

Η αύξηση/ανάπτυξη του σώματος

Η εμβρυϊκή και η μετεμβρυϊκή αύξηση/ανάπτυξη του σώματος θα εξεταστούν ξεχωριστά, αφού αναφερθούν πρώτα κάποιες γενικές αρχές, που αφορούν την αύξηση/ανάπτυξη του σώματος.

Εισαγωγή

Πρέπει, κατ' αρχήν, να γίνει διάκριση μεταξύ *αύξησης* (growth) και *ανάπτυξης* (development) του σώματος.

Κατά την οντογένεση δύο πράγματα συμβαίνουν: 1) αυξάνεται το βάρος και το μέγεθος του σώματος, μέχρις ότου το σώμα φτάσει το βάρος και το μέγεθος του ενήλικου οργανισμού· αυτό χαρακτηρίζεται ως *αύξηση* και 2) αλλάζει η μορφή του σώματος, η σχέση μεταξύ των διαφόρων τμημάτων του σώματος, και οι λειτουργίες του τείνουν να ολοκληρωθούν· αυτό χαρακτηρίζεται ως *ανάπτυξη*.

Παράλληλα, δηλαδή με την *αύξηση* του σώματος, η διάπλαση, η ιστολογική δομή και η χημική σύσταση του σώματος μεταβάλλονται· οι μεταβολές αυτές αποτελούν την *ανάπτυξη* του σώματος.

Κατά συνέπεια, η αύξηση εκφράζεται με ποσοτικούς όρους (βάρος, ύψος, μήκος, όγκος, περίμετρος), ενώ η ανάπτυξη εκφράζεται με όρους ποιοτικούς, γιατί πρόκειται για ποιοτικές μεταβολές του σώματος (μορφολογικές, λειτουργικές).

Στα θηλαστικά, γενικά, η αύξηση συνοδεύεται από ανάπτυξη.

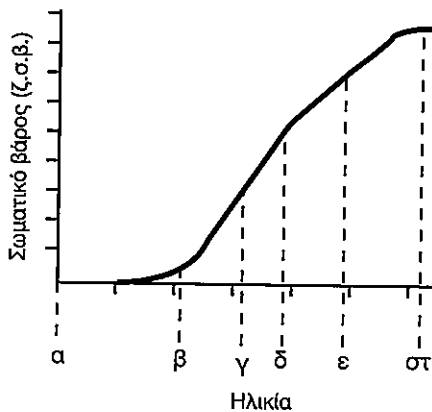
Η αύξηση καθορίζεται από την υπερπλασία και την υπερτροφία, ενώ η ανάπτυξη καθορίζεται από τη διαφοροποίηση. Ωστόσο, η διάκριση αυτή δεν είναι απόλυτη. Ποικιλότητες ως προς το ρυθμό υπερπλασίας μεταξύ

ιστών ή τμημάτων του σώματος προκαλούν μεταβολές στη μορφή, δηλαδή στην ανάπτυξη. Η αύξηση και η ανάπτυξη δεν είναι ανεξάρτητες διεργασίες και οι αιτίες που τις προκαλούν δεν διαχωρίζονται. Η ανάπτυξη συνδέεται τελικά με την αύξηση ενός ιστού. Τελικά, και η ανάπτυξη είναι μία πτυχή της διεργασίας της αύξησης. Συχνά, θα έπρεπε, ακριβολογώντας, να αναφερόμαστε σε αύξηση/ανάπτυξη.

Γενικά, όμως, ο όρος ανάπτυξη, πρακτικά, αντιπροσωπεύει πιο ολοκληρωμένα τις οντογονικές μεταβολές, που συμβαίνουν στον οργανισμό. Για το λόγο αυτό, ο όρος ανάπτυξη θα χρησιμοποιείται στη συνέχεια και υπό τη γενική του έννοια, όταν αυτό βοηθά από εννοιολογική άποψη, και όταν, βέβαια, δεν πρόκειται για εξειδικευμένες, συγκεκριμένες μεταβολές, οι οποίες, φυσικά, θα αναφέρονται αναλυτικά.

*

Από τα αρχικά στάδια της εμβρυϊκής ζωής μέχρι την ώριμη ηλικία, η αύξηση του σώματος ακολουθεί, γενικά, μία σιγμοειδή καμπύλη (εικ. 1). Η σιγμοειδής αυτή καμπύλη αφορά όλες τις παραμέτρους της αύξησης (βάρος, ύψος, όγκο), όλες τις περιοχές του σώματος, το όλο σώμα και όλα τα είδη των ζώων. Το αρχικό τμήμα της καμπύλης είναι απότομο, εκφράζοντας το σημαντικό ρυθμό αύξησης, που παρατηρείται κατά τη φάση αυτή. Αργότερα, η αύξηση του σώματος επιβραδύνεται.



Εικ. 1. Καμπύλη αύξησης του σώματος (α = σύλληψη, β = γέννηση, γ = αυτο-επιταχυνόμενη φάση, δ = σημείο κάμψης, ε = αυτο-επιβραδυνόμενη φάση, στ' = σταθερό επίπεδο αύξησης, plateau). (Batt, 1980).

*

Η αύξηση των ιστών είναι το αποτέλεσμα της αύξησης του αριθμού των κυττάρων (υπερπλασία) ή του μεγέθους των κυττάρων (υπερτροφία) ή και των δύο. Αύξηση, λοιπόν, του σώματος από κυτταρική άποψη σημαίνει πολλαπλασιασμό των κυττάρων (μιτώσεις), αύξηση του μεγέθους των κυττάρων και σχηματισμό μεσοκυττάριας ουσίας. Κατά τα αρχικά στάδια της αύξησης του σώματος, αυτή οφείλεται σε αύξηση του αριθμού των κυττάρων, με μικρή ή καθόλου αύξηση του μεγέθους των κυττάρων.

Η υπεροχή του αναβολισμού σε σχέση με τον καταβολισμό οδηγεί σε αύξηση του μεγέθους του κυττάρου. Παρά τη συνεχή ικανότητα του κυττάρου για σύνθεση, το μέγεθος του κυττάρου δεν μπορεί να υπερβεί ορισμένα όρια. Όταν το μέγεθος αυτό του κυττάρου επιτευχθεί, τότε είτε σταματά η αύξηση του κυττάρου ή το κύτταρο διαιρείται.

Η αύξηση του σώματος μπορεί να θεωρηθεί ως αποτέλεσμα «αντίπραξης» αναβολισμού και καταβολισμού. Αύξηση του σώματος θα υπάρχει εφόσον ο αναβολισμός θα υπερέχει του καταβολισμού.

Με την αύξηση του σώματος μεταβάλλονται και πολλές φυσιολογικές και βιοχημικές ιδιότητες, η σύστασή του σε H_2O , πρωτεΐνες και άλλα συστατικά, η σχέση μεταξύ πρωτεϊνών και λιπιδίων, κλπ (που αποτελούν μέρος της ανάπτυξης του σώματος).

Η σχέση μεγέθους μεταξύ των διαφόρων οργάνων σπάνια παραμένει αμετάβλητη κατά την εμβρυϊκή και μετεμβρυϊκή περίοδο. Η ανάπτυξη των διαφόρων οργάνων ενεργοποιείται σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα και ακολουθεί διαφορετικούς ρυθμούς. Υπάρχει, βέβαια, συντονισμός όλων αυτών των επιμέρους διεργασιών, ώστε να προκύψει τελικά η γενετικώς προκαθορισμένη χαρακτηριστική μορφολογία του σώματος για κάθε είδος ζώου.

Ο ρυθμός της ανάπτυξης ποικίλλει στους διάφορους ιστούς και στις διάφορες περιοχές του σώματος. Το μέγιστο του ρυθμού ανάπτυξης παρατηρείται, κατ' αρχήν, στο κεντρικό νευρικό σύστημα και το ελάχιστο στο λιπώδη ιστό. Δηλαδή, οι μέγιστοι ρυθμοί ανάπτυξης των διαφόρων οργάνων ακολουθούν μία συγκεκριμένη σειρά: Πρώτος φτάνει το μέγιστο ο ρυθμός ανάπτυξης του κεντρικού νευρικού συστήματος, ακολουθεί ο ρυθμός ανάπτυξης των οστών, στη συνέχεια ο ρυθμός ανάπτυξης των σκελετικών μυών και τελευταίος ο ρυθμός ανάπτυξης του λιπώδους ιστού.

Διαφορές ως προς την ανάπτυξη σημειώνονται και στον ίδιο ιστό σε διάφορες περιοχές του σώματος. Στα βοοειδή και στο πρόβατο, για παράδειγμα, πρώτα σχηματίζεται το περινεφρικό λίπος και τελευταία το ενδομυϊκό λίπος. Και αυτές ακόμη οι διαφορές εναπόθεσης λίπους στις διάφορες περιοχές του σώματος ποικίλλουν στα διάφορα είδη των ζώων.

Καθώς, λοιπόν, οι ρυθμοί ανάπτυξης ποικίλλουν σταθερά ανάλογα με

τον ιστό ή την περιοχή του σώματος, η μορφή του σώματος διαρκώς μεταβάλλεται. Ο οργανισμός αναπτύσσεται.

Και όταν ακόμη η αύξηση είναι περιορισμένη, όπως σε περίπτωση ανεπαρκούς διατροφής, η τάση της ανάπτυξης είναι έντονη· η ανάπτυξη των διαφόρων ιστών ακολουθεί την ίδια σειρά, όπως και στα φυσιολογικώς διατρεφόμενα ζώα, που αναφέρθηκε πιο πάνω. Έτσι, η ανάπτυξη του κεντρικού νευρικού συστήματος, έστω και σε βραδύτερο ρυθμό, λόγω της ανεπαρκούς διατροφής, θα είναι ταχύτερη σε σύγκριση με την ανάπτυξη όλων των άλλων ιστών, η ανάπτυξη του λιπώδους ιστού θα είναι η μικρότερη, ενώ των άλλων ιστών η ανάπτυξη θα είναι ενδιάμεση. Επομένως, έστω κι αν η αύξηση του σώματος είναι περιορισμένη σε ανεπαρκώς διατρεφόμενα ζώα, η ανάπτυξη του σώματος (με την ειδικότερη σημασία του όρου, όπως καθορίστηκε παραπάνω) είναι, γενικά, όμοια με την ανάπτυξη των φυσιολογικώς διατρεφόμενων ζώων. Όλα αυτά, βέβαια, σε περίπτωση που οι ανεπάρκειες της διατροφής δεν αγγίζουν ακραίες καταστάσεις.

Το αντίστροφο συμβαίνει σε περίπτωση που ο οργανισμός του ζώου χάνει βάρος, λόγω ανεπαρκούς διατροφής. Τη μεγαλύτερη απώλεια θα την υποστεί πρώτα ο λιπώδης ιστός. Ο νευρικός ιστός θα είναι ο τελευταίος που θα αρχίσει να χάνει βάρος. Στους άλλους ιστούς (μυϊκό, οστίτη) η κατάσταση θα είναι ενδιάμεση. Οι ρυθμοί απώλειας στους διάφορους ιστούς είναι οι αντίστροφοι των ρυθμών ανάπτυξης.

I. Εμβρυϊκή αύξηση/ανάπτυξη

1. Γενικά

Η αύξηση/ανάπτυξη του εμβρύου επηρεάζει τη ζωική παραγωγή κατά πολλούς και ποικίλους τρόπους. Κατ' αρχήν, το βάρος κατά τη γέννηση έχει σχέση με τη νεογνική θνησιμότητα. Όταν το βάρος κατά τη γέννηση είναι μικρότερο από το άριστο, τα ενεργειακά αποθέματα του νεογέννητου είναι μειωμένα, η θερμορρυθμιστική του ικανότητα περιορισμένη και η θνησιμότητα αυξημένη. Επίσης, το σωματικό βάρος κατά τη γέννηση μπορεί, γενικά, να επηρεάσει και τη μετεμβρυϊκή αύξηση του σώματος.

Εξάλλου, βάρος κατά τη γέννηση μεγαλύτερο από το άριστο έχει ως συνέπεια την αύξηση του ποσοστού δυστοκιών και νεογνικής θνησιμότητας και μείωση της περαιτέρω αναπαραγωγικής ικανότητας του μητρικού ζώου.

Κατ' αρχήν, πρέπει να γίνει διάκριση μεταξύ της *σχετικής αύξησης* και της *απόλυτης αύξησης* του βάρους του εμβρύου. Ο ρυθμός της αύξησης του σώματος του εμβρύου, εκφραζόμενος ως η εκατοστιαία αναλογία αύξησης

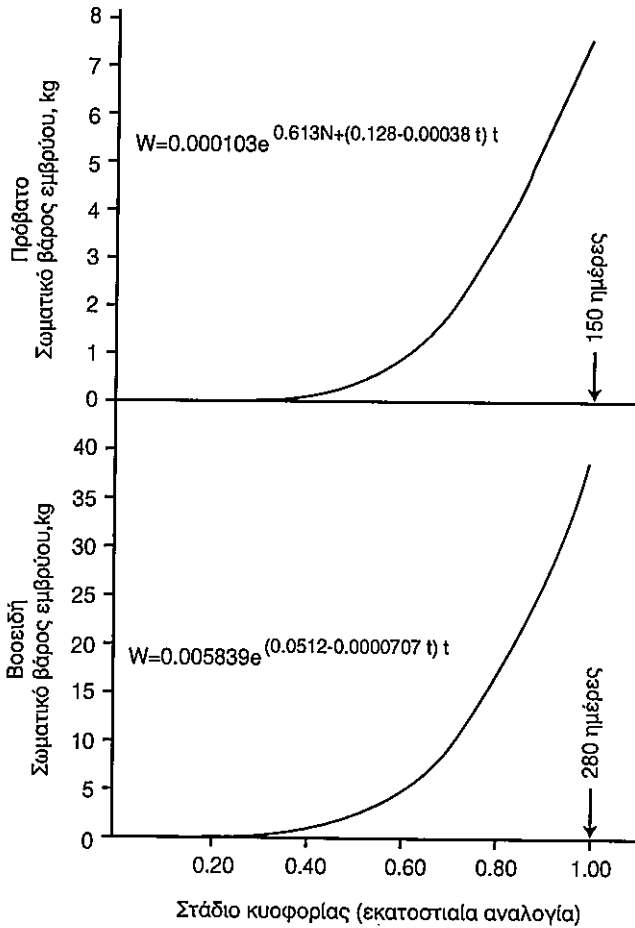
του βάρους (και των διαστάσεων) του σώματος στη μονάδα του χρόνου (σχετική αύξηση) είναι ταχύτερος κατά τα αρχικά στάδια της κυοφορίας και μειώνεται με την πρόοδο της κυοφορίας. Η απόλυτη, όμως, προαγωγή της αύξησης στη μονάδα του χρόνου (απόλυτη αύξηση) ακολουθεί εκθετική πορεία, φτάνοντας το μέγιστο κατά το τέλος της κυοφορίας.

Ο σχετικός ρυθμός αύξησης του εμβρύου (η ποσοστιαία ημερήσια αύξηση) μειώνεται, λοιπόν, με την πρόοδο της κυοφορίας. Στα βοοειδή, για παράδειγμα, ο ημερήσιος ρυθμός αύξησης είναι αρχικά 8,02% και μειώνεται κατά 0,014% την ημέρα με την πρόοδο της κυοφορίας. Παρά τη συνεχή μείωση του σχετικού ρυθμού αύξησης του εμβρύου, ο απόλυτος ρυθμός αύξησης του εμβρύου (kg ημερησίως) αυξάνεται εκθετικά κατά τη διάρκεια της κυοφορίας, λόγω της μεγάλης αύξησης του βάρους του εμβρύου με την πρόοδο της κυοφορίας. Δηλαδή, με την πρόοδο της κυοφορίας η ημερήσια εκατοστιαία αύξηση γίνεται μικρότερη, αλλά η απόλυτη αύξηση γίνεται μεγαλύτερη, λόγω της μεγαλύτερης εμβρυϊκής μάζας. Το βάρος μάλιστα του εμβρύου, όπως θα αναφερθεί αναλυτικά στη συνέχεια, αυξάνεται πολύ περισσότερο κατά το δεύτερο ήμισυ της κυοφορίας σε όλα τα θηλαστικά που έχουν μελετηθεί.

Επίσης, στα διάφορα είδη των θηλαστικών, η εκατοστιαία αναλογία της αύξησης του εμβρύου είναι αντιστρόφως ανάλογη του μεγέθους του εμβρύου και της διάρκειας της κυοφορίας. Κατά το τέλος της κυοφορίας, για παράδειγμα, το έμβρυο του μύδος αυξάνεται κατά 30% ημερησίως (18η ημέρα της κυοφορίας), το έμβρυο του προβάτου κατά 3,5% ημερησίως (150η ημέρα της κυοφορίας) και το έμβρυο του ανθρώπου κατά 1,5% ημερησίως (280η ημέρα της κυοφορίας).

Στο πρόβατο, το 85% περίπου του τελικού σωματικού βάρους του εμβρύου (κατά τη γέννηση) επιτυγχάνεται μετά την 90η ημέρα της κυοφορίας. Κατά τις τελευταίες 8, 4 και 2 εβδομάδες της κυοφορίας, το έμβρυο αναπτύσσει το 85%, 50% και 25% του σωματικού βάρους που έχει κατά τη γέννηση, αντίστοιχα. Στα βοοειδή, ταχείες μεταβολές της αύξησης του εμβρύου σημειώνονται μεταξύ των ημερών 140 και 170 της κυοφορίας.

Το βάρος, λοιπόν, του εμβρύου αυξάνεται με βραδύ ρυθμό κατά την έναρξη της κυοφορίας και εξαιρετικά γρήγορα κατά τα επόμενα στάδια. Γενικά, το 90% περίπου του σωματικού βάρους του εμβρύου κατά τη γέννηση επιτυγχάνεται κατά το τελευταίο 40% της κυοφορίας, όπως διαπιστώθηκε στα βοοειδή και στο πρόβατο (εικ. 2-4). Κατά το τελευταίο αυτό χρονικό διάστημα το ποσοστό ξηρής ουσίας, πρωτεϊνών και λίπους του σώματος του εμβρύου τουλάχιστο διπλασιάζεται. Οι σημαντικές αυτές μεταβολές στο έμβρυο (σωματικού βάρους και χημικής σύστασης) προϋποθέτουν ανάλογες μεταβολές και στο κυκλοφορικό σύστημα και στο μεταβολισμό του



Εικ. 2. Σχέση σωματικού βάρους εμβρύου και σταδίου της κυοφορίας στο πρόβατο και στα βοειδή (Ferrell, 1991α).

μητρικού οργανισμού, αλλά και σημαντικές μεταβολές στη λειτουργία της μήτρας και του πλακούντα.

Οι καμπύλες της αύξησης του εμβρύου, παρόλο που ποικίλλουν στις λεπτομέρειές τους στα διάφορα είδη των ζώων, ομοιάζουν μαθηματικώς μεταξύ τους. Οι μεταβολές στο ρυθμό της αύξησης του εμβρύου δείχνουν ότι η εμβρυϊκή αύξηση είναι σε κάποιο βαθμό αυτορρυθμιζόμενη. Ο βαθμός της διατηρούμενης εμβρυϊκής αύξησης και ο χρόνος κατά τον οποίο, στη διάρκεια της κυοφορίας, πραγματοποιείται αυτή η αύξηση καθορίζουν την ποικιλότητα του μεγέθους που παρατηρείται μεταξύ των διαφόρων ειδών ζώων.