα *αργά tempi* (Madison, 2001, Semjen et al., 2000), όπως παραθέτει ο Repp (2005).

Οι *διακυμάνσεις* δεν εξαρτώνται μόνο από τη *διάρκεια των διαστημάτων κρούσεων* (ITI duration), αλλά επίσης από τη *διάρκεια ακολουθίας των διαστημάτων ερεθισμάτων* (IOI), όταν τα δύο αυτά μεταβάλλονται ανεξάρτητα.

Στα μοντέλα *κινητικού ελέγχου* υποθέτουμε ότι οι *πηγές των διακυμάνσεων* είναι *τυχαίες* και ότι οι διαδοχικές εξαρτήσεις στα διαστήματα κρούσεων (ITIs) και στις ασυγχρονίες απολήγουν από *ιεραρχική διευθέτηση κεντρικών και περιφερικών πηγών διακυμάνσεων* (Vorberg & Wing, 1996, Wing & Kristofferson, 1973a, 1973b), όπως επίσης και από *διεργασίες πρόσθετων διορθωτικών μηχανισμών* στον αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό κατά τον Repp (2005). Τα μοντέλα προβλέπουν μια αρνητική συσχέτιση διαδοχικών διαστημάτων κρούσεων (ITIs) (εξηγείται από το γεγονός ότι κάθε απόκριση σηματοδοτεί το τέλος ενός διαστήματος και την αρχή του επομένου), (Flach, 2005), αλλά μια θετική συσχέτιση των διαδοχικών ασυγχρονιών στον αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό (Semjen et.al., 2000, Vorberg & Schulze, 2002), όπως αναφέρει ο Repp (2005).

Κατά τον αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό *η παρέκκλιση του διαστήματος κρούσεων* (ITI) *μειώνεται* εξ αιτίας διορθώσεων λάθους ή του φαινομένου κατά το οποίο τα διαστήματα κρούσεων (ITI) *συμπαράσφρονται* από τη ρυθμική εξωτερική

ακολουθία. Οι ασυγχρονίες, ωστόσο, έχει βρεθεί ότι παρουσιάζουν μεγάλου βεληνεκούς εξαρτήσεις (Chen et al., 1997, 2001, 2002, Roberts et al., 2000) κατά τον Repp (2005).

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι η ισχύς αυτών των εξαρτήσεων μεταβάλλεται ανάλογα με τον τύπο συγχρονισμού (σύμφωνος ή κόντρα στο ρυθμό, in – phase vs. anti – phase, σε σχέση 1:1 κρούσης και ηχητικού τόνου vs. 2:1), (Chen et al., 2001), με την αισθητηριακή τροπικότητα της ρυθμικής ακολουθίας (ακουστική vs. οπτική), (Chen et al., 2002), όπως παραθέτει ο Repp (2005).

Τέλος, οι Pressing και Jolley – Rogers (1997), αναφέρει ο Repp (2005), έχουν υποστηρίξει για τις ασυγχρονίες στον αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό ότι αποτελούν μια προβλέψιμη επίπτωση των διορθώσεων λάθους.

Επανορθωτικοί μηχανισμοί

Σημαντική οπτική του αισθητηριοκινητικού συγχρονισμού αποτελούν οι διορθωτικοί μηχανισμοί οι οποίοι στην πραγματικότητα απαιτούνται ώστε να διατηρούν μια κατά προσέγγιση εντός φάσης σχέση (in –phase relationship) μεταξύ ηχητικών ερεθισμάτων – κινητικών αποκρίσεων (κρούσεων). Λόγω εγγενών διακυμάνσεων στον κινητικό χρονισμό, τέτοια σταθερότητα φάσης δε θα ήταν εφικτή, αν ο χρονισμός των αποκρίσεων ελεγχόταν αποκλειστικά από ένα εσωτερικό ρολόι “ελεύθερης ροής” (free - running). Άρα, είναι αναγκαίος ένας πρόσθετος διορθωτικός μηχανισμός ο οποίος πρέπει να εμπλέκεται στη λειτουργία του κινητικού χρονισμού και ελέγχου κατά το έργο των κρούσεων δακτύλου και ο οποίος τηρεί τις ασυγχρονίες εντός ορίων (Hary & Moore, 1987, Mates, 1994, Vorberg & Wing, 1996), όπως ο Flach (2005) αναφέρει.

Οι διορθωτικοί μηχανισμοί έχουν διερευνηθεί με την εισαγωγή χρονικών διαταράξεων (perturbations) σε μια χρονική ακολουθία, όπως είναι οι αλλαγές στο tempo, η μετατόπιση φάσης (phase shift) (κατά την οποία οι ενάρξεις όλων των διαδοχικών ερεθισμάτων μετατοπίζονται κατά έναν ορισμένο χρόνο), ή μετατόπιση έναρξης ενός μόνο χρονικού γεγονότος (event onset shift) (κατά την οποία μετατοπίζεται η έναρξη ενός μόνου ερεθίσματος της ακολουθίας). Ένα ενδιαφέρον εύρημα αυτών των μελετών των χρονικών διαταραχών (perturbation studies) και των συνεπειών τους στην επιστράτευση μηχανισμών διόρθωσης είναι ότι κατά τις

κρούσεις μια απόκριση – διόρθωση συμβαίνει ανεξάρτητα από το εάν η διαταραχή του ερεθίσματος βρίσκεται πάνω ή κάτω από το αντιληπτικό κατώφλι ανίχνευσης (perceptual detection threshold) (Hary & Moore, 1985, Repp, 2001a, Thaut et al., 1998) και, μάλιστα, ακόμη και όταν οι συμμετέχοντες δέχονται οδηγίες να μην αποκρίνονται σε καμιά χρονική διαταραχή (Repp, 2002, Repp & Keller, 2004), όπως ο Flach (2005) αναφέρει.

Δύο, λοιπόν, χαρακτηριστικά στο μοντέλο συγχρονισμού – διατήρησης είναι πιο ειδικού ενδιαφέροντος. Βασίζεται, πρώτον, σε ένα μόνο μηχανισμό διόρθωσης λάθους (single error correction mechanism) ο οποίος λειτουργεί στη βάση της πιο πρόσφατα συντελεσμένη ασυγχρονίας (phase correction mechanism). Κατ' αρχάς, η διόρθωση λάθους θα μπορούσε, επίσης, να βασίζεται σε μια προσαρμογή της περιόδου του εσωτερικού χρονομετρητή (timekeeper period) πάνω στη βάση της διαφοράς μεταξύ των πιο πρόσφατων ερεθισμάτων και των διαστημάτων κρούσεων (ITI) (period correction mechanism). Αυτές οι δυο πιθανές εκδοχές μηχανισμών διόρθωσης είναι δυσδιάκριτες εντός του μοντέλου, καθώς τα διαστήματα ερεθισμάτων, τα διαστήματα κρούσεων και οι ασυγχρονίες λογικά σχετίζονται. Εντούτοις, οι δύο διαδικασίες εννοιολογικά και αντιληπτικά διαχωρίζονται. Για παράδειγμα, αναφέρει ο Flach (2005), είναι κατανοητό ότι ένας μηχανισμός διόρθωσης περιόδου λειτουργεί στη φάση διατήρησης (continuation phase), ενώ ο μηχανισμός διόρθωσης λάθους φάσης δε φαίνεται τόσο εύλογο να λειτουργεί σε αυτή τη φάση.

Υπάρχουν εμπειρικά δεδομένα τα οποία προτείνουν ότι και οι δύο μηχανισμοί διόρθωσης λάθους (error correction mechanisms) μπορούν να λειτουργήσουν συγχρόνως κατά το συγχρονισμό.

Μια μεγάλη αλλαγή στο tempo (ISI) κατά τη ρυθμική ακολουθία του εξωτερικού ερεθίσματος οδηγεί σε μια αρχική υπέρβαση του νέου διαστήματος ερεθισμάτων (ISI), το οποίο δημιουργείται με τις κρούσεις που συντελούνται, την οποία διαδέχεται μια ραγδαία προσαρμογή τόσο των διαστημάτων κρούσεων όσο και της ασυγχρονίας. Αντιθέτως, μια μικρή και, πιθανώς, μη ανιχνεύσιμη αλλαγή στο tempo οδηγεί σε μια ραγδαία προσαρμογή των κρούσεων χωρίς όμως υπερβάσεις και σε μια πιο σταδιακή προσαρμογή των ασυγχρονιών (Repp, 2001b, Thaut et al., 1998), όπως αναφέρει ο Flach (2005). Επομένως, με βάση τα ευρήματα αυτά διατυπώνεται η υπόθεση ότι δύο μηχανισμοί διόρθωσης λάθους λειτουργούν στην πρώτη περίπτωση, ενώ μόνο ένας μηχανισμός διόρθωσης λάθους λειτουργεί στη δεύτερη.

Προκειμένου να διαχωριστούν οι δύο μηχανισμοί διόρθωσης λάθους, έχει υποστηριχθεί ότι ο πρώτος από αυτούς (phase correction) λειτουργεί αυτόματα, ενώ ο δεύτερος (period correction) βασίζεται σε συνειδητή επίγνωση (Repp, 2001b, Repp & Keller, 2004).

A. Η συνθήκη των γρήγορων vs. αργών ρυθμών

Μία από τις συνθήκες που μελετάται στα πειράματα κρούσεων δακτύλου είναι αυτή των διαφορετικών ταχυτήτων του ρυθμού που καθορίζεται από το μέγεθος των περιοδικών χρονικών διαστημάτων τα οποία συνιστούν το εξωτερικό ρυθμικό ηχητικό ερέθισμα. Ο στόχος των μελετών αυτών είναι οι συγκρίσεις του μεγέθους των διακυμάνσεων και των ασυγχρονιών που παρατηρούνται στα παραγόμενα διαστήματα κρούσεων (ITI) των συμμετεχόντων και οι συγκρίσεις των χρονικών επιδόσεων τους και της ικανότητάς τους στο συγχρονισμό στα μικρά επαναλαμβανόμενα χρονικά διαστήματα (γρήγορα tempi) και στα μεγάλα χρονικά διαστήματα (αργά tempi). Είναι ελεγμένο πειραματικά ότι πάλι υπεισέρχεται κατά τη μελέτη της συνθήκης αυτής τόσο ο παράγοντας των ατομικών διαφορών στις επιδόσεις όσο και αυτός της μουσικής παιδείας και της ενασχόλησης με κάποια μουσική δραστηριότητα ακόμη και σε ερασιτεχνικό επίπεδο.

Έτσι, συνυφασμένα με το θέμα της διερεύνησης των γρήγορων και αργών ρυθμών είναι αφ' ενός οι διακυμάνσεις (variability) αφ' ετέρου η αρνητική μέση ασυγχρονία (NMA). Επίσης, ενδιαφέρον έχει η διερεύνηση των διαφορετικών χρονικών διαστημάτων που μπορεί να αντιληφθεί, με τα οποία μπορεί να συγχρονιστεί, αλλά και να αναπαράγει ως ρυθμική ή μετρική δομή κάθε συμμετέχων στις δύο φάσεις του συγχρονισμού και της διατήρησης.

Όπως ο Repp (2005) αναφέρει, τα μικρά χρονικά διαστήματα και, μάλιστα, αυτά στο χαμηλότερο όριο του διαστήματος ερεθισμάτων (IOI) στο οποίο είμαστε ικανοί οι άνθρωποι να εκδηλώσουμε αισθητηριοκινητική συμπεριφορά αποτελούν ταυτόχρονα και το υψηλότερο όριο ταχύτητας – ρυθμού, τη μέγιστη συχνότητα, αλλιώς, στην οποία μπορεί ο συντελεστής αυτός να κινηθεί. Αυτό αντιστοιχεί περίπου σε 5-7 κρούσεις / sec, δηλαδή, σε διάστημα κρούσεων των 150-200 msec. Τα όρια αυτά για τα μικρά χρονικά διαστήματα, δηλαδή για τα γρήγορα tempi, χαμηλώνουν (μπορεί, δηλαδή, το κατώφλι συγχρονισμού να είναι ακόμη πιο χαμηλό,

περίπου στα 100-120 msec), όταν ο συμμετέχων σε συναφή πειράματα έχει μουσική εμπειρία και γνώση, είναι μάχιμος μουσικά και ασκείται.

Επίσης, πέρα από τη δυνατότητα εκτέλεσης μικρότερων χρονικών διαστημάτων, *μπορεί να είναι ακριβέστερος χρονικά ο μουσικά ειδήμων συμμετέχων και να μειώνεται η μέση ασυγχρονία ή οι διακυμάνσεις στο ΙΠΙ που εκτελεί, αν ειδικότερα γνωρίζει κάποιο κρουστό ή πληκτροφόρο όργανο (piano, drums), αλλά και εξ αιτίας ιδιαίτερων ατομικών του διαφορών, καθώς και του προσωπικού του τρόπου εκτέλεσης της κρούσης (πλάτους κίνησης δακτύλου και δύναμης εφαρμογής κρούσης στο πλήκτρο), καθώς οι άνθρωποι διαφέρουν στα κινητικά μοτίβα που αναπτύσσουν.*

Είναι σαφές ότι, όταν το IOI μεγαλώνει -και πολύ περισσότερο, όταν αγγίζει το υψηλότερο όριο στο οποίο εκδηλώνεται ικανότητα αισθητηριοκινητική, (ή αλλιώς τη χαμηλότερη ταχύτητα εκτέλεσης ρυθμικής κίνησης συντονισμένης με ένα εξωτερικό περιοδικό ερέθισμα)- το μέγεθος της ασυγχρονίας αυξάνει και οι διακυμάνσεις των ΙΠΙ είναι περισσότερες.

Σε συνθήκες, μάλιστα, *τήρησης κρούσεων κόντρα στο tempo (anti-phase tapping) με κάποια ηχητική ακολουθία σε γρήγορα tempi και όσο αυτά αυξάνονται εμφανίζονται δυσκολίες στην εκδήλωση αισθητηριοκινητικής ικανότητας σε ακόμη πιο υψηλό IOI, όταν αυτό είναι περίπου στα 350 msec και πιο κάτω από αυτό.*

Η μείωση ή αύξηση των διακυμάνσεων των παραγόμενων ΙΠΙs αναλόγως με το μέγεθος του IOI έχει μελετηθεί και έχουν διατυπωθεί διάφορες ερμηνευτικές προτάσεις. Αυτό που αναφέρεται (Repp, 2005) είναι ότι τα ανώτερα και κατώτερα όρια του IOI στον αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό παρουσιάζουν αλλαγές οι οποίες γειννιάζουν με αυτές στη σχέση που υπάρχει ανάμεσα στις εκδηλούμενες διακυμάνσεις και στη χρονική διάρκεια του διαστήματος ως μονάδας του ρυθμού. Υποστηρίζεται, μάλιστα, ότι σε διαστήματα μεταξύ 250 – 2.000 msec οι διακυμάνσεις που παρατηρούνται τόσο στην αντίληψη χρονικού διαστήματος (interval perception) όσο και στην κινητική παραγωγή χρονικού διαστήματος (interval production) αυξάνονται σταθερά με την αύξηση της διάρκειας του χρονικού διαστήματος (interval duration), σχεδόν ακολουθώντας το νόμο του Weber (Weber's law, Madison, 2001). Πέραν των 2000 msec, ωστόσο, οι διακυμάνσεις αυξάνονται δυσανάλογα (Getty, 1975), ενώ κάτω των 250 msec σταματούν να μειώνονται και αυξάνονται απότομα κατ' αναλογία με το IOI ή το ΙΠΙ (Friberg & Sundberg, 1995, Peters, 1989), όπως αναφέρει ο Repp (2005).

Επιπλέον, τα χαμηλότερα όρια του διαστήματος ερεθισμάτων (IOI) στον αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό για κρούσεις *σύμφωνες με το ρυθμό* (in-phase tapping) είναι μικρότερα προκειμένου για ακουστικά ρυθμικά ερεθίσματα παρά για οπτικά που το κατώφλι συγχρονισμού είναι υψηλότερο (Repp, 2003b). Αυτό σημαίνει, λοιπόν, ότι ο αισθητηριοκινητικός συγχρονισμός είναι εφικτός σε γρηγορότερα *tempri*, όταν τα ρυθμικά ερεθίσματα είναι ηχητικά παρά όταν είναι οπτικά. Μάλιστα, όπως αναφέρει ο Repp (2005), το κατώφλι συγχρονισμού είναι περίπου 4 φορές υψηλότερο, όταν χρησιμοποιούνται στατικά οπτικά ρυθμικά ερεθίσματα από ό,τι όταν χρησιμοποιούνται ακουστικά σε αντίθεση με τα *υψηλότερα όρια* (IOI) που δείχνουν ότι είναι *όμοια στον αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό με ερεθίσματα και των δύο αισθητηριακών τροπικοτήτων* (Engstrom et al., 1996, Mates et al., 1994), όπως παραθέτει ο Repp (2005).

Πειραματικό εύρημα, ακόμη, αποτελεί το γεγονός ότι η *αρνητική μέση ασυγχρονία* (negative mean asynchrony, NMA) μειώνεται όσο μειώνεται η διάρκεια της ηχητικής ακολουθίας των διαστημάτων (IOIs) (Mates et al., 1994, Peters, 1989, Repp, 2003b), όπως ο Repp (2005) αναφέρει. Η μείωση του NMA με την αύξηση της ταχύτητας του tempo θα μπορούσε να εξηγηθεί υποθέτοντας ότι *περισσότερη πληροφορία ανατροφοδότησης απτική και ιδιούποδεκτική λαμβάνουν οι συμμετέχοντες σε πειράματα στις γρήγορες παρά στις αργές κρούσεις* (Aschersleben, 2002).

Επιπλέον, και από την πλευρά των δυναμικών προσεγγίσεων για την κίνηση του δακτύλου ως μιας *δυναμικής ταλάντωσης που εκδιπλώνεται στο χρόνο* ερμηνεύεται το φαινόμενο της μείωσης του NMA με την αύξηση της ταχύτητας του tempo, γιατί το *εύρος της ταλάντωσης τείνει να μειώνεται όσο αυξάνεται η συχνότητα* που με τη σειρά της *μειώνει καθυστερήσεις και επιτρέπει, συνεπώς, μεγαλύτερη ακρίβεια* (Repp, 2005). Και σύμφωνα με αυτά είναι απολύτως λογικό και κατανοητό ότι το NMA θα μειώνεται όσο η *συχνότητα του ηχητικού εξωτερικού ρυθμικού ερεθίσματος προσεγγίζει τη φυσική συχνότητα της κινηματικής του δακτύλου*. Μια τέτοια συχνότητα αντιστοιχεί σε ταχύτητα tempo των 250 msec (όπως έχει προταθεί από τους Roberts, Eykholt & Thaut, 2000), όπως παραθέτει ο Repp (2005), ως μια φυσική περίοδος της κίνησης του δακτύλου που επιτρέπει μείωση του NMA.

Μία ακόμη πολύ ενδιαφέρουσα παρατήρηση που συνδέει τη *μείωση του NMA με τα ταχύτερα tempo* βασίζεται στην υπόθεση ότι οι συμμετέχοντες *προσπαθούν να ελαχιστοποιήσουν τις διαφορές στις ασυγχρονίες που εκδηλώνουν* (Vorberg & Wing, 1996), όπως ο Repp (2005) αναφέρει. Επειδή, λοιπόν, οι *διακυμάνσεις μειώνονται με*

τη μείωση της διάρκειας των παραγόμενων διαστημάτων κρούσεων (ITIs), μπορεί να δειχθεί ότι οι διαφορές που εμφανίζονται στις ασυγχρονίες των συμμετεχόντων περιορίζονται, όταν η περίοδος του εσωτερικού χρονομετρητή (internal timekeeper), που καθοδηγεί τις κρούσεις, είναι βραχύτερη από τα ορισμένα διαστήματα (IOIs) του εξωτερικού ηχητικού ερεθίσματος (γεγονός το οποίο έχει ως αποτέλεσμα το NMA).

Επίσης, και η πρόταση των Wohlschlagel και Koch (2000), όπως παραθέτει ο Repp (2005), ότι το NMA προκύπτει ως συνέπεια της υποτίμησης της αντιληπτικής διάρκειας ενός κενού διαστήματος μεταξύ δύο εξωτερικών ρυθμικών ερεθισμάτων (IOI) σχετίζεται με το μέγεθος των IOIs και, επομένως, με την ταχύτητα του tempo. Αυτή η υποτίμηση στην αντίληψη της διάρκειας του κενού IOI οδηγεί στη βράχυνση της περιόδου του εσωτερικού χρονομετρητή που ελέγχει την ταχύτητα των κρούσεων (και, συνεπώς, στο NMA). Και εξηγείται, επιπλέον, η σχέση του φαινομένου αυτού με την ταχύτητα του tempo που απορρέει από τη διάρκεια των περιοδικών χρονικών διαστημάτων (IOIs). Εξηγείται, δηλαδή, η μείωση του NMA με τη μείωση της διάρκειας του διαστήματος ερεθισμάτων (IOI), καθώς η υποτίμηση του κενού χρονικού διαστήματος ενδεχομένως να είναι αναλογική της διάρκειάς του (Repp, 2005).

Επίσης, και οι διαφορές στο NMA με τη χρήση οπτικών ή ακουστικών ρυθμικών εξωτερικών ερεθισμάτων –για τα οποία σχετικά με το σε ποια περίπτωση το NMA είναι μικρότερο δεν υπάρχει ομοφωνία απόψεων- (Fraisse, 1948, Kolers & Brewster, 1985, Repp & Penel, 2002, 2004, Repp, 2003b), όπως αναφέρει ο Repp (2005), φαίνεται ότι εξαρτώνται από την ταχύτητα του tempo (tempo-dependent). Ο Repp (2003b) βρήκε ότι το NMA μειώνεται πολύ πιο γρήγορα με τα οπτικά παρά με τα ακουστικά ρυθμικά ερεθίσματα όσο μειώνεται το διάστημα ερεθισμάτων (IOI).

Οι διακυμάνσεις τόσο των ασυγχρονιών όσο και των διαστημάτων κρούσεων (ITIs) που παράγουν οι συμμετέχοντες σε πειράματα κρούσεων δακτύλου μειώνονται όσο μειώνεται το μέσο διάστημα κρούσεων (mean ITI) (και το μέσο διάστημα ερεθισμάτων, mean IOI) (Michon, 1967, Semjen, Schulze & Vorberg, 2000), όπως παραθέτει ο Repp (2005).

Οι διορθωτικοί μηχανισμοί στον αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό εμποδίζουν τις μεγάλες ασυγχρονίες, ωστόσο, τείνουν να απολήγουν σε μικρή αύξηση των διακυμάνσεων των διαστημάτων κρούσεων (ITI), ειδικά στα αργά tempi (Madison, 2001, Semjen et al. 2000).

Επίσης, ρόλο στο μέγεθος των διακυμάνσεων παίζουν το είδος του συγχρονισμού των κρούσεων (σύμφωνος ή κόντρα στο tempo, in – phase tapping ή

anti – phase tapping) σε συνδυασμό με την ταχύτητα του *tempo*. Έτσι, οι διακυμάνσεις τείνουν να είναι μεγαλύτερες στις σύμφωνες κρούσεις παρά στις κόντρα στο *tempo* στους αργούς ρυθμούς των ηχητικών ερεθισμάτων (IOI > 500 msec). Στους γρήγορους ρυθμούς οι διακυμάνσεις είναι πιο μικρές κάτω από τα 500 msec και παραμένουν σταθερές μέχρι το σημείο του κατώτερου ορίου διαστήματος ερεθισμάτων (IOI) (ή της ανώτερης ταχύτητας της κινηματικής του συντελεστή του δακτύλου) (Repp, 2005). Στις σύμφωνες με το *tempo* κρούσεις ο συντονισμός των κρούσεων δακτύλου τείνει να είναι πιο σταθερός σε σύγκριση με τις κρούσεις που εκτελούνται κόντρα στο *tempo*, ακόμη και σε σχετικά αργούς ρυθμούς.

Επιπλέον, οι Lewis και Miall (2003 a,b) στις πειραματικές τους δουλειές για τη διερεύνηση των υποκείμενων νευρωνικών μηχανισμών της επεξεργασίας χρόνου τράβηξαν μια διαχωριστική γραμμή υποδεικνύοντας διαφορετικά νευρωνικά κυκλώματα για την επεξεργασία χρονικής πληροφορίας των μικρών (αυτόματη) χρονικών διαστημάτων έναντι των μεγάλων χρονικών διαστημάτων (γνωσιακά ελεγχόμενη).

B. Η συνθήκη της ανατροφοδότησης στα πειράματα κρούσεων δακτύλου

Πολύ γνωστός και διαδεδομένος στην πειραματική έρευνα των κρούσεων δακτύλου είναι ο χειρισμός της συνθήκης της ανατροφοδότησης του εξωτερικού ερεθίσματος ως εξαρτημένου από την απτική κρούση για τη μελέτη των επιδράσεων του στις επιδόσεις χρόνου των συμμετεχόντων. Η παροχή του ηχητικού τόνου, στην περίπτωση αυτή, δεν είναι πια ανεξάρτητη από τις κρούσεις και την κινητική συμπεριφορά κάθε συμμετέχοντα (όπως συμβαίνει στη φάση συγχρονισμού), αλλά απόλυτα εξαρτημένη από τον τρόπο και τη συχνότητα με την οποία πραγματοποιεί τις κρούσεις.

Η ανατροφοδότηση έχει εφαρμοστεί στη δεύτερη φάση της διατήρησης του ρυθμού με διάφορους τρόπους που αφορούν την αισθητηριακή τροπικότητα (ακουστική, απτική), το χρόνο προβολής της (π.χ. καθυστερημένη ανατροφοδότηση), την ηχητική συχνότητα του εξωτερικού ερεθίσματος (ίδια ή διαφορετική με αυτή της φάσης συγχρονισμού), με ενημέρωση ή όχι των συμμετεχόντων για την παρουσία της ή με διοχέτευση αποτελεσμάτων (knowledge of results) για το μέγεθος των λαθών συγχρονισμού ή για την κατεύθυνση των ασυγχρονιών (Aschersleben, 2000a,b).

Έχει υποστηριχθεί ότι η μη ενημέρωση της παρουσίας ανατροφοδότησης επηρεάζει τις κινητικές αποκρίσεις των συμμετεχόντων οδηγώντας τους σε επιτάχυνση των κρούσεων (Fraisie & Voillaume, 1971, Vos et al., 1992). Ωστόσο, το φαινόμενο αυτό κατά τον Flach (2005) έχει παρατηρηθεί και στην περίπτωση που υπάρχει ενημέρωση για την παρουσία ανατροφοδότησης, ιδιαίτερα στις πρώτες κρούσεις στη μετάβαση από τη φάση συγχρονισμού στη φάση διατήρησης (κατά τον Flach (2005) οι πρώτες αυτές κρούσεις κατά τη μετάβαση δεν έχουν μελετηθεί επαρκώς στα πειράματα κρούσεων).

Αυτό το οποίο συμβαίνει στη φάση της διατήρησης, όταν λειτουργεί η συνθήκη της ανατροφοδότησης είναι ότι παύει το εξωτερικό ηχητικό ερέθισμα προς το οποίο συγχρόνιζαν για ένα χρονικό διάστημα τις κρούσεις τους οι συμμετέχοντες και αντικαθίσταται από ένα ηχητικό ερέθισμα ανατροφοδότησης κατά τη στιγμή της κάθε κρούσης. Δηλαδή, κάθε φορά που το δάκτυλο κάθε συμμετέχοντα αγγίζει το πλήκτρο, τότε προβάλλεται το ηχητικό ερέθισμα (στην ίδια ένταση και στην ίδια ή σε διαφορετική σε κάποια πειράματα συχνότητα με αυτή του ανεξάρτητης ηχητικής ακολουθίας της φάσης που προηγήθηκε, φάσης συγχρονισμού). Οι συμμετέχοντες, λοιπόν, υλοποιούν τις κρούσεις σε συγχρονισμό με αυτό που μοιάζει να αποτελεί το εξωτερικό ρυθμικό ερέθισμα (ενώ, στην πραγματικότητα, είναι η ανατροφοδότηση αυτού του ηχητικού σήματος η οποία εξαρτάται από τις κρούσεις που πραγματοποιούν). Συχνά παρατηρείται ως συνέπεια της συνθήκης αυτής το φαινόμενο της επιτάχυνσης των κρούσεων. Κατά την Aschersleben (2002), η ερμηνεία που μπορεί να δοθεί είναι ότι οι συμμετέχοντες, ενδεχομένως, να προσπαθούν να επανεδραιώσουν την αρνητική ασυγχρονία μεταξύ κρούσεων και ηχητικών τόνων.

Στα πλαίσια αυτών των μελετών για την επιρροή της ανατροφοδότησης έχει ενδιαφέρον και η μελέτη της προπόνησης συμμετεχόντων στη συνθήκη αυτή αλλά και η γνώση των αποτελεσμάτων της επίδοσής τους (knowledge of results) (Aschersleben, 2000a, b). Η συγγραφέας (2002) παρατήρησε ότι, όταν οι συμμετέχοντες ενημερώνονται για το μέγεθος και την κατεύθυνση των λαθών συγχρονισμού, μετά από ένα γύρο κρούσεων είναι ικανοί να υλοποιήσουν κρούσεις σε απόλυτη συγχρονία. Το αξιοσημείωτο και ενδιαφέρον είναι ότι αναφέρουν, ωστόσο, ότι πρέπει να καθυστερήσουν κατά τον υποκειμενικό τους τρόπο αντίληψής του ρυθμού τις κρούσεις τους, δηλαδή, πρέπει να τις πραγματοποιήσουν αρκετά πιο αργά προκειμένου να παράγουν την απαιτούμενη αντικειμενική συγχρονία.

Ο χειρισμός αυτός της ανατροφοδότησης προέρχεται στην ουσία, λοιπόν, από το χειρισμό της κρούσης, ή ακριβέστερα, από το χειρισμό της χρονικής καθυστέρησης μεταξύ της πραγματικής και της αντιληπτής κρούσης. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η καθυστέρηση, τόσο μεγαλύτερης διάρκειας πρέπει να είναι η απόσταση της προηγηθείσας πραγματικής κρούσης από τον πραγματικό ηχητικό τόνο, έτσι ώστε να επιτύχει τη σύμπτωση μεταξύ των δυο αντιληπτών γεγονότων και τόσο πιο έντονη θα είναι η αρνητική ασυγχρονία. Έχουν, στην πραγματικότητα, υπάρξει διάφοροι πειραματικοί χειρισμοί οι οποίοι έχουν δώσει εμπειρική στήριξη στις παραπάνω υποθέσεις. Τα πειράματα που έχουν σχεδιαστεί για να τις ελέγξουν ακολουθούν την αρχή του χειρισμού των χρονοκαθυστερήσεων στις μετατροπές μεταξύ κρούσης και κεντρικής της αντιπροσώπευσης. Οι χειρισμοί συνίστανται στην καθυστέρηση εγγενών χαρακτηριστικών ανατροφοδότησης, στην προσθήκη (ή και στην καθυστέρηση) εξωτερικών στοιχείων ανατροφοδότησης.

Η επίδραση της πρόσθετης ακουστικής ανατροφοδότησης τη στιγμή μόνο που πραγματοποιείται η κρούση έχει μελετηθεί, όπως αναφέρει η Aschersleben (2002), και ο χειρισμός της αφορά την προβολή του ηχητικού τόνου κάθε φορά που οι συμμετέχοντες αγγίζουν το πλήκτρο. Υποθέτοντας ότι ο χρονισμός της κρούσης δεν εξαρτάται από κανένα μεμονωμένο συστατικό ανατροφοδότησης αλλά από ένα ενοποιημένο αντίλημμα όλων των συνιστωσών ανατροφοδότησης, από έναν κώδικα ένωσης γεγονότων (“joint event code”) οι οποίες ενοποιούνται σε ένα κεντρικό αναπαραστασιακό επίπεδο, το αποτέλεσμα που αναμένεται και επιβεβαιώνουν και τα πειράματα είναι ένα μειωμένο χρονικό λάθος προληπτικής κρούσης (Aschersleben & Prinz, 1995, 1997). Στην περίπτωση αυτή της πρόσθετης ακουστικής ανατροφοδότησης η κρούση μπορεί να αναπαρασταθεί από ένα όψιμο, εσωτερικό (απτικό / κιναισθητικό) συστατικό και από ένα πρόιμο εξωτερικό ακουστικό συστατικό. Κάθε ενοποίηση των δύο αυτών συστατικών οδηγεί σε μια μειωμένη αρνητική ασυγχρονία (Aschersleben & Prinz, 1995, 1997, Mates & Aschersleben, 2000, Mates et al., 1992, O’ Boyle & Clarke, 1996), όπως παραθέτει η Aschersleben (2002).

Γ. Η συνθήκη της δεξιοχειρίας vs. αριστεροχειρίας στα πειράματα κρούσεων δακτύλου



Εικόνα 4



Εικόνα 5

Κατά τους Misra et al., (2008) το *κυρίαρχο χέρι* (προτίμησης) δίνει *κρούσεις ταχύτερες* (στους δεξιόχειρες δίνει ταχύτερες κρούσεις το δεξί χέρι vs. στους αριστερόχειρες δίνει ταχύτερες κρούσεις το αριστερό).

Σε μελέτες που πραγματοποίησαν οι McManus I.C. et al., (1986) συνέκριναν τις επιδόσεις των παραγόμενων διαστημάτων ως προς την *ταχύτητα* τόσο των *δακτύλων* όσο και των *χεριών* μεταξύ τους και βρήκαν ότι ο *δείκτης αποτελεί το ταχύτερο δάκτυλο και ο μεσαίος το βραδύτερο*, όπως επίσης ότι το *προτιμώμενο χέρι είναι ταχύτερο από το μη προτιμώμενο*.

Διαφορές, ωστόσο, δεν υπήρχαν μεταξύ των δύο χεριών στις *διακυμάνσεις των παραγόμενων διαστημάτων κρούσεων (ITI)* ως προς την *κανονικότητά τους*, όπως υπήρχαν ως προς την ταχύτητα.

Επομένως, παρόλο που τα παραγόμενα διαστήματα κρούσεων εμφανίζουν διαφορές μεταξύ των δακτύλων και των χεριών σε σχέση με την ταχύτητα, *οι διακυμάνσεις τους παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις μόνο μεταξύ δακτύλων αλλά όχι μεταξύ χεριών*.

Επιπλέον, η έλλειψη συνεπών διαφορών μεταξύ δεξιόχειρων και αριστερόχειρων και μεταξύ αυτών με και χωρίς ειδικές ικανότητες στα χέρια (manual skills) υποδηλώνει ότι οι διαφορές μεταξύ χεριών στα παραγόμενα διαστήματα κρούσεων δεν αποτελούν συνέπεια διαφορετικής εξάσκησης μεταξύ των δυο χεριών.

Διαφορετικοί μηχανισμοί συνάγονται και υποστηρίζεται ότι οι διαφορές μεταξύ των δακτύλων αποτελούν λειτουργία διαφορετικού περιφερικού κινητικού ελέγχου, ενώ οι διαφορές μεταξύ χεριών αποτελούν συνέπεια φλοιϊκής κυριαρχίας μηχανισμών ελέγχου.

Τέλος, η *αλληλεπίδραση μεταξύ κυρίαρχου χεριού και ταχύτητας κρούσεων* έδειξε ότι ήταν ανεξάρτητη από το συντελεστή κρούσης, δάκτυλο χεριού ή ποδιού.

II. Πειράματα Κρούσεων Δακτύλου

Πρόλογος

Τρία πειράματα κρούσεων δακτύλου πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο CAG (Cognition and Action Group) του Αιγινήτειου Νοσοκομείου της Αθήνας από το Μάιο μέχρι τον Ιούλιο του 2009 σε ένα δείγμα 21 υγιών ανδρών και γυναικών ηλικίας 18-24 ετών (πρωτοετών φοιτητών του τμήματος Ψυχολογίας του Παντείου Πανεπιστημίου).

Το δείγμα στην πλειοψηφία του είχε λάβει στο παρελθόν μουσική ή αθλητική παιδεία και υπήρχαν άτομα που εξακολουθούσαν να παίζουν κάποιο μουσικό όργανο, αλλά σε ερασιτεχνικό επίπεδο. Δε θα μπορούσε να χαρακτηριστεί λοιπόν δείγμα ειδικευμένων μουσικών ή επαγγελματιών, δεξιοτεχνών, αλλά δείγμα με μια εμπειρία σε θέματα μουσικής, άθλησης και ρυθμού.

Τα πειράματα διενεργήθηκαν με τυχαία σειρά, ενώ κάθε συμμετέχων ήρθε δύο ξεχωριστές μέρες στο εργαστήριο, την πρώτη έλαβε μέρος σε 2 από τα 3 πειράματα και τη δεύτερη πραγματοποίησε το τελευταίο που υπολειπόταν. Για κάθε συμμετέχοντα τόσο η σειρά πραγματοποίησης των πειραμάτων όσο και η σειρά υλοποίησης των συνθηκών κάθε πειράματος υπήρξε διαφορετική και με τυχαίο τρόπο καθορισμένη.

Προβλήματα τεχνικά στην υλοποίηση των κρούσεων, στον τρόπο με τον οποίο έπρεπε να πραγματοποιηθούν οι κρούσεις, στις αποστάσεις των υποκειμένων από τη συσκευή καταγραφής και στο χρόνο διάρκειας κάθε σειράς πειράματος διευθετήθηκαν έτσι ώστε να εξασφαλιστούν όμοιες συνθήκες στην πραγματοποίηση των πειραμάτων μεταξύ όλων των συμμετεχόντων.

Ο χώρος εφαρμογής των πειραμάτων ήταν ημιφωτισμένος, οι κανόνες εκτέλεσης των κρούσεων διήρκησαν 10-15 λεπτά για κάθε συμμετέχοντα, ενώ υπήρξε και προπόνηση με 2 τυχαία επιλεγμένες συνθήκες κάθε φορά στην αρχή κάθε νέου πειράματος για να εξοικειωθεί με τις απαιτήσεις του πειράματος και να εξασφαλιστεί η κατανόηση του περιεχομένου των πειραμάτων.

Το πρώτο πείραμα των γρήγορων ρυθμών (Πείραμα 1, fast tempos) διήρκησε περίπου 40-50 λεπτά, το δεύτερο πείραμα των αργών ρυθμών (Πείραμα 2, slow tempos) διήρκεσε περίπου 1 ½ - 1 ώρα και 45 λεπτά και το τρίτο πείραμα των

ελεύθερων/αυθόρμητων κρούσεων δακτύλου (Πείραμα 3, free/spontaneous tapping) διήρκησε περίπου 30 – 40 λεπτά.

Από το δείγμα των 21 ατόμων απορρίφθηκαν τελικώς 3 συμμετέχοντες λόγω πολύ κακών επιδόσεων, επομένως η επεξεργασία και η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε σε 18 συμμετέχοντες

Πείραμα 1 (fast tempi)

Το πρώτο πείραμα διερεύνησε την *ικανότητα αισθητηριοκινητικού συγχρονισμού* στις δύο φάσεις συγχρονισμού - διατήρησης ρυθμού σε χρονικά διαστήματα μικρά από 450 – 1000 ms (450 ms, 650 ms, 850 ms και 1000 ms).

Μεθοδολογία - Υλικά & Μέσα

Η μέθοδος διερεύνησης είναι οι *κινητικές κρούσεις δακτύλου* με το δείκτη δεξιού/αριστερού χεριού και με παρουσία / απουσία ανατροφοδότησης στη φάση της διατήρησης.

Τα πειράματα υλοποιήθηκαν σε ειδικό πρόγραμμα της *Matlab* για την αναπαραγωγή των *ισόχρονων ηχητικών ερεθισμάτων* και για την καταγραφή των κρούσεων μέσω μιας *συνδεδεμένης με το υπολογιστικό πρόγραμμα μεταλλικής επιφάνειας* που λειτουργούσε ως αισθητήρας των καταγραφόμενων απτικών επαφών (κρούσεις).

Η *μεταλλική επιφάνεια* ήταν στερεωμένη πάνω σε μια μαλακή επιφάνεια ενός διπλωμένου πανιού πάνω στο τραπέζι, ώστε να απορροφώνται κραδασμοί ή ήχοι που μπορούσαν να λειτουργήσουν ως μορφή ακουστικής ανατροφοδοτικής πληροφορίας πέραν από την επιθυμητή που προερχόταν καθαρά από την συντελεσμένη κρούση πάνω στην επιφάνεια. Επιπλέον, ήταν συνδεδεμένη με καλώδια που κατέληγαν στο πρόγραμμα της *Matlab* του υπολογιστή στο οποίο καταγραφόταν η *χρονική τιμή πραγματοποίησης της κρούσης*.



Εικόνα 6

Ως ακουστικό ερέθισμα χρησιμοποιήθηκε ο φυσικός ήχος των χτύπων ενός τυμπάνου που προβαλλόταν από δύο ηχεία στο πίσω μέρος κάθε συμμετέχοντα και σε απόσταση 60 εκατοστών. Η συχνότητα δειγματοληψίας του ακουστικού ερεθίσματος ήταν 44,1 kHz = 44.100 Hz, ενώ η διάρκειά του ήταν 94 msec.

Όλοι οι συμμετέχοντες φόρεσαν ακουστικά από την αρχή κάθε δοκιμασίας τα οποία χρησίμευαν στην πραγματικότητα στη δεύτερη φάση της διατήρησης και μόνο για τη συνθήκη της παρουσίας ανατροφοδότησης των ήχων που λάμβαναν τη στιγμή που πραγματοποιούσαν κάθε κρούση. Η ηχητική συχνότητα των χτύπων που άκουγαν στη συνθήκη της ανατροφοδότησης ήταν διαφορετική από αυτή του τυμπάνου και ήταν ενήμεροι τόσο για αυτό όσο και για το γεγονός ότι σε κάποια χρονική στιγμή θα συντελούνταν η μετάβαση από το συγχρονισμό στη διατήρηση με ή χωρίς τη συνθήκη της ανατροφοδότησης. Η προειδοποίηση της ύπαρξης της ανατροφοδότησης αποσκοπούσε στην αποφυγή του αιφνιδιασμού ή της διακοπής της διαδικασίας από τους συμμετέχοντες στους οποίους είχε επισημανθεί ότι σε κάθε περίπτωση σκοπός ήταν να τηρούν σταθερό το tempo, είτε άκουγαν τους ηχητικούς ρυθμούς που προκαλούσαν οι κρούσεις τους (ανατροφοδότηση) είτε δεν άκουγαν απολύτως τίποτα από κάποια στιγμή και εξής μέχρι το τέλος της δοκιμασίας (απουσία ανατροφοδότησης).

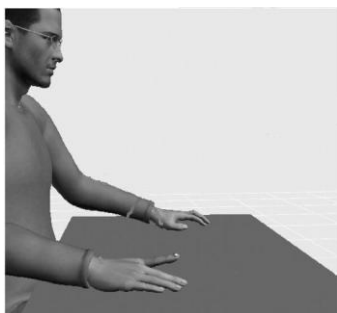
Για την υλοποίηση του πειράματος επίσης χρησιμοποιήθηκε μια συσκευή η οποία παρείχε μια ένδειξη φωτεινή και σηματοδοτούσε την έναρξη και λήξη κάθε δοκιμασίας, ήταν καθ' όλη τη διάρκειά της αναμμένη, ενώ βρισκόταν σε απόσταση 80 εκατοστών από το πρόσωπο των συμμετεχόντων ευθεία μπροστά τους. Σε όλη της διάρκεια κάθε δοκιμασίας κάθε πειραματικής συνθήκης οι συμμετέχοντες εστίαζαν σε αυτή τη φωτεινή ένδειξη.

Τέλος, χρησιμοποιήθηκε και μια συσκευή η οποία τοποθετήθηκε κάτω από το σαγόνι κάθε συμμετέχοντα προκειμένου να σταθεροποιήσει το κεφάλι του και να αποφύγει περιττές κινήσεις κατά τη διάρκεια υλοποίησης των κρούσεων.

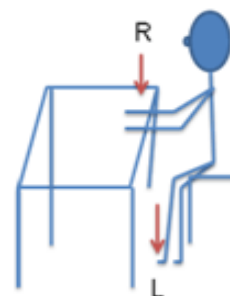
Πειραματικός σχεδιασμός

Το πρώτο (fast tempos) και το δεύτερο πείραμα (slow tempos) έχουν κοινό πειραματικό σχεδιασμό. Κατ' αρχάς κάθε συμμετέχων έπρεπε να καθίσει στη θέση μπροστά στο τραπέζι με το σαγόνι ακουμπισμένο στην ειδική συσκευή εκατέρωθεν της οποίας είχε τους πήχεις των χεριών ακουμπισμένους σε φυσική στάση πάνω στο

τραπέζι, τις παλάμες κάθετα όμοια με την τοποθέτησή τους κατά την πληκτρολόγηση (βλ. εικόνες 7 & 8), ενώ ανάμεσα στα χέρια του στο ύψος της παλάμης βρισκόταν η μεταλλική επιφάνεια τοποθετημένη πάνω στο μαλακό πανί για να αποφεύγει να ακούει τον ήχο της κρούσης του.



Εικόνα 7



Εικόνα 8

Σκοπός του πρώτου και του δεύτερου πειράματος (fast – slow tempi) αποτέλεσε η διερεύνηση των διακυμάνσεων των παραγόμενων διαστημάτων κρούσεων ΙΤΙ σε σχέση με τα αντίστοιχα καθορισμένα χρονικά διαστήματα (IOI).

Η δομή των πειραμάτων κρούσεων δακτύλου (Πείραμα 1^ο & 2^ο) ακολουθεί την κλασική διττή διαίρεση. Τα πειράματα διακρίνονται, δηλαδή, στις δύο φάσεις που έχουν περιγραφεί παραπάνω (συγχρονισμός - διατήρηση) οι οποίες αποτέλεσαν μία από τις συνθήκες συγκριτικής διερεύνησης των επιδόσεων των συμμετεχόντων στη μία και στην άλλη περίπτωση.

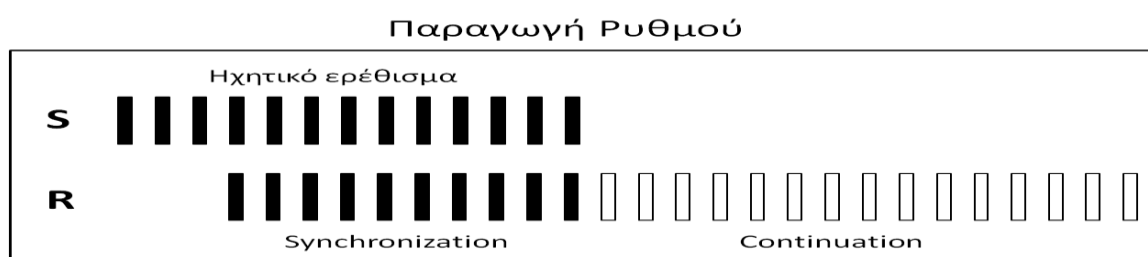
Οι υπόλοιπες συνθήκες που διερευνήθηκαν ήταν: η πραγματοποίηση κρούσεων με *αριστερό/δεξί χέρι*, *παρουσία/απουσία ανατροφοδότησης στη φάση της διατήρησης* και, τέλος, ορίζοντας *μικρά χρονικά διαστήματα* (γρήγορα tempi) των 450, 650, 850 και 1000 ms (σύνολο 16 συνθήκες στις δύο φάσεις κάθε δοκιμασίας). Κάθε μία συνθήκη έτρεξε με τυχαίο τρόπο, ενώ υπήρξε επανάληψη 3 δοκιμασιών κάθε συνθήκης.

Πριν την έναρξη κάθε πειράματος οι συμμετέχοντες προκειμένου να εξοικειωθούν και να βεβαιωθούν ότι είχαν κατανοήσει τις οδηγίες και το περιεχόμενο των πειραμάτων υλοποιούσαν με τυχαίο τρόπο δυο συνθήκες από μια φορά.

Η διαδικασία, λοιπόν, ήταν η ακόλουθη. Ξεκινούσε κάθε δοκιμασία με 3 χτυπήματα τυμπάνου χωρίς να υλοποιούνται όμως παράλληλα συγχρονισμένες κρούσεις. Τα 3 αρχικά αυτά χτυπήματα χρησίμευαν, έτσι ώστε να μπορέσει να αντιληφθεί κάθε συμμετέχων ποιο ήταν το tempo με το οποίο έπρεπε αρχικά να συγχρονίσει τις κρούσεις (συγχρονισμός) ή το οποίο έπρεπε εν συνεχεία να τηρήσει

σταθερό (διατήρηση). Μετά το πέρας των 3 χτύπων άναβε η φωτεινή ένδειξη που σήμαινε την έναρξη της δοκιμασίας και των συγχρονισμένων κρούσεων. Καθ' όλη τη διάρκεια της δοκιμασίας ο συμμετέχων εστίαζε στην ένδειξη η οποία παρέμενε αναμμένη μέχρι τη λήξη της διαδικασίας.

Δεν επιτρεπόταν να κινεί κανένα σωματικό μέλος, χέρι, πόδι ή κεφάλι ούτε το χέρι που δε συμμετείχε στις κρούσεις ούτε όμως και κανένα άλλο δάκτυλο του χεριού που συμμετείχε στις κρούσεις. Τέλος δεν επιτρεπόταν να κοιτά το δάκτυλό του έτσι ώστε να αποφευχθεί εκτός της ηχητικής (θόρυβος της κρούσης) και η οπτική ανατροφοδότηση μέσα από την παρατήρηση της κίνησης του δακτύλου. Η ανατροφοδότηση που αναπόφευκτα συντελούσε στην κινητική κρούση λοιπόν ήταν η απτική και η κιναισθητική.



Εικόνα 9

Στον 4^ο χτύπο του τυμπάνου άρχιζε η φάση συγχρονισμού και κάθε συμμετέχων υλοποιούσε 10 κρούσεις συγχρονισμένες με το ηχητικό ερέθισμα του τυμπάνου (βλ. εικόνα 9). Την πρώτη φάση του συγχρονισμού άμεσα διαδεχόταν η δεύτερη φάση της διατήρησης όπου το ηχητικό ερέθισμα έπαυε (συνθήκη απουσίας ανατροφοδότησης) ή διοχετευόταν μέσω των ακουστικών με διαφορά στην ηχητική του συχνότητα μόνο τη στιγμή που ο συμμετέχων πραγματοποιούσε την κρούση και ανάλογα με τη συχνότητα και το ρυθμό που χτυπούσε (συνθήκη παρουσίας ανατροφοδότησης). Η φάση της διατήρησης παρουσία ή απουσία της συνθήκης ανατροφοδότησης άρχιζε στην 11^η κρούση και διατηρούνταν για έναν αριθμό 15 κρούσεων.

Αποτελέσματα

Από την ανάλυση πολλαπλών μετρήσεων της Anova (Anova repeated measures) για το πρώτο πείραμα (1^ο πείραμα, fast tempi) σχετικά με τις ασυγχρονίες που εκδήλωσαν οι συμμετέχοντες προέκυψαν στατιστικά σημαντικές οι συνθήκες της φάσης συγχρονισμού / διατήρησης (synch), $F = 7,782$, $p = 0,013$, της ανατροφοδότησης

(παρουσία / απουσία ανατροφοδότησης) (feed), $F= 56,945$, $p = 0,000$ και, ακολούθως, οι αλληλεπιδράσεις της συνθήκης *συγχρονισμού / διατήρησης* με τη συνθήκη της *ανατροφοδότησης* (synch * feed), $F= 62,578$, $p = 0,000$, της *ανατροφοδότησης* με το *χρόνο* (tempo) (feed * tempo), $F = 2,821$, $p = 0,048$ και, τέλος, της συνθήκης *συγχρονισμού / διατήρησης* με την *ανατροφοδότηση* και με το *tempo* (synch * feed * tempo), $F = 3, 434$, $p = 0,024$.

Με βάση έναν επιπλέον κώδικα ανάλυσης των ενδιάμεσων αλληλεπιδράσεων των συνθηκών του 1^{ου} πειράματος προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα για τα λάθη συγχρονισμού (ασυγχρονίες) στις επιδόσεις των συμμετεχόντων τα οποία είναι στατιστικά σημαντικά. Στην αλληλεπίδραση συνθηκών *ανατροφοδότησης* και *συγχρονισμού / διατήρησης ρυθμού* (feed * synch) κατά την *παρουσία / απουσία ανατροφοδότησης* ο μέσος όρος των ασυγχρονιών κυμαίνεται από 0,000 – 0,006 sec που δηλώνει γενικά καλές επιδόσεις συγχρονισμού και τήρησης του ρυθμού.

Επιπλέον, από την αλληλεπίδραση *ανατροφοδότησης* και *tempo* (feed * tempo) *παρουσία / απουσία ανατροφοδότησης* ο μέσος όρος ασυγχρονιών κυμαίνεται από

-0,16 sec (στα 1000 ms, αρνητική ασυγχρονία) μέχρι 0,013 sec (στα 850 ms, θετική ασυγχρονία). Συγκεκριμένα, τόσο κατά την *παρουσία* όσο και κατά την *απουσία ανατροφοδότησης* στις αλληλοσυσχετίσεις μεταξύ των 4 tempo του πρώτου πειράματος (1 → 450 ms, 2 → 650 ms, 3 → 850 ms και 4 → 1000 ms) για τις ασυγχρονίες που εκδηλώθηκαν προκύπτει στατιστικά σημαντική η σχέση μεταξύ των 450 και 1000 ms ($p = 0.001$), 650 και 1000 ms ($p = 0.001$), 850 και 1000 ms ($p = 0,000$) και, τέλος, η σχέση των 1000 ms με όλους τους άλλους χρόνους (450, 650 και 850 ms). Συγκριτικά με όλους τους χρόνους του πρώτου πειράματος οι κυριότερες ασυγχρονίες που εμφάνισαν οι συμμετέχοντες και οι οποίες έδωσαν στατιστικά σημαντικές τιμές είναι αυτές του 4^{ου} (1000 ms), δηλ. του πιο αργού από τους 4 ρυθμούς που υιοθετήθηκαν στο πρώτο πείραμα.

Ανάλογη είναι και η εικόνα στις αλληλεπιδράσεις των συνθηκών μεταξύ *ανατροφοδότησης* (παρουσία / απουσία ανατροφοδότησης), *tempo* και συνθήκης *συγχρονισμού / διατήρησης ρυθμού* (feed * tempo * synch). Κατά την *παρουσία ανατροφοδότησης* και στις δύο συνθήκες *συγχρονισμού / διατήρησης ρυθμού* στις αλληλοσυσχετίσεις μεταξύ των 4 tempo (1 → 450 ms, 2 → 650 ms, 3 → 850 ms και 4 → 1000 ms) για τις ασυγχρονίες που εκδηλώθηκαν προκύπτει στατιστικά σημαντική η σχέση μεταξύ των 450 και 1000 ms ($p = 0.002$), 650 και 1000 ms ($p = 0.001$), 850

και 1000 ms ($p = 0,000$) και, τέλος, η σχέση των 1000 ms με όλους τους άλλους χρόνους (450, 650 και 850 ms).

Κατά την *απουσία ανατροφοδότησης* στη συνθήκη της *φάσης συγχρονισμού* στις συγκρίσεις των 4 tempo μεταξύ τους στις ασυγχρονίες που παρουσίασαν οι συμμετέχοντες προκύπτουν στατιστικά σημαντικές μόνο αυτές της σχέσης μεταξύ των 850 ms και των 1000 ms ($p = 0,044$), ενώ στη συνθήκη της *φάσης της διατήρησης του ρυθμού* κατά τις ενδιάμεσες συγκρίσεις των tempo προκύπτουν στατιστικά σημαντικές οι σχέσεις μεταξύ των 450 και 1000 ms ($p = 0.002$), 650 και 1000 ms ($p = 0.001$), 850 και 1000 ms ($p = 0,003$) και, τέλος, η σχέση των 1000 ms με όλους τους άλλους χρόνους (450, 650 και 850 ms).

Τέλος, για το tempo των 450 ms στη *φάση διατήρησης του ρυθμού* οι διαφορές μέσων όρων των ασυγχρονιών μεταξύ των συνθηκών *παρουσίας – απουσίας ανατροφοδότησης* είναι στατιστικά σημαντικές. Το ίδιο ισχύει και για τις διαφορές μέσων όρων των ασυγχρονιών της *φάσης συγχρονισμού* για τα 850 ms.

Συζήτηση

Στο πρώτο πείραμα (γρήγορα tempi) η διαφορά μέσων όρων (μ.ο.) των εκδηλούμενων ασυγχρονιών *παρουσία ανατροφοδότησης* κυμαίνεται μεταξύ -0.029-0.029 sec για τους δύο μεγαλύτερους χρόνους των 850 και 1000 ms και είναι ελαφρώς μεγαλύτερη από την αντίστοιχη διαφορά μ.ο. *απουσία ανατροφοδότησης* που κυμαίνεται μεταξύ -0.027-0.027 sec στους χρόνους των 1000 και 650 ms. Το αποτέλεσμα αυτό έρχεται σε αντίθεση με τη βιβλιογραφία που αναφέρει ότι η παρουσία εξωτερικής ακουστικής ανατροφοδότησης μειώνει τις ασυγχρονίες (Aschersleben & Prinz, 1995). Ωστόσο, η διαφορά είναι αμελητέα ώστε να μπορεί να υποστηριχθεί ότι το εύρημα αυτό αντιβαίνει τη βιβλιογραφία. Άλλωστε τα επίπεδα των ασυγχρονιών μπορούν να χαρακτηριστούν χαμηλά και γενικά φανερώνουν ένα καλό επίπεδο συγχρονισμού που μπορεί να αποδίδεται τόσο σε προσεκτική εκτέλεση των κρούσεων και εφαρμογή των κανόνων του πειράματος από τους συμμετέχοντες όσο και στη μερική μουσική ή αθλητική τους παιδεία που τους καθιστά ένα δείγμα που μπορεί σαφώς να ανταποκριθεί καλύτερα από ανθρώπους με παντελή έλλειψη μουσικής ή αθλητικής δεξιότητας και ενασχόλησης με θέματα ρυθμού. Οι παρατηρούμενες ασυγχρονίες δεδομένου ότι συμβαίνουν στους μεγαλύτερους χρόνους που μειώνεται η ικανότητα για συγχρονισμό και αυξάνονται οι διακυμάνσεις

στα διαστήματα ITIs δείχνουν καλή επίδοση στα έργα συγχρονισμού και επίδραση της συνθήκης της ανατροφοδότησης στα αποτελέσματα.

Κατά τις αλληλεπιδράσεις των συνθηκών της ανατροφοδότησης με το χρόνο και τη συνθήκη συγχρονισμού / διατήρησης ρυθμού παρατηρούνται τα εξής. Η διαφορά μ.ο. των εκδηλούμενων ασυγχρονιών παρουσία ανατροφοδότησης για τη φάση συγχρονισμού κυμαίνεται μεταξύ -0.028 - 0.028 sec (για τους δύο μεγαλύτερους χρόνους των 850 και 1000 ms) και είναι χαμηλότερη από τη διαφορά μ.ο. της φάσης διατήρησης η οποία κυμαίνεται μεταξύ -0.032 - 0.032 sec (παρατηρείται μεταξύ των ακραίων χρόνων των 450 και 1000 ms). Το εύρημα συμφωνεί με τη βιβλιογραφία που υποστηρίζει ότι οι ασυγχρονίες είναι μεγαλύτερες στη φάση διατήρησης από ό,τι στη φάση συγχρονισμού. Ωστόσο, η διαφορά τους είναι μικρή και γενικότερα κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα και για τις δυο συνθήκες δεδομένου ότι τα περιθώρια των φυσιολογικών και μη αντιληπτών ασυγχρονιών βρίσκονται μεταξύ των 20 – 80 ms (και μπορεί να φτάσει και μέχρι τα 100 ms) μιλώντας για αρνητικές ασυγχρονίες οι οποίες είναι συχνότερες και συστηματικά παρατηρούμενες στα πειράματα κρούσεων.

Γενικότερα οι ασυγχρονίες κυμαίνονται περίπου σε επίπεδα χαμηλά έως -15 - 20 ms για εκπαιδευμένους μουσικούς, ενώ μπορεί να είναι έως -50 – 100 ms περίπου για ανθρώπους χωρίς μουσική παιδεία. Οι ασυγχρονίες του δείγματός μας κυμαίνονται σε ενδιάμεσα επίπεδα γεγονός το οποίο τους κατατάσσει στην κατηγορία ενός πιο σχετικού και έμπειρου πληθυσμού σε θέματα ρυθμού. Οι αντίστοιχες διαφορές των μ.ο. των ασυγχρονιών (πάλι για τους μεγαλύτερους χρόνους των 650, 850 και 1000 ms) απουσία ανατροφοδότησης στη φάση διατήρησης βρίσκονται μεταξύ των -0.035 – 0.035 sec που φανερώνουν πάλι μικρές διαφορές κατά την παρουσία έναντι της απουσίας ανατροφοδότησης. Ωστόσο οι ασυγχρονίες είναι έστω και ελάχιστα μεγαλύτερες όταν δεν υπάρχει ανατροφοδότηση και μάλιστα για τους μεγαλύτερους χρόνους το οποίο είναι συμβατό με τη βιβλιογραφία για αύξηση των ασυγχρονιών στα μεγαλύτερα tempi χωρίς τη συμβολή της ανατροφοδότησης που μειώνει τις ασυγχρονίες.

Σε χαμηλά επίπεδα κυμαίνονται και οι διαφορές μ.ο. των ασυγχρονιών με χαμηλότερη την τιμή των 0.018 sec απουσία ανατροφοδότησης στις δύο φάσεις συγχρονισμού / διατήρησης για το μεγαλύτερο χρόνο των 1000 ms, ενώ είναι χαμηλότερες παρουσία ανατροφοδότησης (0.010 sec) πάλι για τους μεγαλύτερους χρόνους (850, 1000 ms).

Πείραμα 2 (slow tempi)

Το δεύτερο πείραμα (πείραμα 2^ο) διερεύνησε την *ικανότητα αισθητηριοκινητικού συγχρονισμού* στις δύο φάσεις συγχρονισμού - διατήρησης ρυθμού σε χρονικά διαστήματα μεγάλα από 1500 – 3500 ms (1500 ms, 2500 ms και 3500 ms).

Μεθοδολογία - Υλικά & Μέσα

Ακολουθήθηκε η ίδια μεθοδολογία με αυτή του Πειράματος 1 των γρήγορων ρυθμών (πείραμα 1^ο, fast tempi). Δηλαδή, η μέθοδος διερεύνησης είναι οι *κινητικές κρούσεις δακτύλου* με το δείκτη δεξιού/αριστερού χεριού και με *παρουσία/απουσία ανατροφοδότησης* στη φάση της διατήρησης.

Πειραματικός σχεδιασμός

Στο Πείραμα 2 ακολουθήθηκε ο ίδιος ακριβώς πειραματικός σχεδιασμός με το Πείραμα 1.

Σκοπός του δεύτερου πειράματος (slow tempi), όπως ακριβώς και του πρώτου (fast tempi), αποτέλεσε η διερεύνηση των διακυμάνσεων των παραγόμενων διαστημάτων κρούσεων ΙΠΙ σε σχέση με τα αντίστοιχα καθορισμένα χρονικά διαστήματα (IOI).

Η δομή του 2^{ου} πειράματος κρούσεων δακτύλου (Πείραμα 2^ο) είναι η ίδια με αυτή του 1^{ου} πειράματος, ακολουθείται, δηλαδή, και εδώ η διττή διαίρεση. Το πείραμα διακρίνεται στις δύο φάσεις (*συγχρονισμός - διατήρηση*) οι οποίες αποτέλεσαν μία από τις συνθήκες *συγκριτικής διερεύνησης των επιδόσεων των συμμετεχόντων*.

Διερευνήθηκαν, επιπλέον, οι ίδιες συνθήκες με αυτές στο Πείραμα 1 -πέραν της συνθήκης της *φάσης συγχρονισμού/διατήρησης του ρυθμού-*, δηλαδή, η συνθήκη *αριστερού/δεξιού χεριού* και η συνθήκη *παρουσίας/απουσίας ανατροφοδότησης* στη *φάση της διατήρησης*.

Η διαφορά είναι ότι στο πείραμα αυτό ελέγχθηκε η *ικανότητα συγχρονισμού και τήρησης ρυθμού σε μεγάλα χρονικά διαστήματα* (αργά tempi) των 1500, 2500 και 3500 ms (σύνολο 12 συνθήκες στις δύο φάσεις κάθε δοκιμασίας).

Αποτελέσματα

Στο δεύτερο πείραμα (2^ο πείραμα, *slow tempi*) στις ασυγχρονίες που εκδήλωσαν οι συμμετέχοντες προέκυψαν στατιστικά σημαντικές οι συνθήκες της *ανατροφοδότησης* (feed), $F = 7,432$, $p = 0,014$, καθώς και η αλληλεπίδραση των συνθηκών της *φάσης συγχρονισμού / διατήρησης ρυθμού* με την *ανατροφοδότηση* (παρουσία / απουσία ανατροφοδότησης) (*synch * feed*), $F = 7,708$, $p = 0,013$.

Με τον επιπλέον κώδικα ανάλυσης των αλληλεπιδράσεων εντός των συνθηκών του 2^{ου} πειράματος προκύπτει το ακόλουθο αποτέλεσμα για τα λάθη συγχρονισμού (ασυγχρονίες) στις επιδόσεις των συμμετεχόντων που είναι στατιστικά σημαντικό. Στην αλληλεπίδραση συνθηκών *ανατροφοδότησης* και *συγχρονισμού / διατήρησης ρυθμού* (feed * synch) κατά την απουσία ανατροφοδότησης ο μέσος όρος των ασυγχρονιών κυμαίνεται από $-0,31 - 0,012$ sec με μέγιστη την αρνητική ασυγχρονία ($-0,31$) στη *φάση διατήρησης του ρυθμού* και μέγιστη τη θετική ασυγχρονία ($0,012$ sec) στη *φάση συγχρονισμού*. Οι διαφορές μέσω όρων ασυγχρονίας μεταξύ των δύο αυτών συνθηκών (φάσης διατήρησης ρυθμού - φάσης συγχρονισμού) κατά την *απουσία ανατροφοδότησης* είναι στατιστικά σημαντικές.

Συζήτηση

Στο *δεύτερο πείραμα* (αργά *tempi*) –όπως ακριβώς συνέβη και στο πρώτο πείραμα- στατιστικά σημαντικές αναδείχθηκαν η συνθήκη της *ανατροφοδότησης* και η αλληλεπίδραση των συνθηκών *φάσης συγχρονισμού / διατήρησης ρυθμού* με την *ανατροφοδότηση*. Συγκεκριμένα, υπήρξε στατιστικά σημαντική η διαφορά μ.ο. των ασυγχρονιών *απουσία ανατροφοδότησης* στις φάσεις *συγχρονισμού – διατήρησης ρυθμού* στα 0.043 sec η οποία κυμαίνεται σε μέσα επίπεδα ασυγχρονίας, ωστόσο, είναι αρκετά μεγαλύτερα συγκριτικά με τη διαφορά μ.ο. των ασυγχρονιών στις ίδιες φάσεις *παρουσία ανατροφοδότησης* που βρίσκεται στα 0.011 sec επιβεβαιώνοντας τη βιβλιογραφία για μεγαλύτερες ασυγχρονίες στα πειράματα κρούσεων χωρίς τη συνθήκη της ανατροφοδότησης.

Επίσης, συγκριτικά με την αντίστοιχη διαφορά μ.ο ασυγχρονιών στην ίδια συνθήκη, δηλαδή, στην *απουσία ανατροφοδότησης* στο *πρώτο πείραμα των γρήγορων ρυθμών* που κυμαινόταν στα 0.035 sec η *διαφορά μ.ο. ασυγχρονιών στην ίδια συνθήκη για το δεύτερο πείραμα είναι μεγαλύτερη κατά 10 ms περίπου*. Αυτό είναι σύμφωνο με

τη βιβλιογραφία κατά την οποία *στα πιο αργά tempi* συγκριτικά με τα πιο γρήγορα *tempi* οι *ασυγχρονίες* είναι *μεγαλύτερες*, ειδικά κατά την *απουσία της ανατροφοδότησης*.

Επιπλέον, τα επίπεδα στατιστικής σημαντικότητας της συνθήκης της ανατροφοδότησης είναι χαμηλότερα στο πρώτο πείραμα των γρήγορων ρυθμών σε σχέση με το δεύτερο των αργών. Αυτό σημαίνει μεγαλύτερη επίδραση της συνθήκης αυτής στα μικρότερα χρονικά διαστήματα το οποίο είναι σύμφωνο με τη βιβλιογραφία (Repp, 2005) για πιο σημαντική συμβολή της ανατροφοδότησης στα βραχύχρονα IOIs στα οποία παρατηρείται αισθητό το φαινόμενο οι κινητικές αποκρίσεις να συμπαρασύρονται από τα ηχητικά ρυθμικά εξωτερικά ερεθίσματα. Παρόλο που οι διαφορές στους μ.ο ασυγχρονιών και στα επίπεδα στατιστικής σημαντικότητας μεταξύ γρήγορων και αργών ρυθμών δεν είναι μεγάλες, ωστόσο, η έστω και κατά μικρό βαθμό μικρότερη επίδραση της ανατροφοδότησης στα *αργά tempi* θα μπορούσε να αποδοθεί στο ούτως ή άλλως δύσκολο έργο του συγχρονισμού στα μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα. Δεδομένης αυτής της δυσκολίας τα επίπεδα των ασυγχρονιών παραμένουν σχετικά χαμηλά γεγονός που επιβεβαιώνει την καλή επίδοση στο έργο συγχρονισμού και διατήρησης του ρυθμού των συμμετεχόντων και στα *αργά tempi*.

Πείραμα 3 (free / spontaneous tapping)

Το τρίτο πείραμα (Πείραμα 3^ο) διερεύνησε την *ικανότητα παραγωγής και διατήρησης ρυθμού, του προσωπικού, ελεύθερου ρυθμού* κάθε συμμετέχοντα. Η ελεύθερη ή αυθόρμητη παραγωγή ρυθμού χρησιμοποιείται στη διερεύνηση της ικανότητας αισθητηριοκινητικού συγχρονισμού με ένα εσωτερικά υπαγορευόμενο ρυθμικό ερέθισμα (internal timekeeper). Εδώ ο συντονισμός στην ουσία *κίνησης και αντίληψης* ενός αισθητηριακού ερεθίσματος συμβαίνει με ένα εσωτερικό περιοδικό γεγονός που αποτελεί το προσωπικό tempo κάθε συμμετέχοντα και που για τον καθένα είναι διαφορετικό. Οπότε δεν υπάρχει στο πείραμα αυτό η κλασική διαίρεση σε δύο φάσεις συγχρονισμού και διατήρησης ρυθμού, όπως στα Πειράματα 1 και 2. Για την ακρίβεια, δεν υπάρχει η πρώτη φάση συγχρονισμού των κρούσεων γιατί δεν υπάρχει ανεξάρτητο εξωτερικό ηχητικό ερέθισμα. Ουσιαστικά το πείραμα αυτό περιλαμβάνει μία μόνο φάση, τη φάση διατήρησης του προσωπικού tempo που πρέπει να τηρήσει σταθερό κάθε συμμετέχων (πρέπει πάντα αυτό που εκτελεί να

είναι μια ισόχρονη ρυθμική ακολουθία που την παράγει ένας κινητικός ρυθμός). Στην πραγματικότητα, το πείραμα των ελεύθερων / αυθόρμητων κρούσεων δακτύλου προκύπτει ως μια παραλλαγή των κλασικών πειραμάτων κρούσεων για τη διερεύνηση του αισθητηριοκινητικού συγχρονισμού αφαιρώντας το εξωτερικό ερέθισμα και τη φάση συγχρονισμού και ζητώντας από τους συμμετέχοντες να παράγουν τον ελεύθερο προσωπικό τους ρυθμό. Το πείραμα των ελεύθερων κρούσεων έχει χρησιμοποιηθεί λιγότερο από ό,τι τα κλασικά πειράματα διερεύνησης του αισθητηριοκινητικού συγχρονισμού (tapping experiments). Έχουν, ωστόσο, υπάρξει πειράματα στα οποία ζητείται από τους συμμετέχοντες να πραγματοποιήσουν το προσωπικό άνετό τους ρυθμό, αυτόν που τους είναι βολικός (Repp, 2005, Yamada, 1996). Τότε οι συμμετέχοντες πραγματοποιούν περίπου δύο κρούσεις το δευτερόλεπτο (Drake et al., 2000). Όπως παραθέτει ο Repp (2005), οι Collyer et al. (1992, 1994, 1997) έχουν υποδείξει μια “υπογραφή ενός ταλαντωτή” (oscillator signature) στις διαφορές των αυτο-ρυθμιζόμενων κρούσεων δακτύλου (self – paced finger tapping, free - tapping) σε ένα εύρος χρόνων προτείνοντας δύο φυσικές περιόδους, μία των 250 ms και η άλλη των 500-600 ms. Ίσως, υποστηρίζει ο Repp (2005), η βραχύτερη περίοδος ανακλά τη φυσική περίοδο συχνότητας του δακτύλου, ενώ η μακρότερη χρονική περίοδος (η οποία μοιάζει με αυτή του προτιμώμενου ρυθμού στις κινητικές κρούσεις δακτύλου όπως και με το ρυθμό του βαδίσματος) ίσως έχει γνωσιακή προέλευση.

Στο παρόν πείραμα διερευνήθηκε η ικανότητα των συμμετεχόντων να τηρήσουν σταθερό ένα ισόχρονο κινητικό μοτίβο αφού τους ζητήθηκε να παράγουν ελεύθερα τον προτιμώμενο γρήγορο, μεσαίο και αργό τους ρυθμό.

Μεθοδολογία - Υλικά & Μέσα

Η μέθοδος διερεύνησης είναι οι κινητικές κρούσεις δακτύλου με το δείκτη δεξιού / αριστερού χεριού και με παρουσία / απουσία ανατροφοδότησης στη μία φάση του πειράματος που είναι η φάση της διατήρησης του προσωπικού γρήγορου, μεσαίου ή αργού ρυθμού.

Πειραματικός Σχεδιασμός

Η στάση καθίσματος των συμμετεχόντων, καθώς και η τοποθέτηση των χεριών τους και οι κανόνες που έλαβαν είναι κοινά και για τα τρία πειράματα κρούσεων δακτύλου.

Σκοπός του πρώτου και του δεύτερου πειράματος (fast – slow tempi) αποτέλεσε η διερεύνηση των διακυμάνσεων των παραγόμενων διαστημάτων κρούσεων ΙΤΙ σε σχέση με τα αντίστοιχα καθορισμένα χρονικά διαστήματα (IOI) στις δύο φάσεις συγχρονισμού και διατήρησης ρυθμού στις οποίες διαιρούνταν τα Πειράματα 1 και 2.

Σκοπός του τρίτου πειράματος (Πείραμα 3) είναι η διερεύνηση της ικανότητας τήρησης του προσωπικού γρήγορου, μεσαίου ή αργού ρυθμού σταθερού, των διακυμάνσεων που εμφανίζουν οι συμμετέχοντες στα ΙΤΙs που παράγουν και των διατομικών διαφορών στους προσωπικούς ελεύθερα επιλεγμένους ρυθμούς.

Στις ελεύθερες κρούσεις ο συμμετέχων παρήγε ελεύθερα στη *μία μόνο φάση διατήρησης ρυθμού τον προσωπικό γρήγορο, μεσαίο ή αργό του ρυθμό πραγματοποιώντας 15 κρούσεις.*

Οι *συνθήκες* που συνολικά διερευνήθηκαν στο Πείραμα 3 είναι οι εξής: ελεύθερη επιλογή και εκτέλεση του προσωπικού γρήγορου – μεσαίου – αργού tempo, πραγματοποίηση κρούσεων συγχρονισμένων κατ' ουσίαν με έναν από τους παραπάνω ρυθμούς *με αριστερό / δεξί χέρι* και τέλος υλοποίηση του προσωπικού tempo καθ' όλη τη διάρκεια της δοκιμασίας (από την 1^η έως τη 15^η κρούση) *παρουσία / απουσία ανατροφοδότησης* (12 συνθήκες).

Η *διαδικασία* ήταν ελαφρώς διαφοροποιημένη στο Πείραμα 3. Ξεκινούσε κάθε δοκιμασία κατευθείαν με το άναμμα της φωτεινής ένδειξης με το οποίο σηματοδοτούνταν η έναρξη των κρούσεων (καθώς δεν υπήρχε εδώ ανεξάρτητο ηχητικό ερέθισμα με το οποίο συγχρονίζονταν οι κρούσεις). Κάθε συμμετέχων λάμβανε μια οδηγία, π.χ. πραγματοποίησε τον προσωπικό σου γρήγορο ρυθμό με το δεξί σου χέρι. Επίσης, ήταν ενήμερος ότι θα λάμβανε ή όχι ανατροφοδότηση από την αρχή της δοκιμασίας και μέχρι το σβήσιμο της φωτεινής ένδειξης οπότε και έληγε η διαδικασία. Καθ' όλη τη διάρκεια της δοκιμασίας και μέχρι το πέρας αυτής ήταν εστιασμένος μόνο στη φωτεινή ένδειξη - η οποία παρέμενε αναμμένη μέχρι τη λήξη της διαδικασίας - και φορούσε τα ακουστικά τα οποία χρησίμευαν στην πραγματικότητα και στα τρία πειράματα μόνο στη συνθήκη παρουσίας

ανατροφοδότησης. Ο κάθε συμμετέχων στη συνθήκη απουσίας ανατροφοδότησης δεν άκουγε τίποτα κατά την υλοποίηση των κρούσεων του (όπως συνέβαινε ακριβώς στη φάση διατήρησης του ρυθμού στα Πειράματα 1 και 2 κατά τη συνθήκη απουσίας ανατροφοδότησης).

Η ένδειξη άναβε και άρχιζε η υλοποίηση κάθε είδους προσωπικού ρυθμού (γρήγορου, μεσαίου ή αργού). Μόλις ολοκληρωνόταν μια σειρά 15 κρούσεων έσβηνε η ένδειξη και έληγε η δοκιμασία. Ανάλογα με την παρουσία / απουσία ανατροφοδότησης κάθε συμμετέχων ή δεν άκουγε τίποτα ή διοχετευόταν μέσω των ακουστικών τη στιγμή που πραγματοποιούσε την κρούση ένα ηχητικό ερέθισμα κατά το tempo της επιλογής του το οποίο του παρεχόταν ανάλογα με τη συχνότητα και το ρυθμό που χτυπούσε.

Αποτελέσματα

Στο τρίτο πείραμα (3^ο πείραμα, ελεύθερες / αυθόρμητες κρούσεις δακτύλου) στις ασυγχρονίες που εκδήλωσαν οι συμμετέχοντες προέκυψαν στατιστικά σημαντικές οι συνθήκες της ανατροφοδότησης (feed), $F = 37,554$, $p = 0,000$, του χρόνου (tempo), $F = 6,873$, $p = 0,000$, καθώς και η αλληλεπίδραση των συνθηκών αυτών, ανατροφοδότησης (παρουσία / απουσία ανατροφοδότησης) και χρόνου (feed * tempo), $F = 9,401$, $p = 0,002$.

Με τον κώδικα ανάλυσης των αλληλεπιδράσεων εντός των συνθηκών του 3^{ου} πειράματος προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα για τα λάθη συγχρονισμού (ασυγχρονίες) στις επιδόσεις των συμμετεχόντων τα οποία είναι στατιστικά σημαντικά. Στην αλληλεπίδραση των συνθηκών ανατροφοδότησης (παρουσία / απουσία ανατροφοδότησης) και χρόνου (feed * tempo) τόσο κατά την παρουσία όσο και κατά την απουσία ανατροφοδότησης σε όλες τις ενδιάμεσες συγκρίσεις μεταξύ όλων των tempos, 1 (= αργό tempo), 2 (= μεσαίο tempo) και 3 (γρήγορο tempo) για τις ασυγχρονίες που εκδηλώθηκαν προκύπτουν στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα.

Συζήτηση

Στο τρίτο πείραμα (ελεύθερες / αυθόρμητες κρούσεις δακτύλου) στατιστικά σημαντικές ήταν οι επιδράσεις των συνθηκών της ανατροφοδότησης και του χρόνου, καθώς και η αλληλεπίδραση των δυο αυτών συνθηκών, της ανατροφοδότησης με το

χρόνο (όπως συνέβη και στο πρώτο πείραμα των γρήγορων ρυθμών). Συγκεκριμένα, προέκυψαν στατιστικά σημαντικές όλες οι επιμέρους *συγκρίσεις των tempos στις συσχετίσεις κάθε tempo με τα υπόλοιπα δύο* (1 → αργό, 2 → μεσαίο και 3 → γρήγορο). Η διαφορά των μ.ο. των ασυγχρονιών στη συνθήκη *παρουσίας / απουσίας ανατροφοδότησης* στη φάση διατήρησης του ρυθμού είναι στα 0.126 sec και αποτελεί το μεγαλύτερο μέγεθος των ασυγχρονιών που παρατηρούνται και στα τρία πειράματα κρούσεων. Η τιμή είναι υψηλή αλλά ουσιαστικά εδώ το έργο είναι πιο δύσκολο καθώς κάθε συμμετέχων δε συγχρονίζεται με ένα ανεξάρτητο και εξωτερικό περιοδικό ερέθισμα αλλά με ένα εσωτερικό, προσωπικό και υποκειμενικό χρονικό μηχανισμό που του υπαγορεύει το tempo με το οποίο πρέπει να συντονίσει τον κινητικό ρυθμό που καλείται να παράγει. Ωστόσο, οι επιδόσεις δεδομένης αυτής της ελευθερίας που δημιουργεί η έλλειψη εξωτερικού ηχητικού ρυθμικού ερεθίσματος – η οποία διαφοροποιεί και δυσκολεύει αρκετά τη διαδικασία συγκριτικά με τα δύο άλλα πειράματα – είναι γενικά σταθερές και κυμαίνονται γενικά σε επίπεδα ελάχιστα υψηλότερα από την αναμενόμενη ασυγχρονία. Το πείραμα αυτό έχει ενδιαφέρον ούτως ή άλλως και για τη διερεύνηση των ικανοτήτων του ανθρώπου στην ελεύθερη παραγωγή και τήρηση του ατομικού ρυθμού και γενικότερα για τη διερεύνηση των διατομικών διαφορών και των κοινών χαρακτηριστικών που μπορεί να εμφανίζουν οι συμμετέχοντες στα μοτίβα των 3 ρυθμών (γρήγορων, μεσαίων και αργών) που επιλέγουν.

Γενική Συζήτηση

Στο πρώτο πείραμα (fast tempi) σημειώθηκαν διαφορές στατιστικά σημαντικές στις επιδόσεις των συμμετεχόντων στη συνθήκη συγχρονισμού / διατήρησης ρυθμού με τάσεις υλοποίησης βιαστικότερων κρούσεων στη διατήρηση έναντι του συγχρονισμού (anticipation tendency).

Οι επιδόσεις στα γρήγορα tempi ήταν καλύτερες συγκριτικά με αυτές στα αργά tempi (μεγαλύτερες ασυγχρονίες στα αργά συγκριτικά με τα γρήγορα tempi).

Οι ασυγχρονίες που εκδήλωσαν οι συμμετέχοντες κυμάνθηκαν σε ενδιάμεσα και φυσιολογικά επίπεδα, καθώς το δείγμα είχε λάβει μαθήματα μουσικής ή χορού στο παρελθόν και ένα μέρος αυτού ήταν ενεργό και εξοικειωμένο με θέματα ρυθμού είτε παίζοντας κάποιο μουσικό όργανο είτε κάνοντας αθλητισμό. Οι επιδόσεις των συμμετεχόντων ήταν καλές και στα 3 πειράματα.

Πιο μεγάλες διαφορές μ.ο. στις εκδηλούμενες ασυγχρονίες των συμμετεχόντων (για τους μεγαλύτερους χρόνους των 650, 850 και 1000 ms) σημειώθηκαν στη συνθήκη απουσίας ανατροφοδότησης παρά στη συνθήκη παρουσίας ανατροφοδότησης στη φάση διατήρησης. Οι ασυγχρονίες ήταν πιο αυξημένες στα μεγαλύτερα tempi των γρήγορων ρυθμών, ενώ ήταν μεγαλύτερες στα αργά tempi και στο τρίτο πείραμα των ελεύθερων κρούσεων συγκριτικά με το πρώτο των γρήγορων ρυθμών. Στους αργούς ρυθμούς οι επιδόσεις στις δύο φάσεις είναι πολύ κοντινές

Δεδομένου του ότι ο αισθητηριοκινητικός συγχρονισμός δυσχεραίνει στα μεγάλα χρονικά διαστήματα (IOIs), τα επίπεδα των ασυγχρονιών που εκδήλωσαν οι συμμετέχοντες παραμένουν σχετικά χαμηλά, γεγονός που επιβεβαιώνει την καλή επίδοση των συμμετεχόντων στο έργο συγχρονισμού και διατήρησης του ρυθμού και στα αργά tempi.

Η συνθήκη της φάσης συγχρονισμού έναντι της φάσης διατήρησης του ρυθμού έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές στα γρήγορα tempi αλλά όχι στα αργά tempi.

Η συνθήκη των γρήγορων έναντι των αργών ρυθμών έδειξε μεγαλύτερες ασυγχρονίες στη δεύτερη περίπτωση και πιο καλές επιδόσεις στην πρώτη. Γενικά το πρώτο πείραμα δε δυσκόλεψε τους συμμετέχοντες, ενώ στο δεύτερο ήταν έκδηλες οι δυσκολίες συγχρονισμού ειδικά στο πιο αργό tempo από τα τρία των αργών ρυθμών, όπου συχνά παρατηρούνταν το φαινόμενο η κρούση να αποτελεί αντίδραση στο

ηχητικό ερέθισμα (reaction) παρά συγχρονισμένη κινητική εκτέλεση (timed response) (Repp, 2005).

Η *συνθήκη της ανατροφοδότησης* υπήρξε στατιστικά σημαντική και στα τρία πειράματα και φαίνεται ότι αποτέλεσε την ανεξάρτητη εκείνη μεταβλητή που επέδρασε περισσότερο από όλες με μεγαλύτερη την επιρροή της στα γρήγορα *tempri* και στις ελεύθερες κρούσεις και μικρότερη στα αργά *tempri*.

Η *συνθήκη αριστεροχειρίας / δεξιοχειρίας* δεν έδωσε στατιστικά σημαντικές τιμές σε κανένα πείραμα, αποτέλεσμα το οποίο είναι συμβατό με τη βιβλιογραφία ότι και το κυρίαρχο χέρι (προτιμώμενο) και το μη κυρίαρχο (μη προτιμώμενο) είναι εξ ίσου ικανά στις επιδόσεις σε έργα συγχρονισμού.

Στις *ελεύθερες / αυθόρμητες κρούσεις δακτύλου* οι *διακυμάνσεις* ήταν μεγαλύτερες από ό,τι στα άλλα δύο πειράματα. Ενδιαφέρον είχαν στο πείραμα αυτό οι *μέσοι χρόνοι των προτιμώμενων προσωπικών γρήγορων, μεσαίων και αργών ρυθμών* που επέλεξαν οι συμμετέχοντες να παράγουν. Υπάρχει μια αναλογική σχέση των τριών μοτίβων το εύρος των οποίων βρίσκεται πολύ κοντά στα *όρια (rate limits) του αισθητηριοκινητικού συγχρονισμού (200 – 1800 ms)*. Η *μέση τιμή* για το *ελεύθερα επιλεγμένο γρήγορο tempo* βρίσκεται στα *500 ms*, για το *μεσαίο* στα *1000 ms* και για το *αργό* στα *1.500 ms*.

Επίλογος

Όπως αναφέρουν οι Eagleman et al. (2005), ο εγκέφαλος αξιοποιεί γνώση του χρόνου που έχει διανυθεί για να προβλέψει αισθητηριακά γεγονότα και για να προετοιμάσει και να οργανώσει εγκαίρως τις κατάλληλες ενέργειες. Ο χρόνος είναι κρίσιμος διατρέχοντας όλη την ανθρώπινη δραστηριότητα από την ενέργεια του πιο χαμηλού επιπέδου (νευρωνικός υπολογισμός) έως αυτή του υψηλότερου γνωσιακού επιπέδου, πχ. εκτέλεση μουσικής στο πιάνο.

Πολύ ενδιαφέροντα είναι τα σημεία επαφής της μελέτης του χρόνου και της κλινικής νευροεπιστήμης. Οι μελέτες του χρόνου τις τελευταίες δεκαετίες έχουν αλλάξει άρδην τον τρόπο που αντιμετωπίζει η σύγχρονη νευροεπιστήμη ορισμένες δυσλειτουργίες, όπως είναι για παράδειγμα οι αφασίες ή μορφές δυσλεξίας, τις οποίες δυνάμει τις εκτιμά ως πιθανές δυσλειτουργίες επεξεργασίας χρόνου παρά ως γλωσσικές δυσλειτουργίες (Merzenich et al., 1996), όπως οι Eagleman et al. (2005) παραθέτουν. Ωστόσο, μια σειρά άλλων βλαβών αποδίδονται σε ελλείμματα στην αντίληψη του χρόνου και στην ικανότητα παραγωγής χρονισμένης κινητικής συμπεριφοράς, όπως συμβαίνει με τη νόσο του Parkinson (Riesen & Schnider, 2001), το σύνδρομο διάσπασης προσοχής και υπερδραστηριότητας (Kerns et al., 2001) και τη σχιζοφρένεια (Davalos et al., 2003) κατά τους Eagleman et al. (2005).

Η μέθοδος των κρούσεων δακτύλου στον αισθητηριοκινητικό συγχρονισμό αποτελεί ένα χρήσιμο και πρακτικό διαγνωστικό εργαλείο, αλλά και ένα θεωρητικό επιστημονικό εργαλείο για την προσπάθεια κατανόησης του τρόπου και των μορφών της επεξεργασίας χρονικής πληροφορίας, καθώς και για τη διερεύνηση των ενεχόμενων εγκεφαλικών περιοχών που συνδέονται με λειτουργίες του κινητικού χρονισμού, της αντίληψης ρυθμού, των χρονικών εκτιμήσεων (αντίληψη χρόνου). Πολύ εποικοδομητική θα μπορούσε να αποδειχθεί και η επέκταση των εφαρμογών της μεθόδου αυτής για θεραπευτικούς σκοπούς, σκοπούς άσκησης για την αποκατάσταση βλαβών, καθώς και η προέκτασή της σε άλλα διεπιστημονικά πεδία προκειμένου να διερευνηθούν ζητήματα λόγου, ελλειμμάτων ή αδυναμιών στην παραγωγή λόγου (περιπτώσεις μορφών αφασίας, δυσλεξίας, κ.λπ.) που είναι πολύ λιγότερο μελετημένες στη βιβλιογραφία συγκριτικά με τις βλάβες στην κίνηση.

Στη βιβλιογραφία είναι πυκνές και ολοένα αυξανόμενες οι μελέτες εκείνες που επιχειρούν να συνδέσουν την αντίληψη, την κινητική δράση και το λόγο και να

εντάξουν τις λειτουργίες αυτές υπό την ευρύτερη θεωρητική υπόθεση για την ύπαρξη ενδεχόμενων κοινών υποκείμενων χρονικών μηχανισμών που, ίσως, διέπουν το χρονισμό αυτών των γνωσιακών λειτουργιών (Keele et al., 1985).

Πάντα παραμένουν ανοιχτά ερωτήματα για τις έννοιες του ενοποιημένου ή κατακερματισμένου χρόνου και για την αυτονομία μηχανισμών που αναλαμβάνουν επεξεργασία χρονικής πληροφορίας, αν αυτοί ενυπάρχουν και είναι εξαρτώμενοι από άλλες γνωσιακές λειτουργίες ως συνοδευτικοί αυτών μηχανισμοί, π.χ της μνήμης, της προσοχής, της αντίληψης.

Επίσης, δεν είναι απόλυτα αποσαφηνισμένο το ζήτημα του διαχωρισμού του κινητικού παράγοντα από τον παράγοντα χρόνο *per se*.

Επιπλέον, τα ζητήματα που έχουν απασχολήσει την έρευνα αφορούν τις εμπλεκόμενες με την επεξεργασία χρονικής πληροφορίας εγκεφαλικές περιοχές οι οποίες εμφανίζουν ενεργοποίηση κατά την αντίληψη χρόνου ή κατά την παραγωγή χρονισμένης κίνησης ή ακόμη και κατά τη φαντασία κινητικών πράξεων εναρμονισμένων προς ηχητικούς ρυθμούς. Λόγος ακόμη έχει γίνει για ζητήματα γενικότερων βιορυθμών οι οποίοι συνδέουν για παράδειγμα λειτουργίες όπως η ταχύτητα ομιλίας ή γραφής με κοινούς υποκείμενους χρονικούς μηχανισμούς ως ρυθμιστές αυτών των λειτουργιών. Σε μελέτες έχει, επίσης, υποστηριχθεί ότι και οι ευρύτεροι βιολογικοί ρυθμοί, πχ. κερκαδιανοί ρυθμοί επιδρούν στην αντίληψη ρυθμού και στον κινητικό χρονισμό.

Στα ζητήματα της αντίληψης του χρόνου και του κινητικού χρονισμού ανά περιοδικά χρονικά διαστήματα εμπλέκονται οι λειτουργίες της μνήμης και της προσοχής οι οποίες επιδρούν στην αντίληψη ρυθμού και ενδεχομένως λειτουργούν ως τροποποιητές αυτής.

Αποτελεί αρθρωτό σύστημα η λειτουργία επεξεργασίας του χρόνου; Δεν υπάρχει κανένα γνωστό σύστημα αποκλειστικά προορισμένο και ειδικευμένο στην επεξεργασία χρόνου. Επίσης, υπάρχουν μελέτες που έχουν διερευνήσει τη σχέση του ρυθμού με την εξέλιξη της μουσικής και του λόγου υποστηρίζοντας ότι η αντίληψη ρυθμού και ο αισθητηριοκινητικός συγχρονισμός συνέβαλαν φυλογενετικά στην εξέλιξη της μουσικής και, ενδεχομένως, και της γλώσσας (Merker, 1999 / 2000). Έχει υποστηριχθεί ότι και οντογενετικά οι λειτουργίες της κίνησης και παραγωγής λόγου συνεξελίσσονται και ότι η αντίληψη του χρόνου (ρυθμού) μπορεί να αποτελεί έναν κοινό τους υποκείμενο χρονικό μηχανισμό που τις οργανώνει χρονικά και τις “ρυθμίζει”.

Ακόμη, πολύ ενδιαφέρον είναι και το ζήτημα της συνείδησης που εμπλέκεται στη λειτουργία της αντίληψης του χρόνου. Γίνεται ο χρόνος μόνο αντιληπτός ως ένα συνειδητό εμπειρικό βίωμα μέσα από τα γεγονότα που συμβαίνουν; Χωρίς αυτά θα είχαμε αίσθηση και αντίληψη της ροής του χρόνου; Ποιες κινητικές συμπεριφορές αντιστοιχούν σε αυτοματοποιημένους μηχανισμούς χρόνου και ποιες σε γνωσιακά ελεγχόμενους χρονικούς μηχανισμούς; Η αντίληψη του χρόνου ίσως να σχετίζεται με τη λειτουργία της συνείδησης.

Τέλος, έχει υπογραμμιστεί ο ρόλος και η επίδραση του θετικού ή αρνητικού συναισθήματος στην αντίληψη του χρόνου, αλλά και των διάφορων εγκεφαλικών δομών μνήμης (ιππόκαμπος, βασικός πρόσθιος εγκέφαλος και κροταφικός λοβός) οι οποίες συνεισφέρουν στο νοητικό χρόνο (mind time) και οργανώνουν τα βιώματά μας σε χρονολογίες απομνημονευμένων γεγονότων (Damasio, 2002).

Σε κάθε περίπτωση το πεδίο της αντίληψης του χρόνου είναι πολύ ευρύ και δικαιολογημένα χρήζει διεπιστημονικής και διαθεματικής έρευνας. Το παρήγορο είναι ότι ειδικά για το θέμα αυτό πρόσφατες μελέτες έχουν αρχίσει να καθιερώνουν ένα γόνιμο έδαφος διερεύνησης του φαινομένου στο οποίο μπορούν να συνδυαστούν πειραματικές τεχνικές μέθοδοι, όπως είναι η ηλεκτροφυσιολογία, η ψυχοφυσική, το EEG, το fMRI και τα υπολογιστικά γνωσιακά μοντέλα.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ερμηνευτικά μοντέλα προσομοίωσης της λειτουργίας του χρόνου

1. Νευρωνικοί μηχανισμοί αισθητηριακού χρόνου (sensory timing)

Είναι πολλές εκείνες οι μελέτες που επιχειρούν να προσδιορίσουν τα ψυχοφυσικά χαρακτηριστικά και να ερευνήσουν τον εντοπισμό της επεξεργασίας του χρόνου. Ο όρος, όμως, “μηχανισμοί” αναφέρεται στις νευρωνικές ιδιότητες που είναι πραγματικά ευαίσθητες στο “χρόνο”. Υπάρχουν διάφορα μοντέλα των πιθανών νευρωνικών μηχανισμών που υπόκεινται της λειτουργίας του χρόνου. Για λόγους ευκολίας τα μοντέλα αυτά μπορούν να υποδιαιρεθούν σε δύο κατηγορίες: τα μοντέλα “χαρακτηριστικής γραμμής” (labeled lines) και τα μοντέλα “ρολογιού πληθυσμών” (population clocks) (Buonomano & Karmarkar, 2002). Υπάρχει και μια τρίτη κατηγορία, το κλασικό “μοντέλο ρολογιού” (clock model) πρωτότυπο του οποίου είναι τα “εσωτερικά ρολόγια” (internal clocks).

1.1 Μοντέλα “χαρακτηριστικής γραμμής” (labeled lines)

Η πλειοψηφία των μοντέλων που έχει επιχειρήσει την περιγραφή των νευρωνικών μηχανισμών οι οποίοι υπόκεινται της επεξεργασίας του χρόνου έχει επηρεαστεί από το μοντέλο “γραμμή καθυστέρησης” (delay line model) που χρησιμοποιείται στην επεξεργασία της χρονοκλίμακας των μικροδευτερολέπτων (microsecond). Στα μοντέλα αυτά υπάρχει μια παράταξη νευρώνων καθένας από τους οποίους αποκρίνεται επιλεκτικά σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Αυτό θεωρείται ότι αποτελεί μια “χαρακτηριστική γραμμή” (labeled lines), καθώς υπάρχει ένας χωριστός δίαυλος ή νευρώνας για κάθε χρονικό διάστημα. Για να εφαρμόσει κανείς το μοντέλο “χαρακτηριστικής γραμμής” στο εύρος των δεκάδων έως και εκατοντάδων χιλιοστών του δευτερολέπτου (millisecond), πρέπει να υπάρχει κάποια χρονική ιδιότητα η οποία επιτρέπει οι νευρώνες να αποκρίνονται επιλεκτικά σε ένα δοσμένο χρονικό διάστημα. Επειδή πρέπει να υπάρχει ένα εύρος μονάδων επιλεκτικών σε χρονικά διαστήματα (interval-selective units), όποια και να είναι η

χρονική ιδιότητα, πρέπει να υπάρχει ένα φάσμα διαφορετικών σταθερών του χρόνου για διαφορετικές μονάδες (Buonomano & Karmarkar, 2002).

Τα μοντέλα “χαρακτηριστικής γραμμής” στις διάφορες μορφές τους έχουν ως κοινό το ότι σε κάθε περίπτωση υπάρχουν στοιχεία τα οποία είναι εξειδικευμένα για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Διαφορετικά τέτοια στοιχεία ρητά μπορούν να συντονίζονται με διαφορετικά χρονικά διαστήματα καθώς οι σταθερές χρόνου προσαρμόζονται και τα διαφορετικά στοιχεία έτσι ρυθμίζονται για διαφορετικές αξίες. Εφ’ όσον η επεξεργασία χρόνου για διαφορετικά χρονικά διαστήματα εκτελείται από διαφορετικούς πληθυσμούς νευρώνων, πιθανόν θα μπορούσε κανείς να προβλέψει ότι είναι δυνατή η κατάργηση επεξεργασίας χρόνου για ένα διάστημα των 250 msec, ενώ παράλληλα είναι δυνατό η χρονική επεξεργασία ενός χρονικού διαστήματος των 50 msec να παραμείνει φυσιολογική. Υπολογιστικά τα μοντέλα αυτά είναι πολύ αποδοτικά για απλά έργα όπως είναι η διάκριση χρονικών διαστημάτων. Ωστόσο, στην πιο απλή τους εφαρμογή δεν ανταποκρίνονται καλά σε σύνθετες μορφές χρονικής επεξεργασίας όπως είναι οι κινητικές ακολουθίες και ο λόγος (Buonomano & Karmarkar, 2002).

1.2 Μοντέλα “ρολογιών πληθυσμού” (population clocks)

Στα μοντέλα “ρολογιών πληθυσμού” (population clocks ή population models) η επεξεργασία του χρόνου κωδικοποιείται στην ενεργοποίηση ενός πληθυσμού νευρώνων σε ένα νευρωνικό δίκτυο. Δηλαδή, κάθε νευρώνας του δικτύου αυτού περιέχει κάποια χρονική πληροφορία. Μια πρόσθετη διαφορά των μοντέλων αυτών με τα μοντέλα “χαρακτηριστικής γραμμής” είναι ότι δεν υπάρχει εδώ ένα ρητό εύρος σταθερών χρόνου ή χρονοκαθυστερήσεις ειδικά ρυθμισμένες ώστε να “πιάσουν” συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα. Τα μοντέλα “ρολογιών πληθυσμού” είναι μια μορφή κατανεμημένης επεξεργασίας του χρόνου. Άρα υποθετικά δε θα μπορούσε κανείς να προκαλέσει εντοπισμένες βλάβες οι οποίες επιλεκτικά να προσβάλλουν ένα χρονικό διάστημα αλλά όχι τα άλλα διαστήματα. Γενικά βασίζονται στη δυναμική τοπικών νευρωνικών δικτύων και σε αλλαγές στην κατάσταση του δικτύου που εξαρτώνται από τη χρονική επεξεργασία (time-dependent changes). Αυτές οι αλλαγές μπορεί να είναι το αποτέλεσμα ιδιοτήτων που εξαρτώνται από το χρόνο (Buonomano & Karmarkar, 2002).

Οποιοδήποτε αρχικό γεγονός φθάσει σε ένα νευρωνικό δίκτυο μπορεί να ενεργοποιήσει έναν νευρωνικό πληθυσμό και να εγείρει μια σειρά από ιδιότητες που εξαρτώνται από το χρόνο. Έτσι, όταν φθάσει ένα δεύτερο γεγονός 100 msec αργότερα, το ίδιο ερέθισμα θα φθάσει σε μια διαφορετική κατάσταση του νευρωνικού δικτύου. Και αυτό γιατί η ίδια είσοδος πληροφορίας μπορεί να ενεργοποιήσει διαφορετικούς νευρωνικούς πληθυσμούς οι οποίοι εξαρτώνται από την πρόσφατη ιστορία του δικτύου, δηλαδή από την κατάστασή του από το πρώτο ερέθισμα που δέχθηκε.

Σε αυτό τον τύπο μοντέλων δεν υπάρχει ένα φάσμα διαφορετικών σταθερών χρόνου, εντούτοις οι νευρώνες μπορούν να αποκρίνονται επιλεκτικά σε ένα εύρος διαφορετικών χρονικών διαστημάτων. Εφαρμογές αυτού του μοντέλου σε τεχνητά δίκτυα έχουν δείξει ότι μπορεί να διακρίνει χρονικά διαστήματα και απλές χρονικές ακολουθίες (Buonomano & Merzenich 1995, Buonomano, 2000), όπως αναφέρουν οι Buonomano & Karmarkar (2002).

II. Ερμηνευτικά μοντέλα επεξεργασίας του χρόνου

1. Μοντέλα αντίληψης του χρόνου

Οι Ivry και Schlerf (2008) έχουν υποστηρίξει τη θεωρητική υπόθεση δύο ερμηνευτικών πλαισίων για την *αντίληψη του χρόνου* θεωρώντας ότι αυτή αποτελεί συνέπεια είτε αποκλειστικών (dedicated) νευρωνικών μηχανισμών είτε ότι ο χρόνος κωδικοποιείται ως μια εγγενής και διαδεδομένη ιδιότητα της νευρωνικής δραστηριότητας.

1.1 Ειδικά προορισμένα μοντέλα χρονικής επεξεργασίας (dedicated models)

Τα ειδικά προορισμένα μοντέλα είναι κατ' ουσία αρθρώματα. Όπως στην όραση οι επιστήμονες μιλούν για εξειδικευμένους μηχανισμούς για την αντίληψη του χρώματος ή της κίνησης, τα αρθρωτά μοντέλα της αντίληψης του χρόνου συνεπάγονται κάποιο είδος ειδικού μηχανισμού που αναπαριστά τις χρονικές σχέσεις μεταξύ των γεγονότων.

Το μοντέλο βηματοδότης – καταμετρητής (pacemaker-counter model) και τα φασματικά μοντέλα (spectral models) του χρόνου συνιστούν παραδείγματα αρθρωτών συστημάτων. Στα ειδικά προορισμένα μοντέλα επεξεργασίας του χρόνου οι αναπαραστάσεις χρονικών διαστημάτων θεωρούνται ως ειδικευμένες λειτουργίες, μοναδικές για ιδιαίτερες νευρωνικές δομές και παρέχουν έναν λειτουργικό χρονοτοπικό χάρτη που επιστρατεύεται σε διαφορετικές δοκιμασίες.

Η θέση υπέρ της θεώρησης των ειδικών προορισμένων μοντέλων προέρχεται από την παρατήρηση ότι η αντίληψη του χρόνου φαίνεται να διαπερνά το είδος αίσθησης του ερεθίσματος. Γι' αυτό και μπορούμε να συγκρίνουμε τη χρονική διάρκεια ενός ακουστικού τόνου με αυτή ενός οπτικού φωτός, όπως επίσης μπορούμε και να αναπαράγουμε το ρυθμό ενός χρονικού διαστήματος (μέτρου) από ένα ακουστικό ερέθισμα με ένα απτικό (χτυπήματα σε μια επιφάνεια). Αυτός ο τρόπος να κάνουμε συγκρίσεις ή να παράγουμε ρυθμούς με την κίνησή μας στο πλαίσιο διαφορετικών αισθήσεων ίσως υπαινίσσεται κάποιο είδος εσωτερικού ρολογιού (internal clock) ως έναν υποκείμενο νευρωνικό χρονικό μηχανισμό.

Τα συμπεριφοριστικά δεδομένα επίσης υποδεικνύουν ως πιο πιθανή τη θεώρηση των ειδικών προορισμένων μοντέλων. Οι ατομικές διαφορές στην ικανότητα αντίληψης του χρόνου εμφανίζουν συσχετίσεις μεταξύ των δεδομένων της αντίληψης και αυτών της κινητικής δραστηριότητας (Keele et al., 1985, Ivry et al., 1995), όπως αναφέρουν οι Ivry και Schlerf (2008). Οι μετρήσεις της ποικιλίας ή της διασποράς των τιμών είναι αναλογικές προς την τιμή της μέσης χρονικής διάρκειας και όταν οι δοκιμασίες ταιριάζουν κατάλληλα η αναλογία αυτή είναι όμοια για δεδομένα από την αντίληψη και από την κινητική δραστηριότητα.

Επομένως, αν βασιστεί κανείς στην υπόθεση ότι η ιδιότητα αυτή προκύπτει από σηματο-εξαρτώμενο θόρυβο (signal-dependent noise) σε ένα κοινό σύστημα (αντίληψης-δράσης), τότε τα δεδομένα υποδεικνύουν ότι ενδεχομένως τα ειδικά προορισμένα μοντέλα είναι αυτά που χρησιμοποιούνται ως το σύστημα της αντίληψης και επεξεργασίας του χρόνου.

Τα δεδομένα ωστόσο από μελέτες σε βλάβες ενεχόμενων στην αντίληψη του χρόνου εγκεφαλικών περιοχών ή από δεδομένα απεικονιστικών μεθόδων άλλοτε εμφανίζονται να ευνοούν τα ειδικά προορισμένα μοντέλα και άλλοτε δεν επιβεβαιώνουν προηγούμενα ευρήματα θεωρώντας ότι οι αδυναμίες που προκύπτουν στην επεξεργασία του χρόνου ύστερα από βλάβες ίσως να μην συνδέονται αποκλειστικά και μόνον με τη βλάβη μιας ιδιαίτερης νευρωνικής δομής.

Τα προβλήματα αυτά του εντοπισμού τα αποφεύγουν άλλες μορφές των ειδικών προορισμένων μοντέλων που θεωρούν εναλλακτικά ότι η αναπαράσταση του χρόνου ίσως είναι το αποτέλεσμα μιας δραστηριότητας κατά μήκος ενός δικτύου που εμπλέκει ενδεχομένως περισσότερες περιοχές (Harrington et al., 1999, Lewis & Miall, 2003), όπως αναφέρουν οι Ivry και Schlerf (2008).

Αυτά τα εναλλακτικά μοντέλα της κατανεμημένης έναντι της αυστηρά εντοπισμένης επεξεργασίας του χρόνου θεωρούν ότι ίσως η λειτουργία κάποιων περιοχών είναι αυστηρά εξειδικευμένη στο χρόνο (όπως π.χ. η λειτουργία του μοντέλου βηματοδότη, *pacemaker function*), ενώ άλλες περιοχές ενδεχομένως παρέχουν άλλες πιο γενικές λειτουργίες (π.χ. μνήμη εργασίας για την αποθήκευση χρονικής πληροφορίας). Άρα η παθολογία σε κάποιον κόμβο του δικτύου ίσως να διασπά την επίδοση στις δοκιμασίες σε έργα αντίληψης χρόνου (Ivry & Schlerf, 2008).

1.2 Εγγενή μοντέλα χρονικής επεξεργασίας (*intrinsic models*)

Μια πιο γενική εποπτεία στο πεδίο του χρόνου περιλαμβάνει τα εγγενή μοντέλα επεξεργασίας του χρόνου. Τα μοντέλα αυτά προσφέρουν μια ριζικά διαφορετική προοπτική στην αντίληψη του χρόνου υποθέτοντας ότι δεν υπάρχει εξειδικευμένο σύστημα στον εγκέφαλο για την αναπαράσταση χρονικής πληροφορίας και υποστηρίζοντας ότι ο χρόνος είναι έμφυτος, ενυπάρχει δηλαδή στη δυναμική του νευρωνικού συστήματος. (Ivry & Schlerf, 2008). Οι συγγραφείς (2008) ακόμη αναφέρουν ότι σε μία κατηγορία των εγγενών μοντέλων η παραπάνω ιδιότητα ίσως περιορίζεται σε νευρωνικές περιοχές που είναι ικανές να διατηρούν την ενεργοποίησή τους ακόμη και στην απουσία αισθητηριακής πληροφορίας εισόδου (Brody et al., 2003), Reutimann (2004). Π.χ στις δοκιμασίες με καθυστερημένες αποκρίσεις η χρονική διάρκεια μπορεί να κωδικοποιηθεί στην ενεργοποίηση των νευρώνων που αναπαριστούν τη λειτουργία της μνήμης εργασίας που κατέγραψε το ερέθισμα ή το χρόνο που μεσολαβεί μέχρι να δοθεί η απόκριση (Lebedev et al., 2008).

Εναλλακτικά, το θέμα της χρονικής επεξεργασίας ίσως είναι παρόν πάντα και ίσως προκύπτει ως μέρος της ειδικής αισθητηριακής επεξεργασίας (*modality-specific processing*) (Buonomano, 2000, Burr et al., 2007), όπως αναφέρουν οι Ivry και

Schlerf, (2008). Έτσι, π.χ. η αντίληψη μιας χρονικής διάρκειας ενός ακουστικού γεγονότος θα εξαρτιόταν από τη δυναμική των νευρώνων σε ακουστικές περιοχές του εγκεφάλου. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με την εκδοχή των ειδικών προορισμένων μοντέλων και του τρόπου που θεωρούν την ενέργεια της ειδικευμένης αίσθησης. Άρα σύμφωνα με την οπτική ότι η χρονική επεξεργασία είναι έμφυτη ίσως συμβαίνει ως κομμάτι της αισθητηριακής επεξεργασίας όποιου είδους και αν είναι αυτή.

Οι συγγραφείς (2008) ακόμη παραθέτουν την πρόταση των Karmarkar και Buonomano (2007) οι οποίοι περιγράφουν ένα νευρωνικό δίκτυο. Αυτό το δίκτυο μπορεί να αναπαριστά διαφορετικές χρονικές διάρκειες ως μοναδικά χωρικά μοτίβα ενεργοποίησης, ακόμη και χωρίς έναν ρητό μηχανισμό για ένα γραμμικό μετρικό του χρόνου. Επομένως, η εκτίμηση της χρονικής διάρκειας ενός ερεθίσματος απαιτεί αναγνώριση αυτών των χωρικών μοτίβων. Ουσιώδες χαρακτηριστικό αυτού του μοντέλου είναι ότι η χρονική αναπαράσταση εξαρτάται από το πλαίσιο, δηλ. η χρονική αναπαράσταση σχετίζεται με την αισθητηριακή ειδίκευση, ακόμη όμως και μέσα στην ίδια αισθητηριακή λειτουργία η αναπαράσταση ενός ιδιαίτερου χρονικού διαστήματος εξαρτάται από την κατάσταση του νευρωνικού δικτύου (state-dependent). Επομένως, η αναπαράσταση της χρονικής διάρκειας στο νευρωνικό δίκτυο ενός ακουστικού τόνου δε σχετίζεται μόνο με την ενεργοποίηση που συμβαίνει κατά τη διάρκεια προβολής του ερεθίσματος αλλά και με την κατάσταση του δικτύου κατά την έναρξη του τόνου Ivry και Schlerf, (2008).

Ένας διαφορετικός μηχανισμός ως άλλη εκδοχή των εγγενών μοντέλων βασίζεται στην ιδέα ότι η χρονική διάρκεια θα μπορούσε να κωδικοποιείται μέσα στο μέγεθος της νευρωνικής ενεργοποίησης κατά την οποία η αντίληψη της χρονικής ροής αποτιμάται ως μια μορφή ενεργειακής “ανάγνωσης” (energy readout).

Σύμφωνα με τους Pariyadath και Eagleman (2007) που αναφέρουν οι συγγραφείς (2008), η επανειλημμένη προβολή ίδιων ερεθισμάτων ανάλογης χρονικής διάρκειας δημιουργεί μια επίδραση στην υποκειμενική εκτίμηση της χρονικής διάρκειας, έτσι ώστε κάθε επόμενο ερέθισμα να θεωρείται ως βραχύτερης διάρκειας (repetition suppression effect). Έτσι, οι μελετητές αυτοί (2007) υποστηρίζουν ότι “οι συνθήκες που οδηγούν στην καταστολή μια νευρωνική απόκριση είναι οι ίδιες όπως αυτές που οδηγούν στην υποκειμενική μείωση μιας χρονικής διάρκειας”.

Ίσως, λοιπόν, γεγονότα που αιχμαλωτίζουν την προσοχή παράγουν μια αύξηση της νευρωνικής ενεργοποίησης (Henson & Rugg, 2003, Kastner et al., 2006), όπως οι συγγραφείς (2008) αναφέρουν, όπως δηλαδή θα προέβλεπε και ένα μοντέλο

ενεργειακής “ανάγνωσης” και επομένως η χρονική διάρκεια των γεγονότων αυτών υποκειμενικά γίνεται αντιληπτή ως πιο μακρόχρονη (Kanai & Watanabe, 2006, Mattes & Ulrich, 1998, Tse et al., 2004). Ενώ στην αναπαράσταση του χρόνου που εξαρτάται από την κατάσταση του νευρωνικού δικτύου (state-dependent) (Karmarkar & Buonomano, 2007) η αντίληψη του χρόνου δεν αποδίδεται σε μηχανισμούς εξειδικευμένους για την επεξεργασία του χρόνου, αλλά, μάλλον, βασίζεται σε χαρακτηριστικά της νευρωνικής ενεργοποίησης που επεξεργάζονται χρόνο ως μέρος της επεξεργασίας μιας ειδικής αίσθησης.

2. Νευρωνικοί μηχανισμοί και Μοντέλα επεξεργασίας του Χρόνου

Αναλύσεις για τη νευρωνική βάση του χρόνου έχουν γίνει σε πλήθος μελετών οι οποίες έχουν κυρίως επικεντρωθεί σε τρεις γενικές υπολογιστικές στρατηγικές προτείνοντας τους ακόλουθους πιθανούς μηχανισμούς και τα αντίστοιχα μοντέλα που επιχειρούν να ερμηνεύσουν τη λειτουργία του χρόνου :

- i. μηχανισμοί βασισμένοι σε νευρωνικά ρολόγια,
- ii. μηχανισμοί βασισμένοι σε παρατάξεις στοιχείων που διαφέρουν σε κάποια χρονική παράμετρο ή
- iii. μηχανισμοί που αναδύονται από τη δυναμική των νευρωνικών δικτύων.

Τα μοντέλα αυτά πρέπει να επιτύχουν κάποια διαφορετική εκδοχή του ίδιου υπολογιστικού έργου. Πρέπει να κωδικοποιήσουν εκ νέου τη χρονική πληροφορία μιας εισόδου σε έναν χωρικό κώδικα. Δηλαδή, διαφορετικά κύτταρα πρέπει να αποκρίνονται επιλεκτικά σε χρονικά χαρακτηριστικά ενός ερεθίσματος. Π.χ για τη διάκριση διαφορών στη χρονική διάρκεια δύο ερεθισμάτων θα πρέπει να υπάρχουν διαφορετικές νευρωνικές αποκρίσεις για κάθε χρονική διάρκεια (Mauk & Buonomano, 2004).

A. Μοντέλα ρολογιού (Clock Models)

Η πρώτη διαισθητική σκέψη που κάνει κανείς όταν περιγράφει μηχανισμούς χρόνου είναι να αναλογιστεί το χρόνο ως ωρολογιακό μηχανισμό ή με τη μορφή χρονόμετρου διαστημάτων. Η βασική υπολογιστική μονάδα στις θεωρίες μοντέλων του ρολογιού εμπλέκει έναν ταλαντωτή και έναν καταμετρητή (Creelman, 1962, Treisman 1962), όπως αναφέρουν οι Mauk και Buonomano (2004). Ο ταλαντωτής χτυπά σε κάποια σταθερή συχνότητα και κάθε χτύπος καταμετράται ως κάποιου είδους νευρωνική απαρτίωση. Ωστόσο, αυτή η ιδέα δεν έχει ακόμη εκφραστεί συγκεκριμένα με όρους συναπτικής οργάνωσης μιας ορισμένης εγκεφαλικής περιοχής. Για να διακρίνει ένας υποθετικός τέτοιος μηχανισμός ρολογιού τη χρονική διάρκεια μεταξύ δύο διαστημάτων π.χ. 100 και 105 ms, η περίοδος του ταλαντωτή θα έπρεπε να είναι τουλάχιστον 200 Hz. Σε επίπεδο νευροφυσιολογίας ταλαντώσεις στη συχνότητα αυτή, όπως και ακριβείς καταμετρήσεις κάθε χτυπήματος, φαίνονται μάλλον απίθανες. Ωστόσο οι συγγραφείς (2004) αναφέρουν την πρόταση άλλων μελετητών (Meck, 1996 Matell & Meck, 2000) οι οποίοι έχουν υποστηρίξει ότι μηχανισμοί ρολογιού θα μπορούσαν να εμπλέκονται στην χρονική επεξεργασία της χρονοκλίμακας των δευτερολέπτων ή των λεπτών.

B. Μοντέλα ταλάντωσης με διαφορά φάσης (Oscillator-Phase Models)

Τα μοντέλα ταλάντωσης με διαφορά φάσης αποτελούν πιο εξεζητημένη και πολύπλοκη μορφή μοντέλων που βασίζονται στο ταλαντωτές που έχουν προτείνει οι Ahissar et al., 1997, Ahissar 1998, Hooper 1998, όπως οι Mauk και Buonomano (2004) παραθέτουν. Αυτοί περιλαμβάνουν τη χρήση ταλαντωτών που βρίσκονται τοποθετημένοι σε νευρωνικά κυκλώματα κλειδωμένα σε κάποια φάση ταλάντωσης (phase-locked loop circuits). Π.χ. οι παραπάνω μελετητές (1997, 1998) έχουν υποδείξει το θαλαμο-φλοιϊκό-θαλαμικό κύκλωμα ως ένα από τα κυκλώματα που μπορεί να χρησιμοποιούν δυναμικούς ταλαντωτές, δηλαδή ταλαντωτές που μπορούν να αλλάζουν την περίοδο με έναν προσαρμοστικό τρόπο, ώστε να αποκωδικοποιήσουν χρονική πληροφορία (Mauk & Buonomano, 2004).

2.1 Φασματικά μοντέλα (Spectral Models)

Πολλά από τα μοντέλα αυτής της μορφής μοιράζονται το χαρακτηριστικό ότι αποκωδικοποιούν το χρόνο χρησιμοποιώντας παρατάξεις νευρωνικών στοιχείων που διαφέρουν σε κάποια χρονική ιδιότητα. Το πιο γενικό είναι το φασματικό μοντέλο χρόνου των Grossberg και Schmajuk (1989), όπως παραθέτουν οι Mauk και Buonomano (2004), το οποίο έχει υποστηριχθεί σε ποικίλες εκδοχές του. Το πρωταρχικό μοντέλο υπέθετε έναν πληθυσμό νευρώνων που αντιδρούν σε ένα ερέθισμα με μια παράταξη νευρωνικών στοιχείων που αποκρίνονται σε διαφορετικό χρόνο. Δύο εκδοχές αυτού του μοτίβου έχουν επίσης προταθεί. Η μία αποτελεί εκδοχή των μοντέλων ρολογιού (clock models). Τα ερεθίσματα ενεργοποιούν παρατάξεις νευρώνων που ταλαντώνονται σε διαφορετικές συχνότητες και φάσεις. Ακολουθώντας την έναρξη του ερεθίσματος μπορεί να γίνει η κωδικοποίηση της χρονικής πληροφορίας με την ενεργοποίηση ενός υποσύνολου νευρώνων που διαφέρει από υποσύνολα νευρώνων που είναι ενεργά σε άλλη χρονική στιγμή (Miall, 1989, Gluck et al., 1990), όπως αναφέρουν οι Mauk και Buonomano (2004).

Μια σειρά από ερευνητικές μελέτες υποστηρίζουν τη βιολογικά εφικτές εφαρμογές των φασματικών μοντέλων. Στα μοντέλα αυτά όλα τα στοιχεία μοιράζονται μια κοινή εφαρμογή, αλλά τουλάχιστον μία από τις μεταβλητές ορίζεται να έχει διαφορετική τιμή που επιτρέπει κάθε μονάδα να αποκρίνεται επιλεκτικά σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα.

Τα φασματικά μοντέλα έχουν το πλεονέκτημα να κωδικοποιούν το χρόνο από τη στιγμή έλευσης ενός ερεθίσματος έχοντας διαφορετικά υποσύνολα νευρώνων ενεργά σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Ωστόσο, σήμερα οι παρατάξεις νευρωνικών στοιχείων με διαφορετικές σταθερές χρόνου, οι οποίες, δηλαδή, ταλαντώνονται σε διαφορετικές φάσεις και συχνότητες, υποστηρίζονται από τις αναγνωρισμένες ιδιότητες των νευρώνων και των νευρωνικών δικτύων. Τέλος, τα μοντέλα αυτά επικεντρώνονται σε απλές μορφές χρονικής διάκρισης και ίσως να μη γενικεύονται επιτυχώς σε πιο σύνθετες μορφές χρονικής επεξεργασίας χωρίς τη συνδρομή πρόσθετων στρωμάτων νευρωνικού δικτύου (Mauk & Buonomano, 2004).

2.2 Δικτυακά μοντέλα ή μοντέλα εξαρτώμενα από την κατάσταση του νευρωνικού δικτύου (Network or State-Dependent Models)

Οι δύο προηγούμενες κατηγορίες μοντέλων μπορούν να θεωρηθούν ως αντιπροσωπευτικές της κατωφερούς προσέγγισης (top-down approach) κατά την οποία η χρονική επεξεργασία διεκπεραιώνεται κάνοντας έναν λογικό συμπερασμό ενός υπολογισμού και κατόπιν εφαρμόζοντας τον υπολογισμό αυτό στη νευρωνική λειτουργία. Μία εναλλακτική προσέγγιση είναι η ανωφερής (bottom-up approach) στην οποία εκκινείται κανείς από βιολογικά ρεαλιστικές υποθέσεις και έπειτα διερευνά το βαθμό στον οποίο μπορεί η χρονική επεξεργασία να βρεθεί ως μια αναδυόμενη ιδιότητα (emergent property) του νευρωνικού δικτύου.

Τα μοντέλα που εξαρτώνται από την κατάσταση του νευρωνικού δικτύου (state-dependent) δεν έχουν ενσωματωμένη τη χρονική επεξεργασία ή την επιλεκτικότητα σε χρονικά διαστήματα με ad hoc υποθέσεις. Δηλαδή, δε βασίζονται σε ρητά ρυθμισμένους ταλαντωτές (π.χ. σε σταθερές χρόνου), όπως συνέβαινε με την προηγούμενη κατηγορία μοντέλων.

Έχουν προταθεί δύο υποκατηγορίες των δικτυακών μοντέλων: Α. το μοντέλο εγκεφαλικού φλοιού (cortical model) και το μοντέλο της παρεγκεφαλίδας (cerebellar model) ως νευρωνικές δομές που επεξεργάζονται το χρόνο. Έχει λοιπόν υποστηριχθεί ότι τα φλοιϊκά δίκτυα είναι εγγενώς ικανά να επεξεργάζονται χρονική πληροφορία. Και αυτό γιατί οι πληροφορίες πρόσφατων εισόδων καταγράφονται ως ιστορικό της κατάστασης του δικτύου και “συλλαμβάνονται” από αλλαγές εξαρτώμενες από το χρόνο (time-dependent changes) στην κατάσταση του νευρωνικού δικτύου (Buonomano & Merzenich, 1995, Buonomano, 2000, Maass et al., 2002), όπως αναφέρουν οι Mauk και Buonomano (2004).

Η λογική των δικτυακών μοντέλων βασίζεται λοιπόν στο ότι κάθε χρονικό γεγονός που συμβαίνει προκαλεί κάποιες αλλαγές στο νευρωνικό προκαλώντας αποκρίσεις των νευρώνων καθώς και μια σειρά από διεργασίες εξαρτώμενες από το χρόνο. Εξ αιτίας αυτών των εξαρτώμενων από το χρόνο ιδιοτήτων, το δίκτυο θα βρίσκεται σε διαφορετική κατάσταση σε κάθε χρονική στιγμή. Όταν λοιπόν έλθει ένα δεύτερο χρονικό γεγονός αυτό θα βρει μια διαφορετική κατάσταση του νευρωνικού δικτύου λόγω του ιστορικού της χρονικής επεξεργασίας και των χρονικά εξαρτώμενων αλλαγών που προκλήθηκαν στο δίκτυο από το πρώτο ερέθισμα. Έτσι

το ίδιο το ερέθισμα θα μπορεί να ενεργοποιήσει διαφορετικούς νευρωνικούς υποπληθυσμούς που εξαρτώνται από το ιστορικού του νευρωνικού δικτύου λόγω του πρόσφατου ερεθίσματος. Οι διαφορές στην ενεργοποίηση του νευρωνικού πληθυσμού που προκλήθηκαν από το δεύτερο και τον πρώτο παλμό μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να κωδικοποιηθεί το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Με δεδομένη τη διάσταση και την πληθώρα των χρονικά εξαρτώμενων ιδιοτήτων των νευρωνικών δικτύων, αυτός ο τύπος μοντελοποίησης της χρονικής επεξεργασίας μπορεί να παρέχει ρεαλιστικά μέσα αποκωδικοποίησης σύνθετων χρονικών και χωρο-χρονικών μοτίβων ενεργοποίησης της αισθητηριακής πληροφορίας (Mauk & Buonomano, 2004).

Για το μοντέλο της παρεγκεφαλίδας έχει η έρευνα δώσει ενδείξεις για τη συγκεκριμένη εγκεφαλική δομή που φανερώνουν ότι ο χρονισμός και οι επιδόσεις σε πειραματικές δοκιμασίες που έχουν σχεδιαστεί για να μελετήσουν την αντίληψη του χρόνου μεσολαβούνται από υπολογισμούς που περιλαμβάνουν χρονική επεξεργασία. Π.χ. η παρεγκεφαλίδα και η ικανότητα πρόβλεψης χρονικών διαστημάτων που της αποδίδεται θεωρείται ότι ίσως αποτελεί την υπολογιστική βάση για τη χρονική επεξεργασία που είναι υπεύθυνη για έργα χρονισμένης κίνησης στην κλίμακα των msec.

Στα δίκτυα αυτά και στα μοντέλα που εξαρτώνται από την κατάσταση του νευρωνικού δικτύου η επεξεργασία του χρόνου δεν προκύπτει από ρολόγια ή από εγκεφαλικά συστήματα ειδικά προορισμένα για χρονική επεξεργασία. Αντίθετα, οι ενδείξεις για παράδειγμα από την παρεγκεφαλίδα φανερώνουν πως ο αντίληψη του χρόνου και οι επιδόσεις σε πειραματικές δοκιμασίες που μελετούν το χρονισμό μπορεί να ενέχουν υπολογισμούς που περιλαμβάνουν χρονική επεξεργασία χωρίς όμως να χαρακτηρίζεται ακριβώς ως χρονομέτρηση διαστημάτων ή μηχανισμός ρολογιών (Mauk & Buonomano, 2004).

ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΙ ΡΥΘΜΟΣ

Ο χρόνος και η νοητική αντίληψη του χρόνου αποτελούν σημαντικό πεδίο έρευνας των Γνωσιακών αλλά και πολλών άλλων επιστημών. Πολυετής έρευνα έχει πραγματοποιηθεί πιο συστηματικά ήδη από τα τέλη του 19^{ου} αιώνα για να μελετηθεί ο τρόπος που ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται τη χρονική διάρκεια και το ρυθμό μιας ακολουθίας ερεθισμάτων, τις υποδιαιρέσεις μιας χρονικής περιόδου, τα φαινόμενα συγχρονισμού ή ασυγχρονίας δυο οπτικών ή ακουστικών ερεθισμάτων, τη χρονική τους διαδοχή και συχνότητα και την ισόχρονη ή ανισόχρονη μορφή δυο ρυθμικών μοτίβων όταν επιχειρείται η σύγκρισή τους. Ο ρυθμός ως εκδήλωση ενός επαναληπτικού μοτίβου συγκεκριμένης διάρκειας και μορφής κατέχει ένα μεγάλο τμήμα στη μελέτη του χρόνου. Αποτελεί φαινόμενο πολύ σημαντικό, έμφυτο στην ανθρώπινη φύση και μελετάται ήδη από τους χρόνους της αρχαιότητας.

Η ρυθμική ακολουθία διαδοχικών γεγονότων που μπορεί να προσλαμβάνει και να παράγει ο άνθρωπος στις καθημερινές εκδηλώσεις του βίου του ή σε μορφές της τέχνης αποτελεί φαινόμενο στενά συνυφασμένο με τη βιολογική του ύπαρξη και τις νοητικές του λειτουργίες και δικαιολογημένα ένα διαχρονικό θέμα επιστημονικής έρευνας.

Ο ρυθμός αποτελεί ένα επαναληπτικό μοτίβο που εμφανίζεται ανά τακτές χρονικές φάσεις στις οποίες υποδιαιρείται μια χρονική περίοδος με τη μορφή αλληπάλληλων ερεθισμάτων ορισμένης διάρκειας.

Αποτελεί παράγοντα που συμβάλλει στην παραγωγή και κατανόηση της γλώσσας και της κίνησης και φαίνεται ότι διαδραματίζει ένα ρόλο άμεσα συνδεδεμένο με την ταχύτητα και τον τρόπο έκφρασης και συντονισμού των αντίστοιχων έργων λόγου και κίνησης τόσο κατά την ανεξάρτητη, μεμονωμένη εκδήλωσή τους όσο και κατά τη συνεμφάνισή τους. Η αντίληψη ακόμη του φαινομένου του συγχρονισμού, της χρονικής σύμπτωσης ή της ασυγχρονίας δυο ερεθισμάτων προκαλεί ιδιαίτερο ενδιαφέρον ειδικά στη μελέτη διατομικών διαφορών καθώς και στη μελέτη μεταξύ υγιών - ασθενών. Αξιοσημείωτη ακόμη είναι η διαχρονική τάση που επιδεικνύει ο άνθρωπος να συντονίζει τις σωματικές του κινήσεις – κάποτε και το λόγο του- προς ένα εξωτερικό ερέθισμα που εγείρει κάποιον μηχανισμό αναγνώρισης της ρυθμικής του δομής. Όπως επίσης και να μπορεί να ανακαλεί και να αναπαράγει τις ίδιες κινήσεις στο άκουσμα του ίδιου ρυθμού έπειτα από σύντομο ή μακρόχρονο χρονικό διάστημα.

Στη φυλογενετική και οντογενετική εξέλιξη του ο άνθρωπος φαίνεται ότι διαθέτει εγγενείς βιολογικούς μηχανισμούς που επιτρέπουν να στρέφει την προσοχή του και να αναγνωρίζει τη διαδοχή ερεθισμάτων που απαρτίζουν ένα ρυθμικό μοτίβο. Η διαδοχή αυτή ερεθισμάτων συνειδητοποιείται αργότερα κατά την ανάπτυξη και εντάσσεται σε ένα σύνολο αναγνωρίσιμων φυσικών ή τεχνητών ερεθισμάτων δυνάμει ικανών για μίμηση, μάθηση και αναπαραγωγή. Οι πρώτες μορφές με τις οποίες γίνεται αντιληπτός ο ρυθμός και η χρονική διάρκεια αλληπάλλληλων ερεθισμάτων είναι μέσω την ανθρώπινης ομιλίας και των συντονισμένων κινήσεων που επικοινωνούν ένα μήνυμα ενταγμένο σε μια χρονική τάξη και συνέχεια.

Η ικανότητα του ανθρώπου να αντιλαμβάνεται το χρόνο ως ρυθμική ακολουθία ερεθισμάτων, να συντονίζει κάποιο παραγόμενο κινητικό έργο με αυτή (κινητικός συγχρονισμός) και να την αναπαράγει με πιστή κατά το δυνατόν χρονική ακρίβεια αποτέλεσε το βασικό αντικείμενο της παρούσας εργασίας.

Ορισμοί Βασικών Όρων : Ρυθμός – Συγχρονισμός Κινητικού Έργου - Χτυπήματα Δακτύλου (finger tapping)

Ρυθμός :

ρυθμός ο : 1. η εναλλαγή ήχων κατά χρονικά διαστήματα που έχουν μεταξύ τους ανάλογη διάρκεια. 2. η εναλλαγή κινήσεων που έχουν μεταξύ τους ανάλογη διάρκεια. 3α. η σχέση και η αναλογία των χρόνων οι οποίοι αντιστοιχούν στα επί μέρους τμήματα μιας δραστηριότητας β. οι περιοδικές αλλαγές ή λειτουργίες που εμφανίζει ένας οργανισμός: *Καρδιακός / αναπνευστικός* ~. 4. (στις εικαστικές τέχνες) σύνολο γενικών χαρακτηριστικών που διαφοροποιεί τα έργα των δημιουργών ορισμένης εποχής ή τάσης από άλλα: (πρβ. *στιλ, τεχνοτροπία*): *Αρχιτεκτονικοί ρυθμοί*.

Ο ρυθμός προκύπτει ετυμολογικά από το ρήμα “ρυθμίζω” : κανονίζω, φέρω σε ρυθμό, σε συμμετρία, ενώ ως “ρυθμιζόμενα” χαρακτηρίζονται τα στοιχεία του ρυθμού (συλλαβές, νότες και κινήσεις, όπως χειρονομίες). Η λέξη θεωρείται ομόγονος του “ρέω” και επομένως κυριολεκτικά σημαίνει τη “ροή” και ακολούθως την εναλλαγή των ήχων.

http://www.greek-language.gr/greekLang/modern_greek/tools/lexica/triantafyllides/index.html

συγχρονισμός ο : ρύθμιση με την οποία επιτυγχάνεται η χρονική σύμπτωση ή η αλληλεξάρτηση της κίνησης μηχανισμών ή ατόμων: *O ~ των ταλαντώσεων εκκρεμούς. ~ εικόνας και ήχου. O ~ στις κινήσεις των χορευτών ήταν άριστος.*

Ο Ρυθμός στην Κίνηση, στην Τέχνη και στη Γλώσσα

Σε εισήγησή του (1990) *Περί του Ρυθμού* για τη μουσική, το λόγο και την όρχηση ο Γ. Ε. Παπαδάκης διαφωτίζει μεταξύ άλλων τις σχέσεις του ρυθμού με την κίνηση, την τέχνη και τη γλώσσα.

“Ρυθμός παράγεται και χωρίς ήχο, αν ένα χρονικό διάστημα καταλαμβάνεται από κινήσεις υλικού σώματος, έτσι ώστε κάθε μια από αυτές να έχει διάρκεια ανάλογη προς τις άλλες. Έτσι μπορούν να έχουν ρυθμό και διάφορες κινήσεις του ανθρώπινου σώματος που γίνονται για να ευκολύνουν την εκτέλεση κάποιας εργασίας (κωπηλασία, βηματισμός).

Αν οι κινήσεις αυτές δε γίνονται με σκοπό την εργασία, αλλά οι σύμφωνες και ανάλογες κινήσεις προκαλούν ευχαρίστηση έχοντας παράλληλα και κάποιο περιεχόμενο (συμβολικό, μιμητικό) τότε γεννιέται η όρχηση, που είναι η τέχνη των εύρυθμων σωματικών κινήσεων. Η όρχηση θεωρείται παλαιότερη από την ποίηση. Πιστεύεται ότι αρχικά οι άνθρωποι εκτελούσαν ρυθμικές κινήσεις με κάποιο μέλος άναρθρων φωνών χωρίς νόημα, όπως γίνεται και σήμερα από τους κωπηλάτες ή άλλους χειρώνακτες. Αργότερα αντί αυτών των φωνών, μελοποιούνταν λέξεις και έτσι προέκυψε η πρώτη ποίηση. Κατά τον ίδιο τρόπο, ένοπλοι πολεμιστές εκτελούσαν ρυθμικές κινήσεις για να επιδείξουν τη μαχητική ικανότητα τους.

Το μέλος αρχικά το αποτελούσαν άναρθρες φωνές και αργότερα προστέθηκαν επικλήσεις και εγκώμια σε θεούς και ήρωες. Από αυτά προέκυψαν τα θρησκευτικά και ηρωϊκά ποιήματα”.

Για τη σχέση ρυθμού – γλώσσας αναφέρει μεταξύ άλλων όσα αφορούν στην προσωδία και στην έκφραση κατά τη φώνηση λέξεων και συλλαβών υπογραμμίζοντας την εγγενή σχέση ρυθμού, χρονικής διάρκειας, τονικού ύψους και παραγωγής λόγου (άρθρωση φωνημάτων γλώσσας).

“Οι λέξεις έχουν άνισο μέγεθος, αλλά σε πολλές γλώσσες οι συλλαβές προφέρονται άλλες σε μακρότερο χρονικό διάστημα και άλλες σε βραχύτερο ώστε διακρίνονται σε μακρές και βραχείες. Επιπλέον σε όλες τις γλώσσες οι λέξεις που

συνδέονται περισσότερο μεταξύ τους εξ αιτίας του νοήματος, προφέρονται με κάποια συνάφεια που υπαγορεύεται από το νόημα. Χωρίζονται δε από τις άλλες με μικρές διακοπές της συνέχειας της φωνής και ανάλογα με τα παραγόμενα από το νόημα συναισθήματα εκείνου που εκφέρει το λόγο, οι μεν εκφραστικότερες λέξεις ή συλλαβές, προφέρονται με ισχυρότερη ή με οξύτερη φωνή (ή και με τα δυο μαζί) οι δε άλλες, με φωνή ασθενέστερη και βαρύτερη. Ο ρυθμός του λόγου αποτελείται λοιπόν είτε από μακρές και βραχείες συλλαβές είτε από τονούμενες και άτονες συλλαβές. Το μέλος, δηλαδή η εναλλαγή του ύψους της φωνής, η οποία γίνεται σύμφωνα με ορισμένα μουσικά διαστήματα προστίθεται στο ρυθμό. Οι λέξεις με διαφορετικό μέγεθος χρησιμεύουν σαν συμπληρωματικό στοιχείο του ρυθμού”.


Ο προφορικός λόγος των αρχαίων - αλλά και πολλών σύγχρονων γλωσσών- ήταν λοιπόν προσωδιακός. Είχε κάθε φώνημα δηλαδή συγκεκριμένη χρονική διάρκεια κατά την εκφορά του (π.χ. μακρά και βραχεία φωνήεντα). Αυτό σημαίνει ότι σε προγενέστερες χρονικές περιόδους της ελληνικής γλώσσας το φαινόμενο του ρυθμού ήταν στενά συνυφασμένο με το λόγο, τον καθημερινό όχι τον ποιητικό, έμμετρο λόγο όπου ο ρυθμός αποτελούσε άλλωστε μέρος της τεχνοτροπίας.

Έτσι, ρυθμός και γλώσσα είναι άρρηκτα δεμένες έννοιες και συνθέτουν μια δομική σχέση στην παραγωγή λόγου των ομιλητών- φορέων μια γλωσσική κοινότητας.

Αλλά και στη σύγχρονη ελληνική και σε άλλες σύγχρονες γλώσσες ο ρυθμός είναι αναπόσπαστο κομμάτι της γλώσσας με εκδηλώσεις όπως η ταχύτητα προσωπικής ομιλίας, οι παύσεις, ο αργός τρόπος ομιλίας ως τρόπος να δηλωθεί π.χ. έμφαση. <http://www.music-art.gr/content/view/42/34/lang,el/>



**ΚΕΝΤΡΟ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΩΝ
ΜΟΥΣΙΚΩΝ ΕΚΔΟΣΕΩΝ**

ΠΕΡΙ ΤΟΥ
ΡΥΘΜΟΥ 

Εισήγηση του [Γ. Ε. Παπαδάκη](#), στα καλλιτεχνικά εργαστήρια που συνόδεψαν τη “Συνάντηση για το ελληνικό και το ινδικό κλασικό δράμα”, που πραγματοποιήθηκαν το καλοκαίρι του 1990 στο Χόρτο Πηλίου με τη συμμετοχή του θιάσου “Σοπαναμ”

απο το Τριβάντουμ στην Κέραλα της Ινδίας, και της ομάδας της Θεατρικής Λέσχης Βόλου.

Ιστορική Αναδρομή

Η λέξη “ρυθμός” πρωτοεμφανίζεται στον λυρικό ποιητή Αρχίλοχο με αρχική σημασία “χαρακτήρας, ψυχική κατάσταση”. Ως μουσικός όρος χρησιμοποιείται τον 4^ο αι. π.Χ. και τότε μελετάται το φαινόμενο του μουσικού ρυθμού με συστηματικό τρόπο πρώτα από τον Αριστόξενο. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι ορισμοί που έχουν προτείνει αρχαίοι φιλόσοφοι και συγγραφείς για το ρυθμό κατά το ότι πολλοί εξ αυτών τον συνδέουν με την κίνηση. Ο Πλάτωνας στους *Νόμους* (*Νόμοι* Β', 665Α) ορίζει το ρυθμό ως “την τάξη της κίνησης”, ενώ ο Βακχείος (*Εισ.* 93) ως “καταμέτρηση χρόνου που γίνεται με κάποια κίνηση”. Ο Αριστείδης (*Περί μουσ.* 31 Μb και R. P. W.-I.) δίνει τον ακόλουθο ορισμό του ρυθμού: “ρυθμός είναι ένα σύστημα χρόνων που τοποθετούνται με κάποια τάξη”. Κατά τον Αριστόξενο τον Ταραντίνο, μουσικό και φιλόσοφο, μαθητή του Αριστοτέλη (*Αριστόξ. Ρυθμ. Στοιχ.* Feussner, κεφ. 2) “ο ρυθμός δίνει κάποια τάξη στο ρυθμιζόμενο (το υλικό που μπαίνει σε τάξη, που ρυθμίζεται), κάνοντας τους χρόνους να διαδέχονται ο ένας τον άλλον με τούτον ή εκείνο τον τρόπο. Το ρυθμικό υλικό μπορεί να διαιρεθεί σε αντιληπτά μέρη με τα οποία θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί η διαίρεση του χρόνου. Τα υλικά του ρυθμού είναι οι λέξεις, το μέλος και η κίνηση του σώματος”. Στη μουσική, όμως, ο ρυθμός μπορεί να γίνει αντιληπτός μόνο με δύο τρόπους: οπτικά και ακουστικά.

Ο Αριστόξενος ο Ταραντίνος έλαβε ως μετρική μονάδα το μικρότερο στην ενόργανη μουσική παρατηρούμενο ρυθμικό μέγεθος, του οποίου πολλαπλάσια είναι τα άλλα μεγέθη κατά τα οποία κανονίζεται και το μέγεθος του χρόνου της απαγγελίας κάθε συλλαβής των ποιημάτων ή και του χρόνου που διαρκεί η κάθε κίνηση στην όρχηση. Αυτή λοιπόν τη χρονική μονάδα ονόμασε πρώτο χρόνο και την χρησιμοποίησε για μέτρο του ρυθμού όλων των μουσικών τεχνών (μουσική, ποίηση, ορχηστική).

Η μέθοδος του Αριστόξενου, όχι μόνο βοήθησε τη διδασκαλία αλλά διευκόλυνε αποφασιστικά την ανάλυση του ρυθμού στα συστατικά του στοιχεία.

<http://www.musipedia.gr/index.php/%CE%A1%CF%85%CE%B8%CE%BC%CF%8C%CF%82>

Βιβλιογραφία: R. Westphal, (α) *System, der antiken Rhythmik*, Λιψία 1865· (β) *Metrik der Griechen*, τόμ. 1-2, Λιψία 1867-1868· (γ) *Aristoxenos von Tarent. Melik und Rhythmik des klassischen Hellenentums*, τόμ. 1-2, Λιψία 1883-1893. Carlo del Grande, *L'espessione musicale dei poeti greci*, Νεάπολη 1932. Θρ. Γ. Γεωργιάδης, *Der griechische Rhythmus, Musik, Reigen, Vers und Sprache*, Αμβούργο 1949. Emile Martin, *Essai sur les rythmes de la chanson grecque antique*, Παρίσι 1953. Θρ. Γ. Γεωργιάδης, *Musik und Rhythmus bei der Griechen*, Αμβούργο 1958. Επίσης, Gen. II, 1-240- Th. Rein. *La mus. gr.* 72-116.

από την "Εγκυκλοπαίδεια της Αρχαίας Ελληνικής Μουσικής" του Σ. Μιχαηλίδη

“The material of music is sound and bodily movement”
Aristides Quintilianus, c. 300 AD.

Βιβλιογραφία

Aschersleben G. (2002), “Temporal Control of Movements in Sensorimotor Synchronization”, *Brain and Cognition*, 48, 66-79

Billon M., Semjen A., Cole J., and Gauthier G. (1996), “The role of sensory information in the production of periodic finger – tapping sequences”, *Exp Brain Res*, 110: 117 – 130

Buonomano V. Dean and Karmarkar R. Uma (2002), “How do we tell time?”, *The Neuroscientist*, Vol 8, No 1

Damasio R. Antonio (2002), “Remembering when”, *Scientific American*, 66 - 73

Drake Carolyn, Jones Mari Riess, Baruch Clarisse (2000), *Cognition* 77, 251 – 288

Drewing Knut, Aschersleben Gisa and Li Shu-Chen (2006), “Sensorimotor synchronization across the life span”, *International Journal of Behavioral Development*, 30 (3), 280 - 287

Durstewitz Daniel (2004), “Neural representation of interval time”, *Neuroreport*, Vol 15, No 5, 745 – 748

Eagleman M. David, Tse U. Peter, Buonomano Dean, Janssen Peter, Nobre Anna Christina, and Holcombe O. Alex (2005), *The Journal of Neuroscience*, 25 (45): 10369 – 10371

Eagleman M. David (2008), “Human time perception and its illusions”, *Current Opinion in Neurobiology*, 18: 131 – 136

Flach Rudiger (2005), “The transition from synchronization to continuation tapping”, *Human Movement Science* 24, 465 – 483

Grondin Simon (2001), “From Physical Time to the First and Second Moments of Psychological Time”, *Psychological Bulletin*, Vol. 127, No 1, 22 – 44

Guttman E. Sharon, Gilroy A. Lee, and Blake Randolph (2005), “Auditory Encoding of Visual Temporal Sequences”, *Psychol Sci*, 16 (3): 228 - 235

Hazeltine Eliot, Helmuth L. Laura and Ivry B. Richard (1997), “Neural mechanisms of timing”, *Trends in Cognitive Sciences*, Vol.1, No 5, 163 – 169

Ivry B. Richard and Schlerf E. John, “Dedicated and intrinsic models of time perception”, *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 12, No 7, 273 - 280

Jobbagy Akos, Harcos Peter, Karoly Robert, and Fazekas Gabor (2005), “Analysis of finger-tapping movement”, *Journal of Neuroscience Methods* 141, 29 – 39

Keele W. Steven, Pokorny A. Robert, Corcos M. Daniel, and Ivry Richard (1985), “Do Perception and Motor Production Share Common Timing Mechanisms: A Correlational Analysis”, *Acta Psychologica* 60, 173 – 191

Lewis A. Penelope and Miall R. Chris (2002), “Overview: An Image of Human Neural Timing”, 1109_frame_MASTER.book, 515 – 532

Lewis A. Penelope and Miall R. Christopher (2003), “Distinct systems for automatic and cognitively controlled time measurement: evidence from neuroimaging”, *Current Opinion in Neurobiology*, 13: 1 – 6

Loehr D. Janeen and Palmer Caroline (2009), “Subdividing The Beat: Auditory and Motor Contributions To Synchronization”, *Music Perception*, Vol 26, Issue 5, 415 - 425

Mauk D. Michael and Buonomano V. Dean (2004), “The Neural Basis of Temporal Processing”, *Annu. Rev. Neurosci.*, 27: 307 - 340

McManus IC, Kemp R.I. and Grant J., (1986) “Differences between fingers and hands in tapping ability: Dissociation between speed and regularity”, *Cortex* 22, 461-473

Merker (1999/2000), “Synchronous chorusing and the origins of music”, *Musicae Scientiae*, 59 -73

Misra Indiar, Suar Damodar, Mandal K. Manas (2008), “How Good People are at estimating their Own Performance? A Study of the Relationship between Hand

Preference and Motor Performance”, *Psychology and Developing Societies*, 20, 1, 111–125

Pouthas Viviane and Perbal Severine (2004), “Time perception depends on accurate clock mechanisms as well as unimpaired attention and memory processes”, *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 64: 367 - 385

Repp (2005), “Sensorimotor Synchronization: A review of the tapping literature”, *Psychonomic Bulletin & Review*, 12 (6), 969-992

Repp (2006), “Rate Limits of Sensorimotor Synchronization”, *Advances in Cognitive Psychology*, 2, 2-3, 163-181

Rubia Katya and Smith Anna (2004), “The neural correlates of cognitive time management: a review”, *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 64: 329 - 340

Semjen Amdras, Schulze Hans – Henning, and Vorberg Dirk (2000), “Timing precision in continuation and synchronization tapping”, *Psychological Research*, 63, 137-147

Serrien J. Deborah (2008), “The neural dynamics of timed motor tasks: evidence from a synchronization – continuation paradigm”, *European Journal of Neuroscience*, Vol. 27, 1553 - 1560

Szelag E., Von Steinbuchel, Reiser N., De Langen E.G., and Poppel E. (1996), “Temporal constraints in processing of nonverbal rhythmic patterns”, *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 56, 215-225

Szelag Elzbieta, Kanabus Magdalena, Kolodziejczyk Iwona, Kowalska Joanna, and Szuchnik Joanna (2004), “Individual differences in temporal information processing in humans” *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 64: 349 - 366

Takano Kouji and Miyake Yoshihiro (2007), “Two types of phase correction mechanism involved in synchronized tapping”, *Neuroscience Letters* 417, 196 - 200

Tiffin-Richards M.C., Hasselhorn Marcus, Richards L. Michael, Banaschewski Tobias and Rothenberger Aribert (2004), “Time Reproduction in Finger Tapping Tasks by

Children with Attention-deficit Hyperactivity Disorder and/or Dyslexia” *DYSLEXIA*
10: 299–315

Todd Mc Angus P. Neil, O’ Boyle J. Donald and Lee S. Christopher (1999), “A
Sensory – Motor Theory of Rhythm, Time Perception and Beat Induction”, *Journal of
New Music Research*, Vol. 28, No 1, 5 - 28

Wittmann Marc (1999), “Time Perception and Temporal Processing Levels of the
Brain”, *Chronobiology International*, 16 (1), 17 – 32

Yamada Masashi (1996), “Temporal Control Mechanism in Equaled Interval
Tapping”, *Applied Human Science – Journal of Physiological Anthropology*, 15 (3):
105 - 110