

# Απόκλιση του Άξονα του Κύματος T. Ένας Αμφισβητούμενος Δείκτης της Επίπτωσης Στεφανιαίας Νόσου;

ΠΟΛΥΧΡΟΝΗΣ ΔΗΛΑΒΕΡΗΣ,  
ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΤΟΥΣΟΥΛΗΣ

1<sup>η</sup> Καρδιολογική Κλινική, Πανεπιστήμιο Αθηνών  
Ιατρική Σχολή, Ιπποκράτειο Νοσοκομείο, Αθήνα,  
Ελλάδα

### Λέξεις Ευρετηρίου:

Άξονας κύματος T, Πρόβλεψη,  
Στεφανιαία νόσος



**Πολυχρόνης Δηλαβέρης**  
Επιμελητής Α'

#### Διεύθυνση Επικοινωνίας:

1<sup>η</sup> Πανεπιστημιακή  
Καρδιολογική Κλινική  
Ιπποκράτειο Νοσοκομείο, Αθήνα  
Τηλ./Fax.: +30 210 6531377  
E-mail: hrodil1@yahoo.com

**A**πό το 1913, όταν ο Einthoven όριζε το διάστημα QT, ως τον χρόνο που απαιτείται για την ολοκλήρωση της διαδικασίας εκπόλωσης και επαναπόλωσης, η διάρκεια του διαστήματος QT χρησιμοποιείται ως δείκτης αποκατάστασης του κοιλιακού μυοκαρδίου από την ηλεκτρική διέγερση και ως έκφραση των μεταβολών στο ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ) επιφανείας που εμφανίζουν τα διαφορετικά δυναμικά ενεργείας που προέρχονται από τις διάφορες περιοχές του μυοκαρδιακού τοιχώματος. Ως εκ τούτου, η μέτρηση της διάρκειας του διαστήματος QT είναι ένα σημαντικό διαγνωστικό εργαλείο, ιδιαίτερα στην περίπτωση του συγγενούς συνδρόμου παράτασης του QT διαστήματος. Η σχέση μεταξύ της διασποράς των χρόνων ανάνηψης του κοιλιακού μυοκαρδίου από τη διέγερση και των κοιλιακών αρρυθμιών έχει αποδειχθεί στο παρελθόν.<sup>1</sup> Η διασπορά του διαστήματος QT έχει χρησιμοποιηθεί για τον ποσοτικό προσδιορισμό της διασποράς στην ανερεθιστότητα του κοιλιακού μυοκαρδίου από το κλασικό ΗΚΓ 12 απαγωγών.<sup>2,3</sup> Ωστόσο, η χρήση του περιορίζεται σημαντικά από τη δυσκολία καθορισμού του τέλους κυμάτων T με διαφορετικό σχήμα, από σημαντικές αντιρρήσεις σχετικά με τη βέλτιστη μέθοδο για την αυτόματη μέτρηση της διάρκειας του διαστήματος QT, και από την περιορισμένη συμφωνία μεταξύ της αυτόματης και χειροκίνητης μέτρησης τόσο της διάρκειας όσο και της διασποράς του διαστήματος QT. Η παθοφυσιολογική βάση της λεγόμενης διασποράς του διαστήματος QT έχει επανεξεταστεί στο παρελθόν.<sup>4,5</sup> Προηγούμενες μελέτες κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η αρχική ιδέα της απεικόνισης της διασποράς του διαστήματος QT ως άμεσο μέτρο της περιοχικής ετερογένειας στην καρδιακή επαναπόλωση είναι ανακριβής.<sup>5</sup> Ως εκ τούτου, προτάθηκε ότι το μέγεθος της διασποράς του διαστήματος QT που βρέθηκε σε φυσιολογικά άτομα μπορεί να εξηγηθεί με το φαινόμενο της προβολής, αλλά και της ανακρίβειας των μετρήσεων.<sup>5</sup>

## ΗΚΓ δείκτες της κοιλιακής επαναπόλωσης εκτός του διαστήματος QT

Αρκετές μελέτες έχουν επικεντρωθεί στην αξιολόγηση του φαινομένου της επαναπόλωσης με τη χρήση άλλων δεικτών πέραν του διαστήματος QT. Ο παθολογικός προσανατολισμός του άξονα του κύματος T είναι γνωστό από καιρό ότι παρέχει μια συνολική εικόνα της ανώμαλης επαναπόλωσης,<sup>6</sup> και η γωνία στον τρισδιάστατο χώρο μεταξύ της κατεύθυνσης των κυμάτων εκπόλωσης και επαναπόλωσης (γωνία QRS-T στον τρισδιάστατο χώρο) έχει ήδη χρησιμοποιηθεί για την ποσοτικοποίηση της κοιλιακής επαναπόλωσης.<sup>7-12</sup>

Σε μια πρώτη προσπάθεια να περιγράψει τη σχέση μεταξύ των φαινομένων εκπόλωσης και επαναπόλωσης του κοιλιακού μυοκαρδίου, οι Wilson και συν εισήγαγαν την έννοια της κοιλιακής κλίσης το 1934.<sup>13</sup> Η κοιλιακή κλίση προκύπτει λαμβάνοντας το αλγεβρικό άθροισμα της καθαρής επιφάνειας του συμπλέγ-

ματος QRS και του κύματος T σε κάθε απαγωγή και χαρακτηρίζεται από το μέγεθος και την κατεύθυνση. Η έκταση της κοιλιακής κλίσης θεωρήθηκε ένα μέτρο των ηλεκτρικών επιδράσεων που παράγονται από τις τοπικές μεταβολές στη διαδικασία της ηλεκτρικής διέγερσης. Ο μέσος ηλεκτρικός άξονας της κοιλιακής κλίσης δίνει την κατεύθυνση του άξονα κατά μήκος του οποίου αυτές οι τοπικές μεταβολές είναι μεγαλύτερες. Το μέγεθος της κοιλιακής κλίσης επηρεάζεται από την καρδιακή συχνότητα και από τις αλλαγές στη στάση του σώματος από την ύπια στην όρθια θέση. Ενώ η κοιλιακή κλίση υπολογίστηκε αρχικά από την επιφάνεια του QRS συμπλέγματος και του κύματος T με τη χρήση πλανημέτρησης, αργότερα, ο υπολογισμός της απλουστεύθηκε βασιζόμενος στις προβολές του μεγίστου ανύσματος των QRS και T πάνω στο ορθογώνιο σύστημα απαγωγών X, Y, και Z.<sup>7-12</sup> Η γωνία QRS-T στον τρισδιάστατο χώρο αποδείχθηκε ότι αποτελεί ανεξάρτητο προγνωστικό δείκτη θνησιμότητας στους ηλικιωμένους,<sup>11</sup> καθώς και σε ασθενείς που εισήχθησαν με οξύ ισχαιμικής αιτιολογίας προκάρδιο άλγος.<sup>12</sup>

Αρκετές μελέτες έχουν επικεντρωθεί στην απόκλιση του άξονα του κύματος T ως δείκτη ανωμαλιών στην κοιλιακή επαναπόλωση από το ΗΚΓ επιφανείας ανεξάρτητα από τα αντίστοιχα φαινόμενα της εκπόλωσης. Προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει ότι ο άξονας του κύματος T αντικατοπτρίζει αλλαγές που σχετίζονται με προσαρμοστικές ή δυσπροσαρμοστικές επιρροές του αυτόνομου συστήματος,<sup>14</sup> με τη στεφανιαία απόφραξη,<sup>15</sup> και με μικρολευκωματινουργία σε άτομα χωρίς σακχαρώδη διαβήτη.<sup>16</sup>

## Απόκλιση του άξονα του κύματος T και πρόβλεψη της στεφανιαίας νόσου

Η ικανότητα του άξονα του κύματος T να προβλέψει την εμφάνιση στεφανιαίας καρδιακής νόσου δοκιμάστηκε σε διάφορες μελέτες. Μια ισχυρή συσχέτιση μεταξύ της απόκλισης του άξονα του κύματος T και της στεφανιαίας νόσου παρατηρήθηκε στην ομάδα των ηλικιωμένων ενηλίκων της μελέτης Rotterdam,<sup>17</sup> καθώς και σε ασθενείς που εισήχθησαν με οξύ ισχαιμικής αιτιολογίας πόνο στο στήθος.<sup>12</sup> Και οι δύο μελέτες χρησιμοποίησαν τον άξονα του κύματος T στο μετωπιαίο επίπεδο, ενώ επιτεύχθηκε μακροχρόνια παρακολούθηση των συμμετεχόντων στις μελέτες. Η Cardiovascular Health Study (CHS) έδειξε ότι η απόκλιση του άξονα του κύματος T στον τρισδιάστατο χώρο είναι ένας ανεξάρτητος παράγοντας κινδύνου για την εμφάνιση στεφανιαίας νόσου σε ηλικιωμένους άνδρες και γυναίκες που δεν έχουν

ιστορικό στεφανιαίας νόσου.<sup>18</sup> Από την άλλη πλευρά, στη Multiple Risk Factor Intervention Trial (MRFIT) μελετήθηκε μια ομάδα νεαρών (35-57 ετών) ατόμων και απέτυχε να δείξει την παρουσία στατιστικά σημαντικής συσχέτισης μεταξύ της αρχικής τιμής της απόκλισης του άξονα του κύματος T στον τρισδιάστατο χώρο και της επίπτωσης στεφανιαίων συμβαμάτων.<sup>19</sup>

Μια επόμενη ανάλυση των Zhang και συν από τη μελέτη Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) έδειξε ότι η γωνία QRS-T στο μετωπιαίο επίπεδο, που ορίζεται ως ο άξονας του κύματος T μείον τον άξονα QRS στο ΗΚΓ των κλασικών 12-απαγωγών, έχει παρόμοια προγνωστική αξία με την γωνία QRS-T στον τρισδιάστατο χώρο για τη συνολική θνησιμότητα.<sup>20</sup> Επιπλέον, οι Zhang και συν έδειξαν ότι η γωνία QRS-T προέβλεπε την εμφάνιση στεφανιαίας νόσου μόνο σε γυναίκες. Η γωνία QRS-T στον τρισδιάστατο χώρο προέβλεπε καλύτερα τα επεισόδια στεφανιαίας νόσου σε σύγκριση με τη γωνία QRS-T στο μετωπιαίο επίπεδο.<sup>20</sup> Όταν οι ανωμαλίες των ST-T συνοψολογίζονταν σε ένα μοντέλο πρόβλεψης κινδύνου που βασιζόταν σε κλινικές μεταβλητές, η χρησιμότητα της γωνίας QRS-T για την πρόβλεψη τόσο της συνολικής θνησιμότητας όσο και της επίπτωσης της στεφανιαίας νόσου μειωνόταν σημαντικά.<sup>20</sup> Σε παρόμοια ευρήματα κατέληξε και η μεγάλη ομάδα της Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA), η οποία πρότεινε, επίσης, ότι η γωνία QRS-T είναι ένας ισχυρός προγνωστικός παράγοντας επίπτωσης στεφανιαίας νόσου στους ασθενείς κάθε εθνικότητας που καθορίζεται κυρίως από τις διαταραχές των T κυμάτων.<sup>21</sup>

## Συμπεράσματα

Υπάρχει σημαντική διαμάχη στη βιβλιογραφία σχετικά με την ικανότητα που εμφανίζει η απόκλιση του άξονα του κύματος T να προβλέπει μελλοντικά στεφανιαία επεισόδια. Μια πιθανή εξήγηση περιλαμβάνει την ύπαρξη ουσιαστικών διαφορών ανάμεσα στους πληθυσμούς που μελετήθηκαν, συμπεριλαμβανομένων διαφορετικών δημογραφικών χαρακτηριστικών, διαφορετικών επιπέδων απόλυτου καρδιαγγειακού κινδύνου ή διαφορετικής συν-νοσηρότητας. Φαίνεται ότι οι γηραιότεροι πληθυσμοί είτε με κλινικό ιστορικό στεφανιαίας νόσου είτε με ΗΚΓική ένδειξη ισχαιμίας παρουσιάζουν συνήθως σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στην απόκλιση του άξονα του κύματος T και την εμφάνιση στεφανιαίων συμβαμάτων. Είναι λογικό ότι η εξέλιξη των διαταραχών στην κοιλιακή επαναπόλωση και η επιδείνωση της αθηροσκληρωτικής στεφανιαίας νόσου είναι παράλληλα φαινόμενα. Ως εκ τούτου, η απόκλιση του άξονα του κύματος T μπορεί να χρησιμεύσει ως δείκτης της επίπτωσης στεφανιαίων επεισοδίων σε πληθυσμούς με υψηλό

τερο επιπολασμό αθηροσκληρυντικής στεφανιαίας νόσου, όπως είναι οι ηλικιωμένοι.

## Μελλοντικές προοπτικές

Η γωνία QRS-T είναι εύκολα ερμηνεύσιμος και συνεχής ΗΚΓικός δείκτης κινδύνου καρδιαγγειακής νόσου που μπορεί να διαδραματίσει κρίσιμο ρόλο στην πρόβλεψη κινδύνου, ιδιαίτερα σε ασθενείς χωρίς εμφανείς ανωμαλίες στο ΗΚΓ. Ωστόσο, η υπόθεση ότι όλες οι πληροφορίες σχετικά με την καρδιακή επαναπόλωση περιέχονται σε ένα μόνο διάνυσμα, αυτό του κύματος T, πιθανόν να είναι υπεραπλούστευση. Η ανυσματοκαρδιογραφική απεικόνιση ενός μονήρους άξονα του κύματος T από έναν αριθμό ΗΚΓων απαγωγών μπορεί να αγνοήσει την παρουσία υφιστάμενων μη -διπολικών στοιχείων της καρδιακής επαναπόλωσης.<sup>22</sup> Παρ' όλα αυτά, η καταγραφή και ποσοτικοποίηση του βρόγχου του κύματος T στον τριδιάστατο χώρο φαίνεται να παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα. Μπορεί να μετρηθεί εύκολα, δεν επηρεάζεται από τα σφάλματα παρατήρησης και είναι πιθανόν να είναι λιγότερο ευαίσθητη στο θόρυβο και τα προβλήματα ορισμού από τους συμβατικούς ΗΚΓικούς δείκτες κοιλιακής επαναπόλωσης. Μελλοντικές έρευνες θα πρέπει να ενισχύσουν το ρόλο των περιγραφικών αυτών δεικτών της κοιλιακής επαναπόλωσης στον τριδιάστατο χώρο για τον εντοπισμό ασθενών υψηλού κινδύνου για καρδιαγγειακά συμβάματα, συμπεριλαμβανομένων και των απειλητικών για τη ζωή κοιλιακών αρρυθμιών.

## Βιβλιογραφία

1. Han J, Moe GK. Nonuniform recovery of excitability in ventricular muscle. *Circ Res* 1964; 14:44-60.
2. Day CP, McComb JM, Campbell RW. QT dispersion: An indication of arrhythmic risk in patients with long QT intervals. *Br Heart J* 1990;63:342-344.
3. Arsenos P, Gatzoulis K, Dilaveris P, et al. Arrhythmic sudden cardiac death: substrate, mechanisms and current risk stratification strategies for the post-myocardial infarction patient. *Hellenic J Cardiol*. 2013;54(4):301-315.
4. Malik M, Acar B, Gang Y, Yap YG, Hnatkova K, Camm AJ. QT dispersion does not represent electrocardiographic interlead heterogeneity of ventricular repolarization. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2000;11:835-843.
5. Kors JA, Van Herpen G, Van Bemmel JH. QT dispersion as an attribute of T-loop morphology. *Circulation* 1999;99:1458-1463.
6. Cooksey JD, Dunn M, Massie E. *Clinical vectorcardiography and electrocardiography*. Chicago, Year Book Medical Publishers, 1977.
7. Ishizawa K, Ishizawa K, Motomura M, Konishi T, Wakabayashi A. High reliability rates of spatial pattern analysis by vectorcardiogram in assessing the severity

- of eccentric left ventricular hypertrophy. *Am Heart J* 1976;91:50-57.
8. Dilaveris P, Gialafos E, Pantazis A, Synetos A, Triposkiadis F, Gialafos J. The spatial QRS-T angle as a marker of ventricular repolarization in hypertension. *J Hum Hypertens* 2001;15:63-70.
9. Dilaveris P, Gialafos E, Pantazis A, et al. Spatial aspects of ventricular repolarization in postinfarction patients. *Pacing Clin Electrophysiol* 2001;24:157-165.
10. Dilaveris P, Pantazis A, Gialafos E, Triposkiadis F, Gialafos J. Determinants of electrocardiographic and spatial vectorcardiographic descriptors of ventricular repolarization in normal subjects. *Am J Cardiol* 2001;88:912-914.
11. Kardys I, Kors JA, Van der Meer IM, Hofman A, Van der Kuip DAM, Witteman JCM. Spatial QRS-T angle predicts cardiac death in a general population. *Eur Heart J* 2003, 24:1357-1364.
12. De Torbal A, Kors JA, Van Herpen G, et al. The electrical T-axis and the spatial QRS-T angle are independent predictors of long-term mortality in patients admitted with acute ischemic chest pain. *Cardiology* 2004;101:199-207.
13. Wilson FN, Macleod AG, Barker PS, et al. The determination and significance of the areas of the ventricular deflections of the electrocardiogram. *Am Heart J* 1934;10:46-61.
14. Batchvarov V, Dilaveris P, Farbom P, et al. New descriptors of homogeneity of the propagation of ventricular repolarization. *Pacing Clin Electrophysiol* 2000;23:1968-1872.
15. Nowinski K, Jensen S, Lundahl G, Bergfeldt L. Changes in ventricular repolarization during percutaneous transluminal coronary angioplasty in humans assessed by QT interval, QT dispersion and T vector loop morphology. *J Intern Med*, 2000, 248:126-136.
16. Diercks GF, Hillege HL, van Boven AJ, et al. Relation between albumin in the urine and electrocardiographic markers of myocardial ischemia in patients without diabetes mellitus. *Am J Cardiol*, 2001, 88:771-774.
17. Kors JA, de Bryne MC, Hoes AW, et al. T axis as an indicator of risk of cardiac events in elderly people. *Lancet*, 1998, 352:601-605.
18. Rautaharju PM, Nelson JC, Kronmal RA, et al. Usefulness of T-axis deviation as an independent risk indicator for incident cardiac events in older men and women free from coronary heart disease (the Cardiovascular Health Study). *Am J Cardiol*, 2001, 88:118-123.
19. Prineas RJ, Grandits G, Rautaharju PM, Cohen JD, Zhang ZM, Crow RS; MRFIT Research Group. Long-term prognostic significance of isolated minor electrocardiographic T-wave abnormalities in middle-aged men free of clinical cardiovascular disease (The Multiple Risk Intervention Trial [MRFIT]). *Am J Cardiol*, 2002, 90:1391-1395.
20. Zhang ZM, Prineas RJ, Case D, Soliman EZ, Rautaharju PM. Comparison of the prognostic significance of the electrocardiographic QRS/T angles in predicting incident coronary disease and total mortality (from the atherosclerosis risk in communities study). *Am J Cardiol* 2007;100:844-849.
21. Walsh JA, Soliman EZ, Ilkhanoff L, et al. Prognostic value of frontal QRS-T angle in patients without clinical evidence of cardiovascular disease (from the multi-ethnic study of atherosclerosis). *Am J Cardiol* 2013;112:1880-1884.
22. Franz MR, Zabel M. Electrophysiological basis of QT dispersion measurements. *Progr Cardiovasc Dis* 2000;42:311-324.