

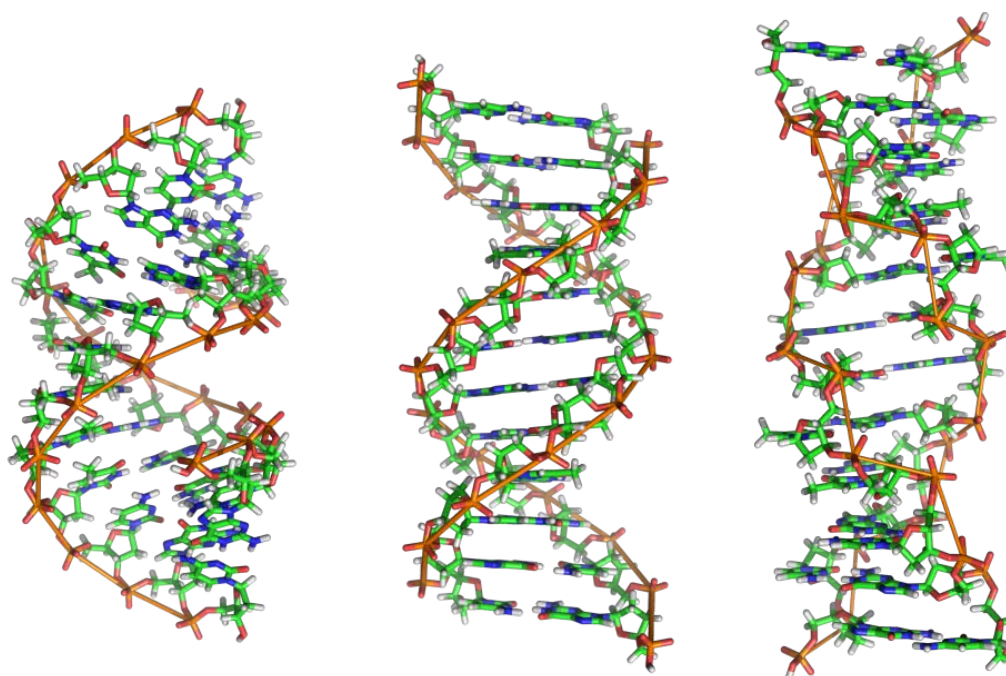
A B Z

οι έλικες του DNA

βιότοπος

www.edubiosite.gr

Η ελικοειδής δομή του DNA ποικίλει και εξαρτάται τόσο από την αλληλουχία των νουκλεοτιδίων όσο και από το περιβάλλον.



Εισαγωγή

Εικόνες της διπλής έλικας του DNA είναι τόσο κοινές ώστε όλοι είμαστε εξοικειωμένοι με το σχήμα και τη δομή του μορίου. Αυτή η δομή είναι γνωστή ως B-έλικα και αναπαριστάνει τη μέση διαμόρφωση του DNA.

Υπάρχουν τρεις τύποι ελίκων DNA:

A έλικα: μπορεί να σχηματιστεί σε ορισμένα τμήματα του μορίου με αλληλουχίες πουρινών (π.χ. GAGGGA),

B έλικα: ευνοείται σε μικτές αλληλουχίες πουρινών–πυριμιδινών (αν και η ακριβής διαμόρφωση εξαρτάται από την συγκεκριμένη αλλη-

λουχία νουκλεοτιδίων, όπως περιγράφεται παρακάτω) και

Z έλικα: ευνοείται σε εναλλασσόμενες αλληλουχίες πουρινών–πυριμιδινών (π.χ. CGCGCG) και έχει εντοπιστεί μόνο σε ευκαρυωτικούς οργανισμούς.

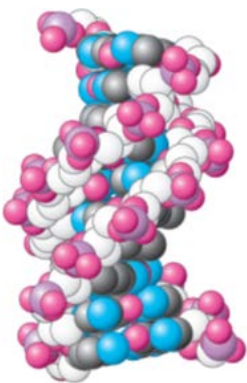
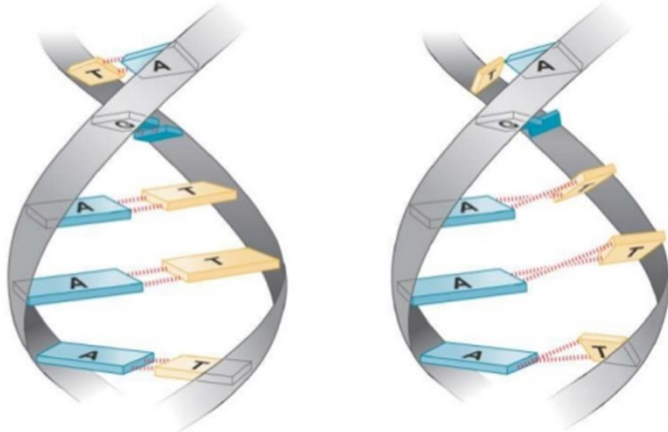
Οι έλικες A και B είναι δεξιόστροφες ενώ η Z έλικα είναι αριστερόστροφη.

Αυτές οι διαφορετικές διαμορφώσεις της έλικας του DNA επηρεάζουν σημαντικές βιολογικές λειτουργίες.

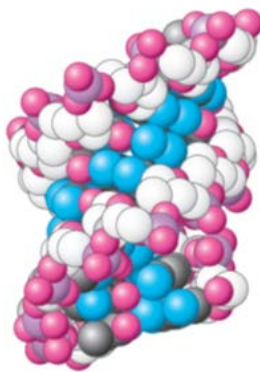
Το A-DNA είναι μια διπλή έλικα με διαφορετικά χαρακτηριστικά από εκείνα του πιο διαδεδομένου B-DNA

Οι Watson και Crick στήριξαν το μοντέλο τους (γνωστό ως έλικα του B-DNA) σε πρότυπα σκέδασης ακτίνων X σε ίνες DNA, τα οποία έδωσαν πληροφορίες για τις ιδιότητες της διπλής έλικας που υπολογίστηκαν κατά μέσον όρο από τα συστατικά τους νουκλεοτιδικά τμήματα. Η διάταξη της B έλικας παρατηρείται σε συνθήκες σχετικής υγρασίας 92%. Τα αποτελέσματα των μελετών σκέδασης ακτίνων X σε αφυδατωμένες ίνες DNA αποκάλυψαν μια νέα μορφή που ονομάστηκε A-DNA, η οποία εμφανίζεται όταν η σχετική υγρασία μειώνεται σε λιγότερο από 75%. Το A-DNA, όπως και το B-DNA, είναι δεξιόστροφη διπλή έλικα αποτελούμενη από αντιπαράλληλους κλώνους που συγκρατούνται με δεσμούς υδρογόνου μεταξύ των συμπληρωματικών αζωτούχων βάσεων. Η έλικα του A-DNA είναι ευρύτερη και κοντύτερη από την έλικα του B-DNA, και τα ζεύγη βάσεων της είναι κεκλιμένα και όχι κάθετα στον άξονα της έλικας.

Η A έλικα είναι λίγο ευρύτερη απ' ότι οι B και Z έλικες και αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι τα ζεύγη των αζωτούχων βάσεων στην B έλικα διατάσσονται ευθυγραμμισμένα, ενώ στην A έλικα βρίσκονται λίγο παράκεντρα. Στη B έλικα τα νουκλεοτίδια κάθε ζεύγους βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο ενώ στην A έλικα παρουσιάζουν μια απόκλιση όπως τα πτερύγια του προωστήρα (propeller). Όπως αναμένεται, η A έλικα είναι λιγότερο σταθερή και περισσότερο άκαμπτη σε σχέση με τη B έλικα. Κάθε στροφή της A έλικας περιλαμβάνει 11 ζεύγη βάσεων σε σύγκριση με τα 10 περίπου της B έλικας και τα 12 της έλικας Z.



μορφή B



μορφή A

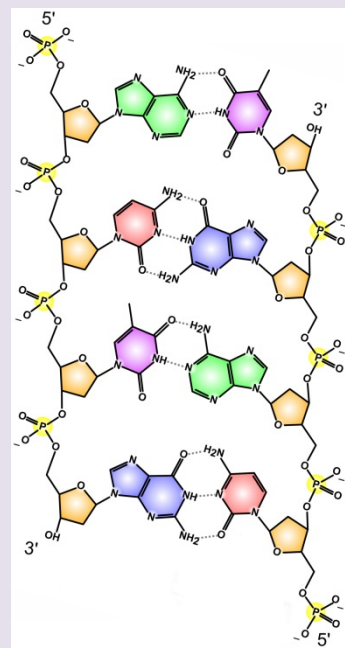
Η ΔΟΜΗ ΤΟΥ DNA

Η δομή διπλής έλικας του DNA που ανακαλύφθηκε από τους Watson και Crick δείχνει άμεσα πώς αποθηκεύονται και αντιγράφονται οι γενετικές πληροφορίες. Τα βασικά χαρακτηριστικά του μοντέλου αυτού είναι:

1. Δύο πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες με αντίθετο προσανατολισμό στρέφονται γύρω από έναν κοινό άξονα σχηματίζοντας μια δεξιόστροφη διπλή έλικα.

2. Βάσεις πουρίνης και πυριμιδίνης βρίσκονται στο εσωτερικό της έλικας, ενώ μονάδες φωσφορικών ομάδων και δεοξυριβόζης βρίσκονται στο εξωτερικό της.

3. Η αδενίνη (A) ζευγαρώνει με τη θυμίνη (T) και η γουανίνη (G) με την κυτοσίνη (C). Ένα ζεύγος βάσεων A-T συγκρατείται με δύο δεσμούς υδρογόνου, ενώ ένα ζεύγος G-C με τρεις δεσμούς υδρογόνου.

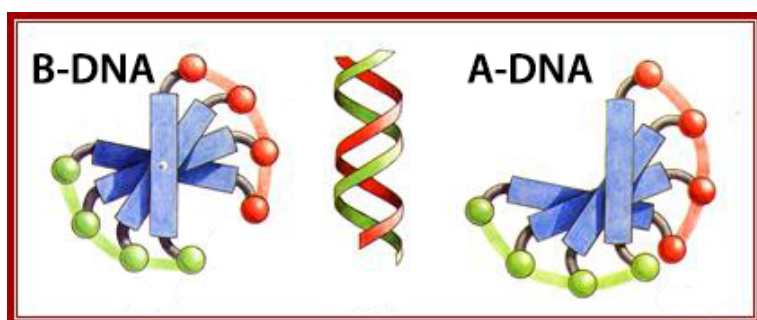


Ορισμένες αλληλουχίες πουρινών είναι λιγότερο πιθανό να σχηματίσουν A έλικα από ότι άλλες. Για παράδειγμα, η αλληλουχία AAAA κρυσταλλώνεται ως B-DNA και όχι στην μορφή της A έλικας. Είναι έτσι δυνατόν να έχουμε μια αλληλουχία DNA που περιέχει ορισμένες περιοχές με A διαμόρφωση μέσα στην κυρίως B διαμόρφωση του μορίου.

Οι A έλικες είναι συνηθισμένες στα υβρίδια DNA-RNA, καθώς επίσης και στο δίκλωνο RNA. Επιπλέον, η διαμόρφωση της A έλικας ευνοείται στο τρίκλωνο DNA. Η μετάβαση από B έλικα σε A έλικα συνήθως συμβαίνει κατά τη διάρκεια της μεταγραφής, όπου το υβρίδιο RNA-DNA θα είναι πιο σταθερό στη διαμόρφωση της A έλικας. Επίσης η A έλικα παίζει σημαντικό ρόλο σε ορισμένες διεργασίες που δεν περιλαμβάνουν RNA. Για παράδειγμα, στα σποριογόνια βακτήρια, υπάρχει μια πρωτεΐνη η οποία μπορεί να συνδεθεί στη B έλικα του DNA και να τη μετατρέψει σε A έλικα. Μια άλλη συνηθισμένη εμφάνιση της A έλικας είναι σε αλληλουχίες οι οποίες βρίσκονται στις μακρές τερματικές επαναλήψεις (LTRs) των μεταθετών στοιχείων και μπορούν εύκολα να σχηματίσουν A έλικες. Αυτές οι περιοχές συχνά περιέχουν τμήματα πουρινών που ευνοούν τη διαμόρφωση της A έλικας. Μια αλληλουχία DNA που παρουσιάζει μορφή A έλικας είναι η LTR του ιού της ανθρώπινης ανοσοανεπάρκειας. Είναι πιθανόν ότι αυτές οι περιοχές εμπλέκονται σε ανασυνδυασμό. Μικρές αλληλουχίες πουρινών οι οποίες είναι πιθανό να σχηματίσουν A έλικα υπάρχουν σε μεγάλη αφθονία στα γονιδιώματα και κυμαίνονται από περίπου ένα τέταρτο του γονιδιώματος σε βακτήρια έως περίπου στο ένα δεύτερο του DNA των ευκαρυωτικών χρωμοσωμάτων.

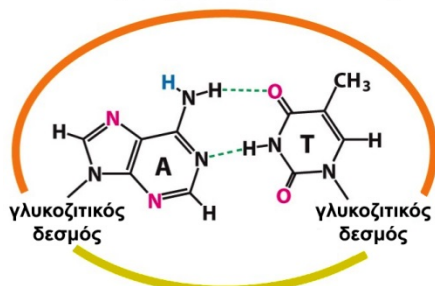
Οι αύλακες του DNA

Τα δίκλωνα μόρια νουκλεϊκών οξέων παρουσιάζουν δύο αύλακες, οι οποίες ονομάζονται **μεγάλη** και **μικρή** αύλακα. Οι αύλακες αυτές σχηματίζονται διότι οι γλυκοζιτικοί δεσμοί ενός ζεύγους βάσεων δεν βρίσκονται διαμετρικά απέναντι ο ένας από τον άλλον. Στο B-DNA, η μεγάλη αύλακα είναι ευρύτερη και βαθύτερη από ό,τι η μικρή αύλακα. Κάθε αύλακα περιέχει άτομα που συμμετέχουν σε δεσμούς υδρογόνου και επιτρέπουν ειδικές αλληλεπιδράσεις με πρωτεΐνες. Οι πρωτεΐνες που βοηθούν στο πακετάρισμα του DNA (ιστόνες) συνδέονται συνήθως στη μικρή αύλακα του μορίου. Επιπλέον στη μικρή αύλακα συνδέονται μόρια νερού και μικρά ιόντα που συμβάλλουν στη σταθερότητα του μορίου.

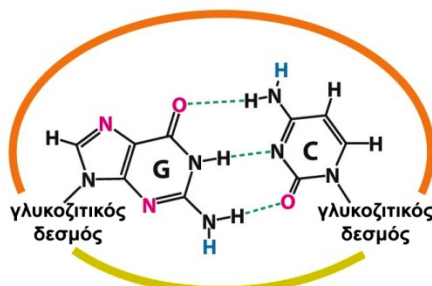


πλευρά μεγάλης αύλακας

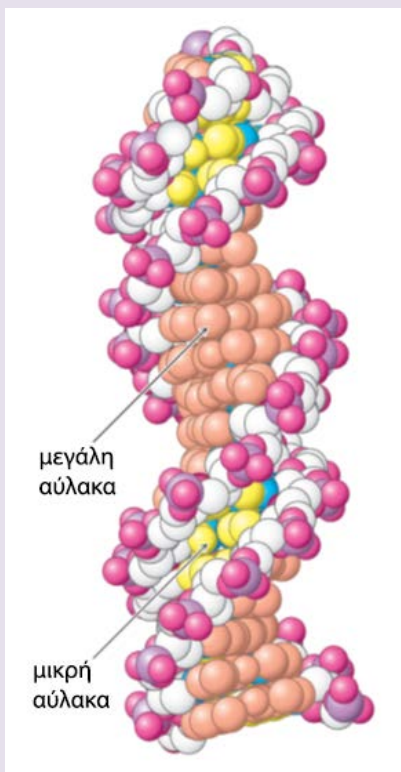
πλευρά μεγάλης αύλακας



πλευρά μικρής αύλακας
Αδενίνη - Θυμίνη

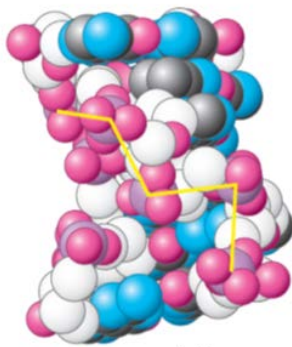


πλευρά μικρής αύλακας
Γουανίνη - Κυτοσίνη



Το Z-DNA είναι μια αριστερόστροφη διπλή έλικα στην οποία οι φωσφορικές ομάδες στον σκελετό του μορίου σχηματίζουν γραμμή ζιγκ-ζαγκ

Ο Alexander Rich και οι συνεργάτες του ανακάλυψαν έναν τρίτο τύπο έλικας DNA όταν έλυσαν τη δομή του oligομερούς dCGCGCG. Βρήκαν ότι αυτό το εξανουκλεοτίδιο σχηματίζει ένα διπλό μόριο αντιπαράλληλων ελίκων που συγκρατούνται μεταξύ τους με ζεύγη βάσεων Watson-Crick όπως αναμενόταν. Αυτό, όμως, που προκάλεσε έκπληξη ήταν το γεγονός ότι η διπλή έλικα ήταν αριστερόστροφη, σε αντίθεση με τη δεξιόστροφη φορά των ελίκων τύπου A και B. Επιπλέον, τα φωσφορικά στον σκελετό του μορίου σχημάτιζαν μια γραμμή ζιγκ-ζαγκ. Για τον λόγο αυτό ονόμασαν τη νέα αυτή μορφή Z-DNA. Τη μορφή του Z-DNA παίρνουν κοντά oligο-νουκλεοτίδια τα οποία έχουν αλληλουχία εναλλασσόμενων πυριμιδινών και πουρινών.



μορφή Z

Υπό φυσιολογικές συνθήκες, το περισσότερο DNA απαντά με τη μορφή B. Αν και ο βιολογικός ρόλος του Z-DNA βρίσκεται ακόμη υπό διερεύνηση, η ύπαρξή του αποδεικνύει ότι το DNA είναι ένα ευέλικτο δυναμικό μόριο.

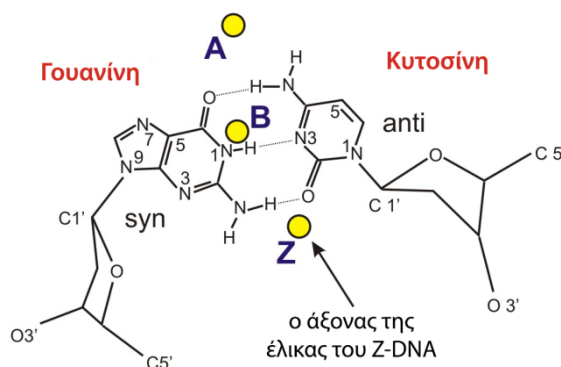
Η μελέτη της διαμόρφωσης του Z-DNA είναι ιδιαίτερα δύσκολη επειδή το μόριο αυτό δεν έχει σταθερά χαρακτηριστικά διπλής έλικας. Αντ' αυτού, είναι μία παροδική δομή που περιστασιακά επάγεται από κάποια βιολογική δραστηριότητα και στην συνέχεια εξαφανίζεται γρήγορα.

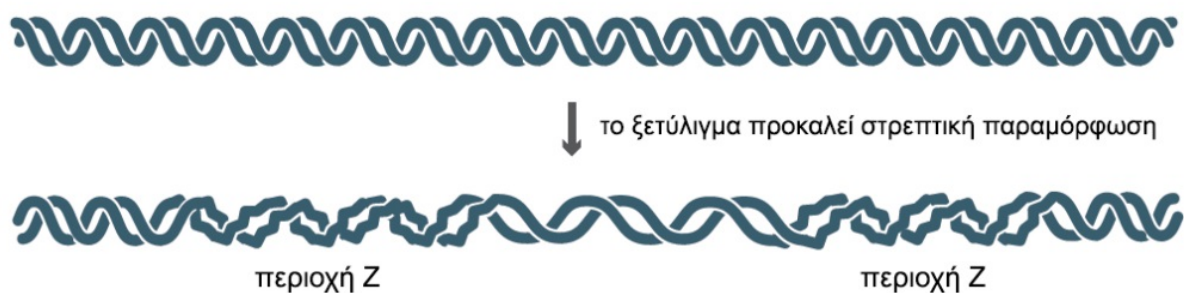
Ενώ ακόμα δεν είναι γνωστή η βιολογική σημασία του Z-DNA, πιστεύεται ότι παρέχει στρεπτική ανακούφιση καταπόνησης (υπερελίκωση), κατά τη μεταγραφή του μορίου. Η δυνατότητα σχηματισμού μιας δομής Z-DNA συσχετίζεται με τις εν ενεργεία περιοχές μεταγραφής. Θεωρείται ότι σχηματίζεται σε περιοχές του B-DNA που έχουν αποσυσπειρωθεί ελαφρά, όπως συμβαίνει κατά τη μεταγραφή ενός γονιδίου σε RNA. Το τοπικό ξετύλιγμα του DNA οδηγεί σε στρεπτική καταπόνηση η οποία μπορεί να εκτονωθεί σε κάποιο βαθμό με τον σχηματισμό της πιο συμπαγούς Z έλικας.

Το Z-DNA παρουσιάζει πιο σφιχτή περιέλιξη με 12 ζεύγη βάσεων σε κάθε στροφή της έλικας και διάμετρο μόλις 1,84 nm.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η A, B, ή Z ελικοειδής διαμόρφωση μιας αλληλουχίας DNA εξαρτάται από τουλάχιστον τρεις προϋποθέσεις. Η πρώτη είναι το ιονισμένο ή υγρό περιβάλλον το οποίο μπορεί να διευκολύνει την μετατροπή μεταξύ των διαφορετικών μορφών ελίκων. Η A έλικα ευνοείται από χαμηλή ενυδάτωση, ενώ η Z έλικα ευνοείται από την υψηλή αλατότητα. Η δεύτερη προϋπόθεση είναι η αλληλουχία DNA. Η A έλικα ευνοείται από ορισμένα τμήματα πουρινών ή πυριμιδινών, ενώ η Z έλικα μπορεί να σχηματιστεί πιο εύκολα σε τμήματα με εναλλασσόμενες πουρίνες-πυριμιδίνες. Η τρίτη προϋπόθεση είναι η παρουσία πρωτεϊνών που μπορούν να δεσμεύονται σε μια περιοχή της έλικας και αναγκάζουν το DNA να λάβει διαφορετική διαμόρφωση, όπως οι πρωτεΐνες που δεσμεύονται στη B έλικα και μπορεί να την μετατρέψουν είτε σε A είτε σε Z έλικα. Σε ζωντανά κύτταρα, το μεγαλύτερο μέρος του DNA είναι σε ένα μίγμα A και B έλικας, με λίγες μικρές περιοχές να σχηματίζουν Z έλικα.





Α, Β και Ζ έλικες του DNA			
παράμετρος	A-DNA	B-DNA	Z-DNA
σχήμα	ευρύτερο	ενδιάμεσο	στενότερο
τύπος έλικας	δεξιόστροφη	δεξιόστροφη	αριστερόστροφη
ζεύγη βάσεων ανά στροφή	11	10,4	12
βήμα έλικας (nm)	2,53	3,54	4,56
διάμετρος έλικας (nm)	2,55	2,37	1,84
μεγάλη αύλακα	στενή, βαθιά	ευρεία, βαθιά	επίπεδη
μικρή αύλακα	ευρεία, αβαθής	στενή, αβαθής	στενή, βαθιά
κλίση των βάσεων	1 ⁰	19 ⁰	9 ⁰

Βιβλιογραφία - Πηγές

Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης

DNA Structure: A-, B- and Z-DNA Helix Families: David W Ussery, Danish Technical University, Lyngby, Denmark (<http://people.bu.edu/mfk/restricted566/dnastructure.pdf>)

[BioWiki: The Dynamic Biology Hypertext](#) > [Genetics](#) > [Unit I: Genes, Nucleic Acids, Genomes and Chromosomes](#) > [2: Structures of nucleic acids](#) > [B-Form, A-Form, Z-Form of DNA](#)

https://www.mun.ca/biology/scarr/A_B_Z_DNA.html

http://www.garlandscience.com/res/pdf/9780815365099_ch02.pdf