

Δυναμική μοντελοποίηση του σκελετικού μυός

Λεωνίδας Α. Σπύρου και Νικόλαος Αράβας

*Εργαστήριο Μηχανικής και Αντοχής των Υλικών, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Ελλάδα*

*Ινστιτούτο Μηχανοτρονικής, Κέντρο Έρευνας, Τεχνολογίας και Ανάπτυξης Θεσσαλίας
(Κ.Ε.ΤΕ.Α.Θ), Ελλάδα*

Οι μύες είναι τα σημαντικότερα βιολογικά υλικά διότι είναι οι μόνοι υπεύθυνοι για την παραγωγή δυνάμεων στους έμβιους οργανισμούς. Η εργασία σχετίζεται με την βιολογική λειτουργία και την μηχανική συμπεριφορά των μυών. Από την πλευρά της Μηχανικής, οι μύες είναι “σύνθετα” υλικά που αποτελούνται από τις μυϊκές ίνες και τους αντίστοιχους συνδετικούς ιστούς που τις περιστοιχίζουν. Τα υλικά θεωρούνται ως “συνεχή μέσα” και εφαρμόζεται μια διαδικασία “ομογενοποίησης” που συνεκτιμά την ύπαρξη των ινών και τις υπόλοιπες φάσεις του υλικού.

Με βάση τις πιο πάνω θεωρήσεις, αναπτύσσεται ένα γενικό καταστατικό μοντέλο για την μηχανική συμπεριφορά του σκελετικού μυός. Το μοντέλο είναι μη-γραμμικό, ιξωδο-ελαστικό, και ανισότροπο λόγω της ύπαρξης των ινών. Τόσο η ενεργή όσο και η παθητική συμπεριφορά του μυός λαμβάνεται υπ’ όψιν. Το ενεργό μέρος της αξονικής τάσης που αναπτύσσεται στην μυϊκή ίνα εξαρτάται από την παραμόρφωση (μήκος), τον ρυθμό παραμορφώσεως (ταχύτητα συσπάσεως), και το επίπεδο ενεργοποίησης της μυϊκής ίνας. Το μοντέλο δομείται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ευκολία τόσο για την μελέτη ενός μυός μεμονωμένα όσο και μιας ομάδας μυών συλλογικά λαμβάνοντας υπ’ όψιν τα ατομικά χαρακτηριστικά κάθε μυός.

Στη συνέχεια, αφού αναπτύσσονται κατάλληλες υπολογιστικές τεχνικές για την αριθμητική εφαρμογή του καταστατικού μοντέλου, το μοντέλο ενσωματώνεται σε πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων γενικής χρήσεως (ABAQUS). Το πρόγραμμα αυτό παρέχει ένα γενικό πλαίσιο ώστε ο χρήστης να μπορεί να εισαγάγει ένα συγκεκριμένο καταστατικό μοντέλο υλικού με την μορφή υπολογιστικού κώδικα. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνουμε την εφαρμογή του μοντέλου, για κάθε μυ ανεξαρτήτως σχήματος και θέσης, για την επίλυση τόσο στατικών όσο και δυναμικών προβλημάτων σε τρεις διαστάσεις με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων.