

8^ο ΜΑΘΗΜΑ:

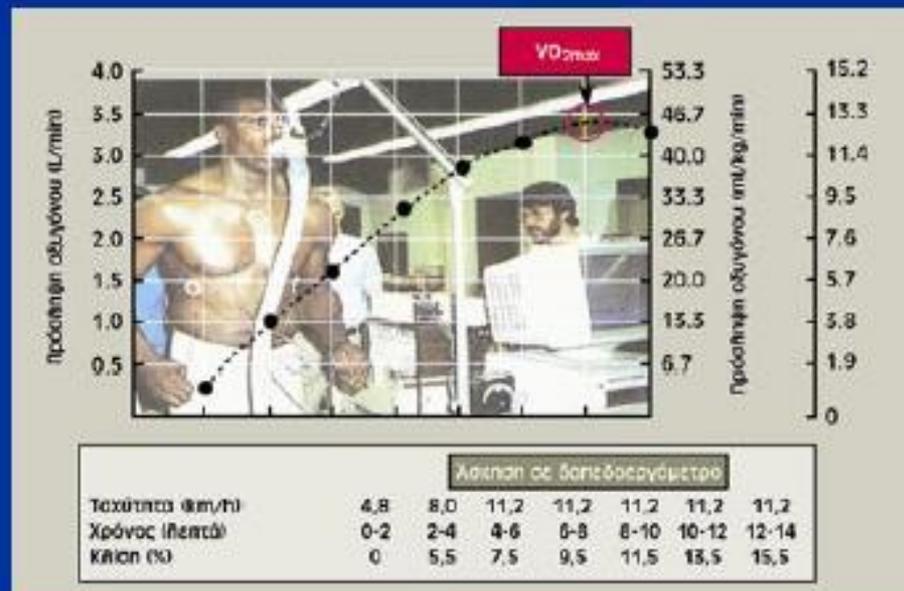
ΑΕΡΟΒΙΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ



ΜΕΓΙΣΤΗ ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ($\dot{V}O_{2\max}$)

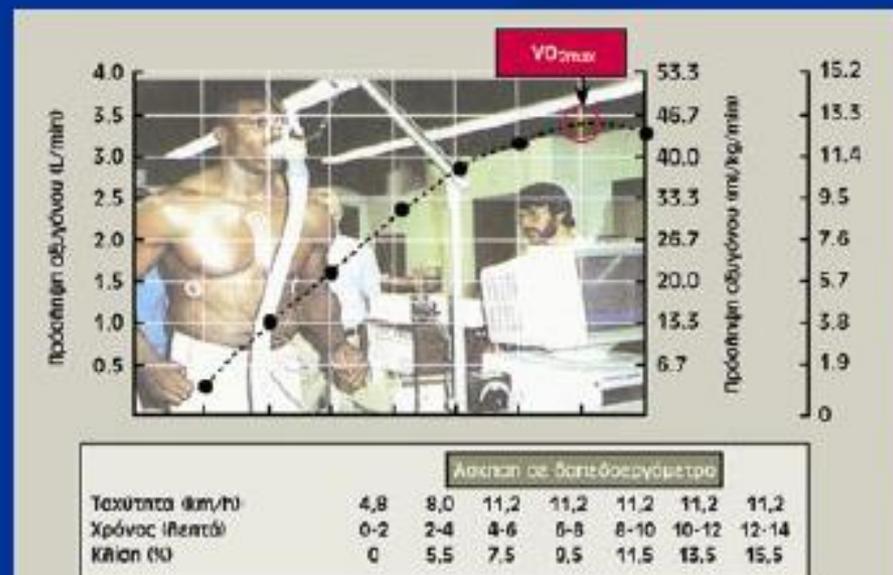
Ο ανώτατος όγκος οξυγόνου, που καταναλώνουν τα κύτταρα κατά τη μέγιστη προσπάθεια στη μονάδα του χρόνου, ορίζεται ως **μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου**.



(McArdle et al., 2001)

Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ($\dot{V}O_{2max}$)

Η $\dot{V}O_{2max}$ αντικατοπτρίζει τη μέγιστη λειτουργική προσαρμοστικότητα του αναπνευστικού συστήματος, της καρδιάς, του κυκλοφορικού και του μυϊκού συστήματος.



Μέγιστη Πρόσληψη Οξυγόνου (Εξίσωση του Fick)



Πνευμονικός
αερισμός

Διάχυση

Κυκλοφορία
αίματος

Διάχυση

Ενδο-
κυτταρική
αναπνοή

Σύστημα μεταφοράς O_2

Σύστημα
κατανάλωσης O_2

$\dot{V}O_2 \max$

=

Μέγιστη καρδιακή
παροχή

(X)

Μέγιστη
αρτηριοφλεβική
διαφορά O_2

Καρδιακή
συχνότητα

(X)

Όγκος
παλμού

Αρτηριακό
 O_2

(-)

Φλεβικό
 O_2

Όγκος Παλμού

Ο όγκος παλμού είναι η ποσότητα του αίματος που εξωθείται από την καρδιά σε κάθε παλμό της.

Ο όγκος παλμού εκφράζεται σε *ml* ανά καρδιακό παλμό και είναι κατά την ηρεμία:

σε αγύμναστα άτομα $\sim 70 \text{ ml/παλμό}$

& σε γυμνασμένα άτομα $\sim 100 \text{ ml/παλμό}$.

Καρδιακή Παροχή

Η καρδιακή παροχή είναι η ποσότητα του αίματος που διοχετεύεται από την καρδιά κάθε λεπτό.

Ισούται με τον αριθμό των καρδιακών παλμών ανά λεπτό επί τον όγκο του αίματος που εξωθείται από την καρδιά ανά παλμό.

($K.P. = \text{καρδιακοί παλμοί} \times \text{όγκο παλμού}$)

Καρδιακή Παροχή

Η καρδιακή παροχή εκφράζεται σε λίτρα ανά λεπτό ($\text{l} \cdot \text{μίν}^{-1}$) και είναι κατά την ηρεμία $\sim 5 \text{ l} \cdot \text{μίν}^{-1}$, σε γυμνασμένα και αγύμναστα άτομα με παρόμοια σωματική μάζα.

Παράδειγμα:

Ένα άτομο έχει στην ηρεμία 72 καρδιακούς παλμούς & όγκο παλμού 70 ml ανά παλμό.

Η καρδιακή παροχή του στην ηρεμία είναι:

$$72 \times 70 = 5.040 \text{ ml} \cdot \text{μίν}^{-1} = \sim 5 \text{ l} \cdot \text{μίν}^{-1}$$

Παράδειγμα φυσιολογικών αποκρίσεων και προσαρμογών απροπόνητων και καλά προπονημένων ατόμων

Ηρεμία

$$\dot{V}O_2 = 0,25 \text{ l/min}$$

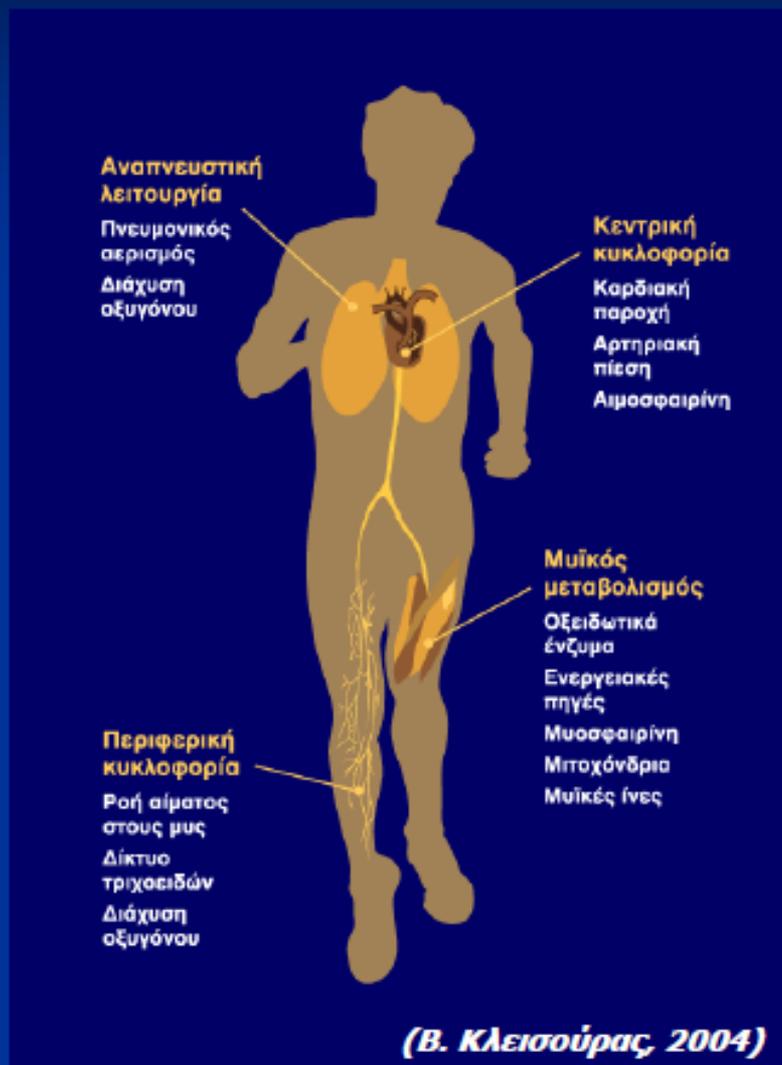
$$\text{ΚΠ} = \sim 5 \text{ l/min}$$

$$\text{ΟΠ} = \sim 70 -$$

$$100 \text{ ml/παλμό}$$

$$\text{ΚΣ} = 70 -$$

$$50 \text{ beats/min}$$



Μέγιστη επιβάρυνση

$$\dot{V}O_2 = 3,0 - 7,4 \text{ l/min}$$

$$\text{ΚΠ} = \sim 22 - 40 \text{ l/min}$$

$$\text{ΟΠ} = \sim 110 - 180 \text{ ml/παλμό}$$

$$\text{ΚΣ} = 200 \text{ beats/min}$$

Παραδείγματα φυσιολογικών αποκρίσεων και προσαρμογών κατά την μέγιστη επιβάρυνση

σε απροπόνητα και προπονημένα άτομα

Κατά την μέγιστη επιβάρυνση, η καρδιακή παροχή (ΚΠ ή ΚΛΟΑ) ηρεμίας ($\sim 5 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$) αυξάνεται:

Σε απροπόνητα άτομα

$\sim 4 - 5$ φορές

($\sim 20 - 25 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$)

Σε επίλεκτους αθλητές αντοχής

$\sim 7 - 8$ φορές

($\sim 35 - 40 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$)

Κατά την μέγιστη επιβάρυνση, η καρδιακή συχνότητα ηρεμίας αυξάνεται:

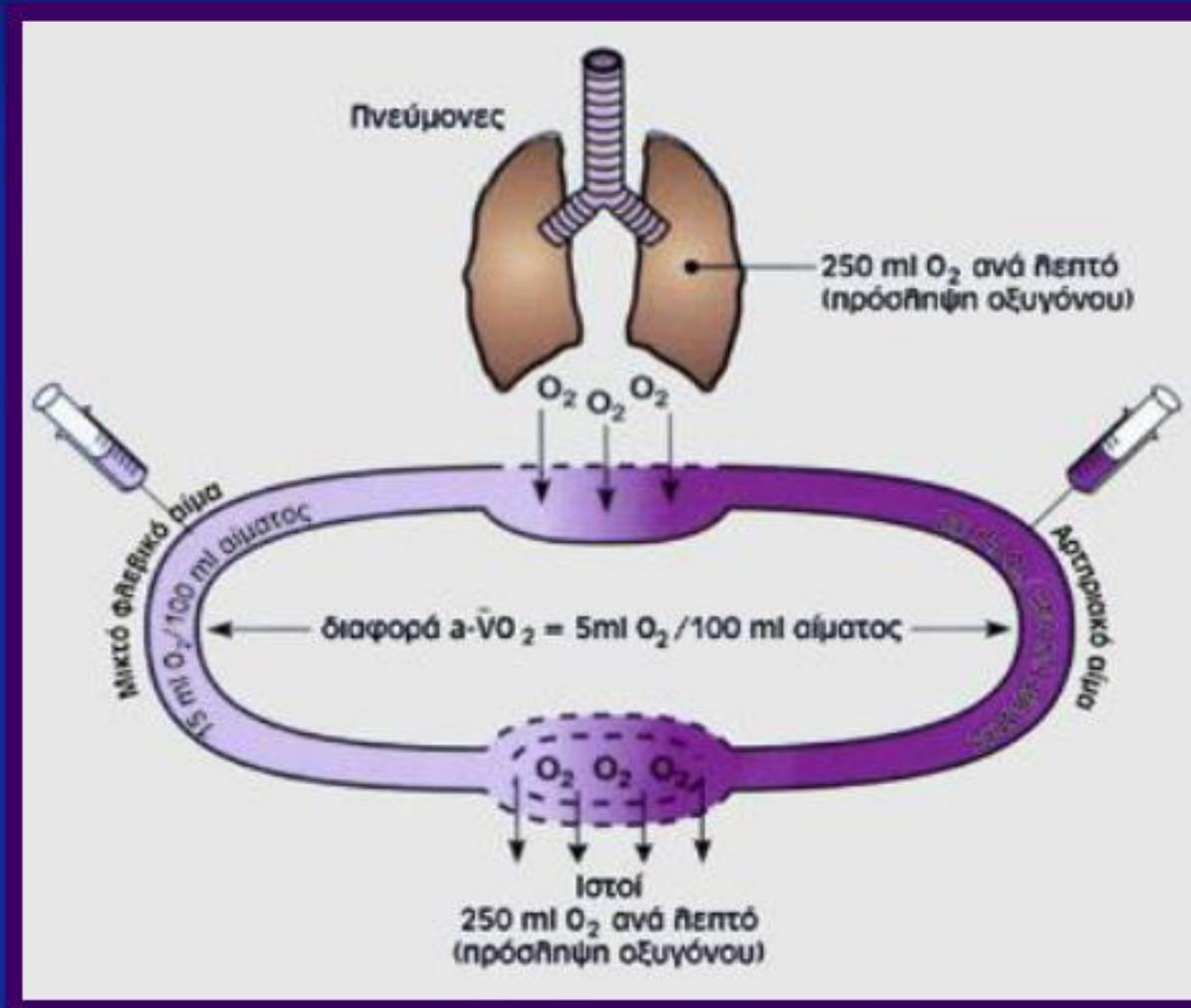
Σε απροπόνητα άτομα

~ 3 φορές

Σε επίλεκτους αθλητές αντοχής

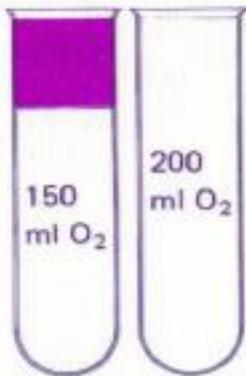
~ 4 φορές

Αρτηριοφλεβική διαφορά οξυγόνου ($a-\bar{v}O_2$)diff



Ηρεμία

... i vila

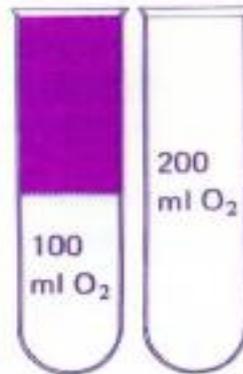


Venblod

Artärblood

Ήπια επιβάρυνση

... vid måttligt arbete

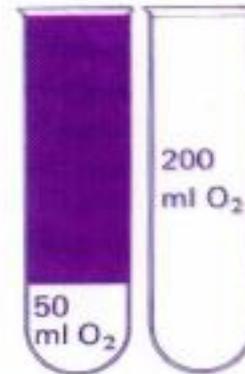


Venblod

Artärblood

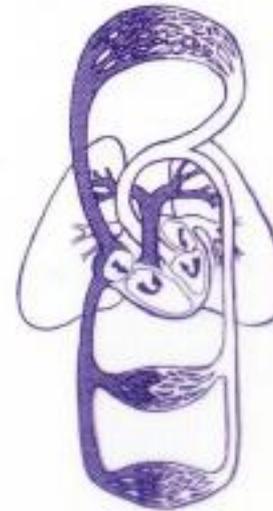
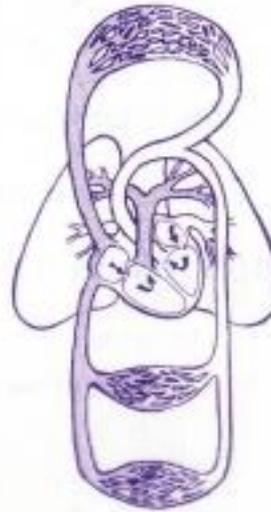
Έντονη επιβάρυνση

... vid tungt arbete



Venblod

Artärblood



Bilden illustrerar hur av-differensen varierar vid olika tunga arbeten som en individ utför.

Μονάδες μέτρησης της $\dot{V}O_{2max}$

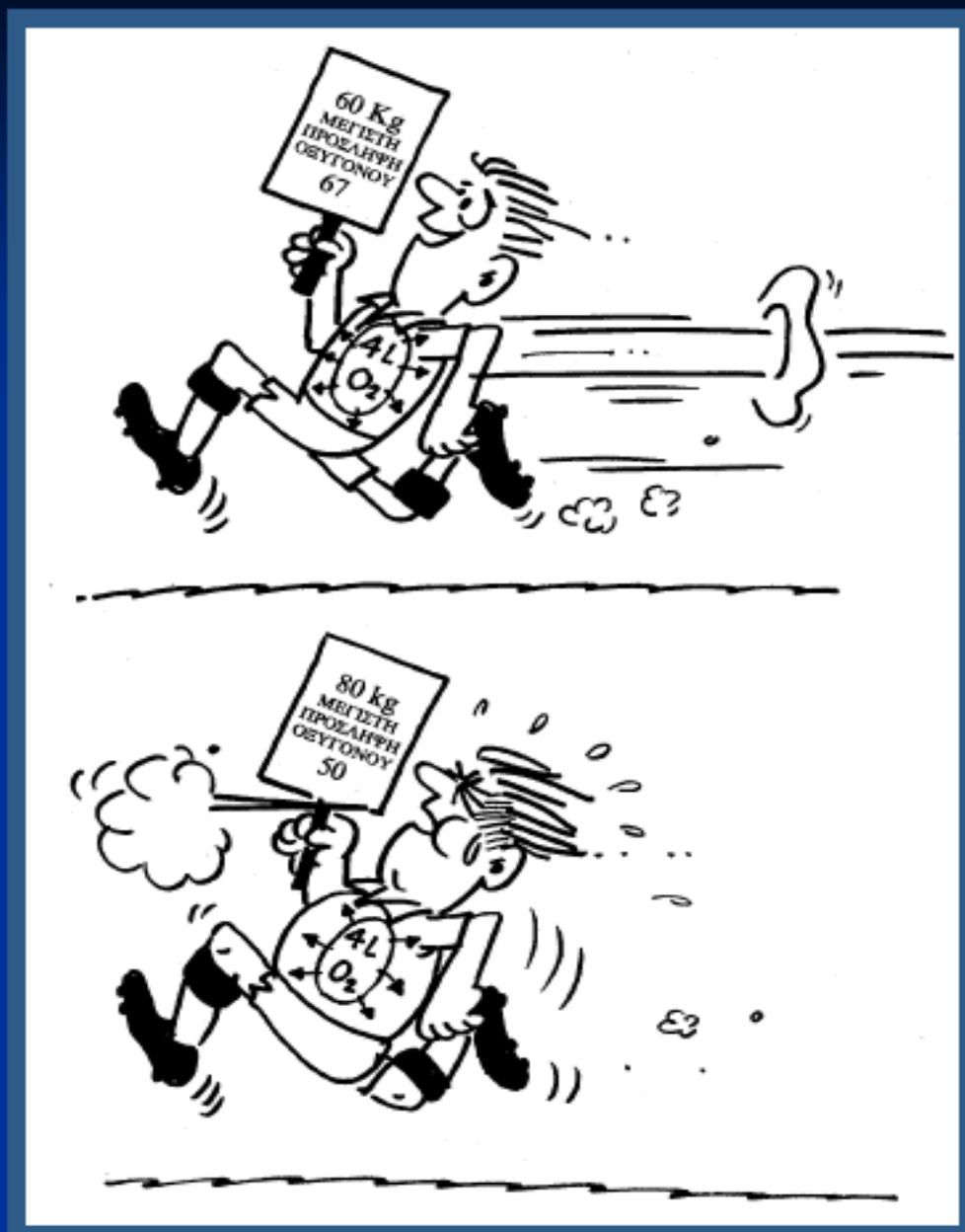
- ΑΠΌΛΥΤΕΣ τιμές ($l \cdot \text{μίν}^{-1}$)
- ΣΧΕΤΙΚΕΣ τιμές ($ml \cdot kg^{-1} \cdot \text{μίν}^{-1}$)

Παράδειγμα:

Ένα άτομο έχει $\dot{V}O_{2max}$ $3 l \cdot \text{μίν}^{-1}$ (απόλυτη τιμή)
& σωματικό βάρος $70 kg$.

Μετατροπή σε σχετικές τιμές: $3 \times 1.000 = 3.000 ml$

$3.000 ml / 70 kg = 42,8 ml \cdot kg^{-1} \cdot \text{μίν}^{-1}$ (σχετική τιμή)



(Jens Bangsbo, Προπόνηση φυσικής κατάστασης στο ποδόσφαιρο, 1994)

Παραδείγματα φυσιολογικών αποκρίσεων και προσαρμογών κατά την μέγιστη επιβάρυνση

σε απροπόνητα και προπονημένα άτομα

Κατά την μέγιστη επιβάρυνση, η πρόσληψη οξυγόνου ηρεμίας ($\sim 0,25 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ή $\sim 3,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) αυξάνεται:

Σε απροπόνητα άτομα

$\sim 10 - 12$ φορές

($\sim 2,5 - 3,0 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$)

Σε επίλεκτους αθλητές αντοχής

$\sim 22 - 28$ φορές

($\sim 5,5 - 7 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$)

($\sim 70 - 100 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)

Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου $5 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ μπορεί να αντιστοιχεί:

Σε αθλητή με Σ.Β. 70 kg

$71,4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$

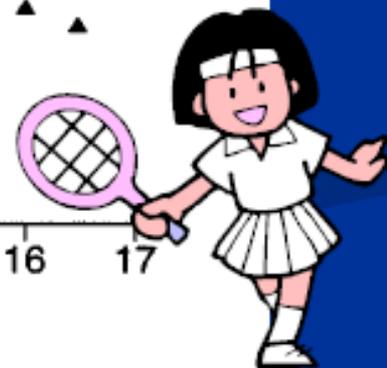
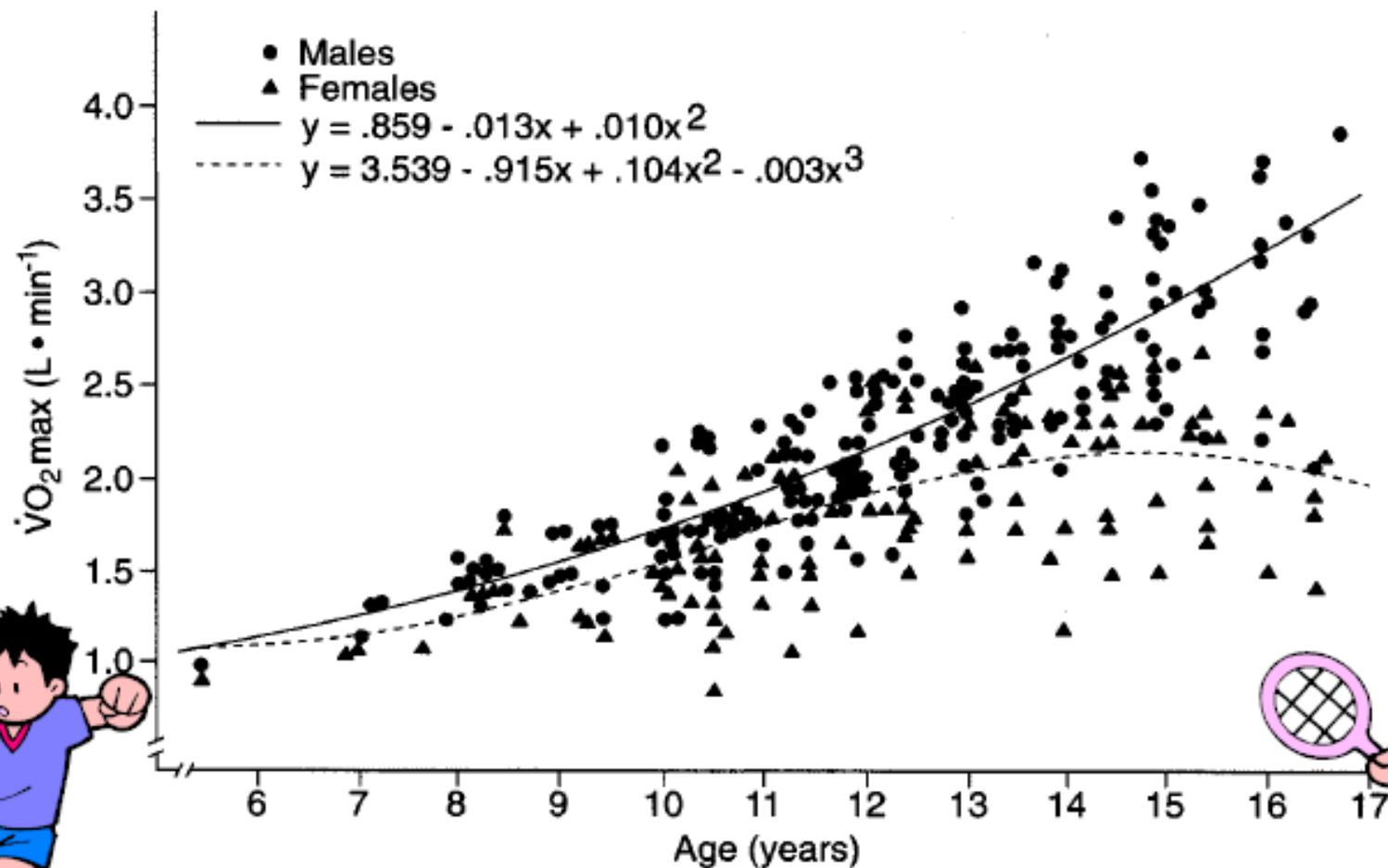
Σε αθλητή με Σ.Β. 80 kg

$62,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$

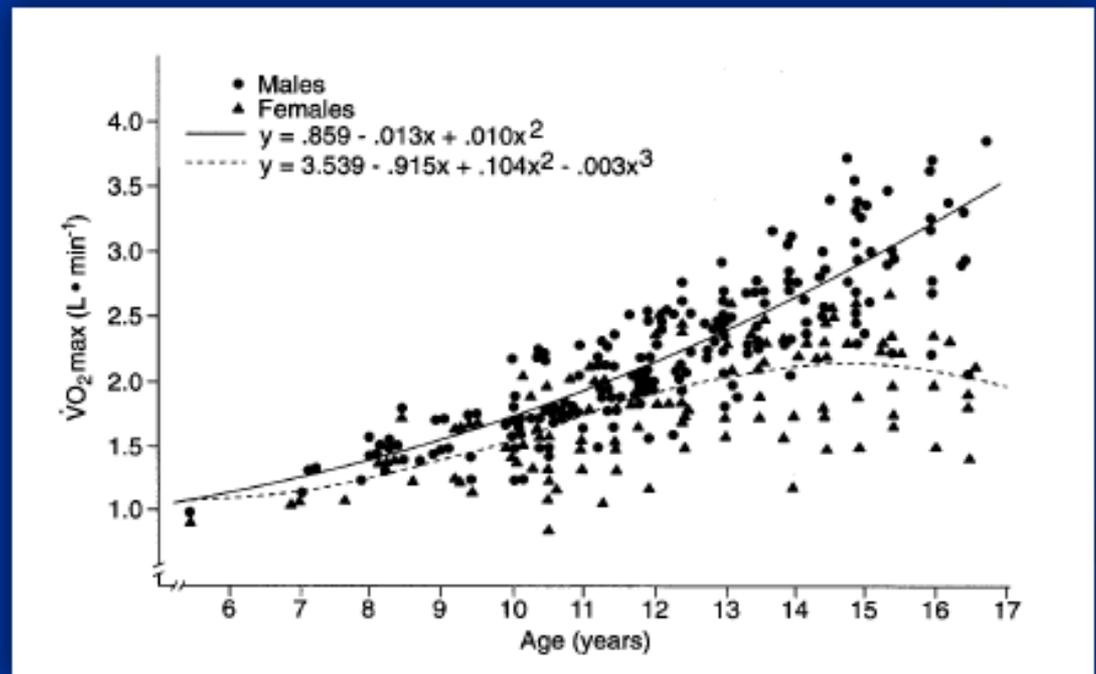
Σε αθλητή με Σ.Β. 90 kg

$55,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$

Ανάπτυξη Αερόβιας Ικανότητας ($\dot{V}O_{2max}$)

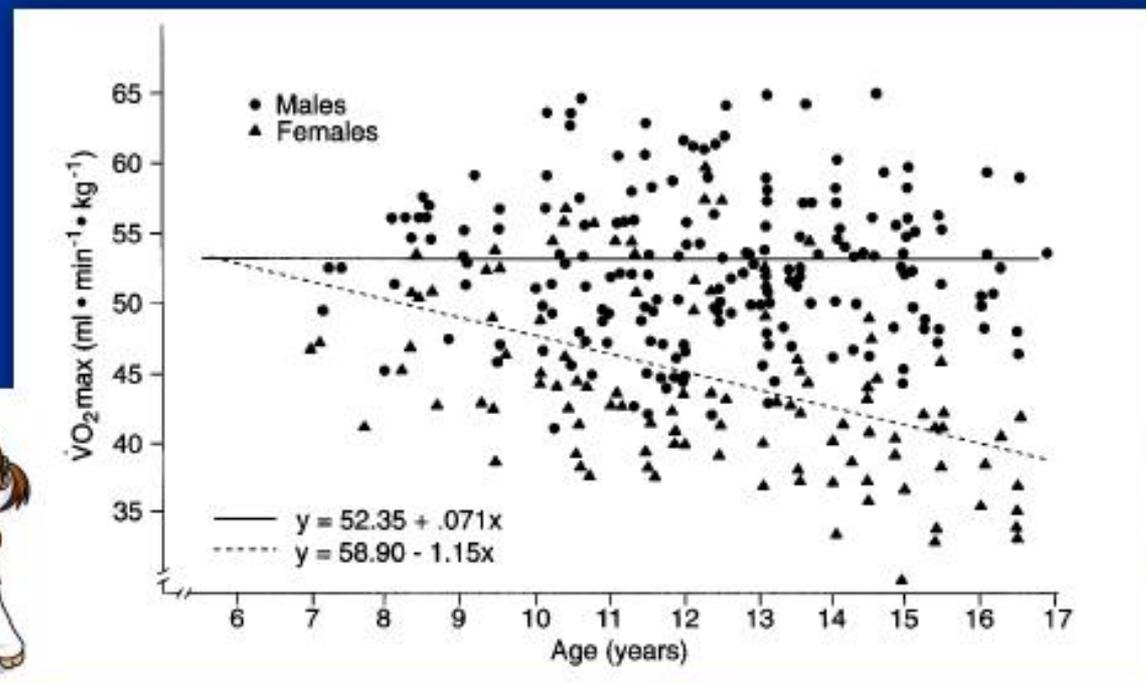


Κατά την παιδική και εφηβική ηλικία, η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ($VO_{2\max}$) εκφραζόμενη σε απόλυτες τιμές ($l \cdot min^{-1}$) προοδευτικά βελτιώνεται.

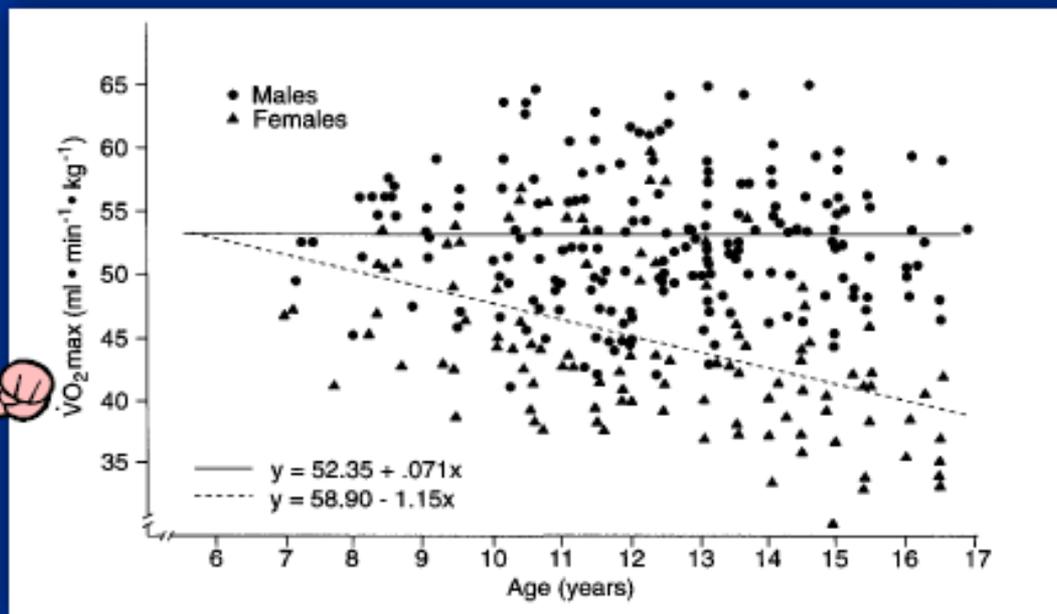


(Krahenbuhl et al. 1985)

Όταν όμως η $\dot{V}O_2 \max$ εκφράζεται σε σχετικές προς το σωματικό βάρος τιμές ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$), η εξέλιξη αυτή διαφοροποιείται.

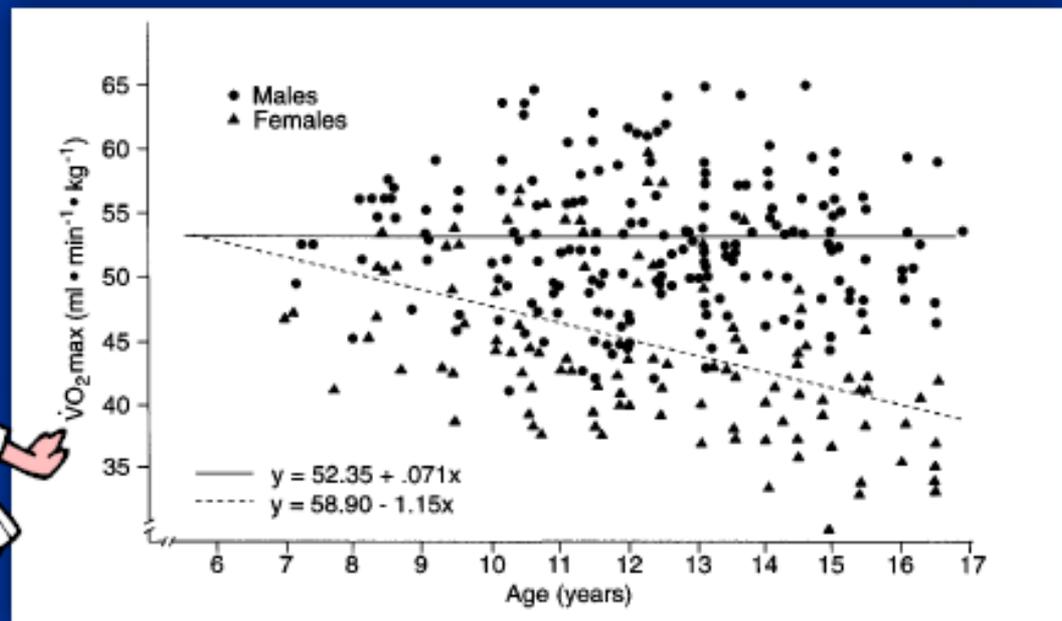


Στα αγόρια η $\dot{V}O_2 \max$ σε σχετικές τιμές, φαίνεται ότι παραμένει σταθερή κατά την ανάπτυξη από 6 μέχρι 16 χρονών, με μέσο όρο περίπου $50-53 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.



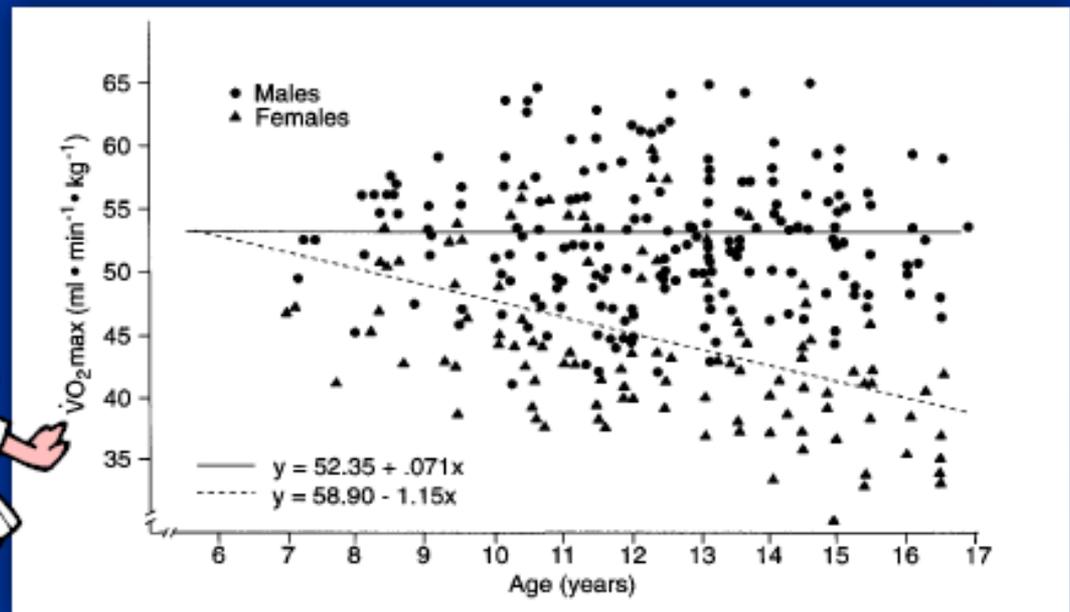
(Krahenbuhl et al. 1985)

Στα κορίτσια η εξέλιξη της $VO_2 \max$ σε σχετικές τιμές είναι διαφορετική. Από πολύ νωρίς παρατηρείται μια προοδευτική μείωση, κατά την παιδική και εφηβική ηλικία.



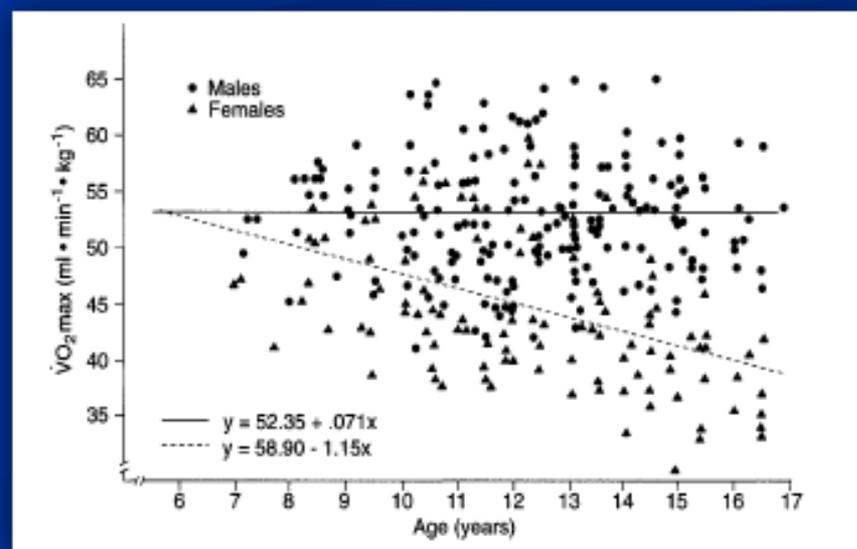
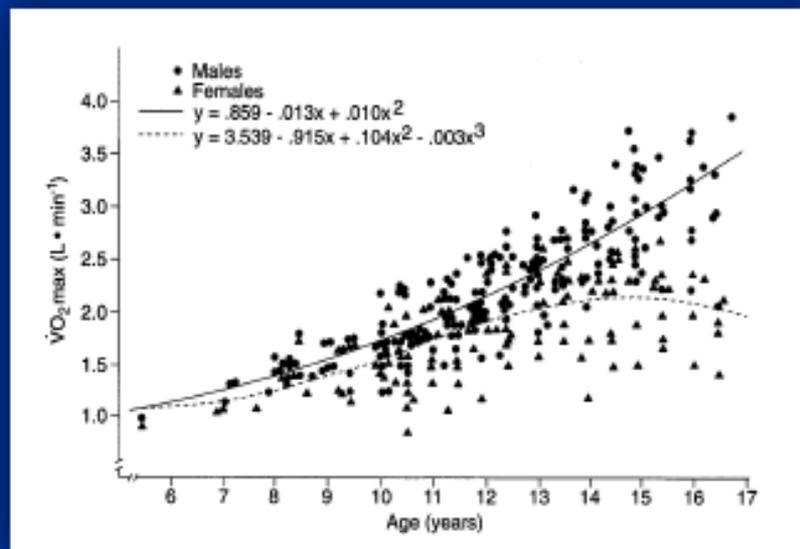
(Krahenbuhl et al. 1985)

Έτσι ένα κορίτσι 8 χρονών με $\dot{V}O_2 \max$ κατά μέσο όρο $50 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, αναμένεται να σημειώσει πτώση στα $45 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ σε ηλικία 12 χρονών & $40 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ σε ηλικία 16 χρονών.



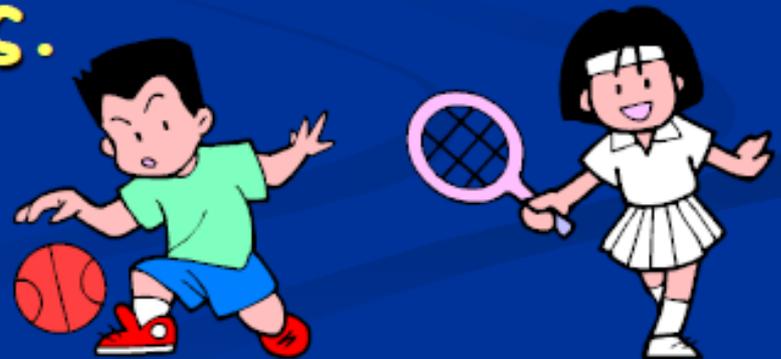
(Krahenbuhl et al. 1985)

Παρατηρώντας τις σχετικές & απόλυτες τιμές της $VO_{2\max}$, φαίνεται ότι η αύξηση που παρατηρείται μόνο στις απόλυτες και όχι στις σχετικές τιμές, μπορεί να αποδοθεί στην αύξηση των σωματικών μεγεθών.



Διαφορές ανάμεσα σε Αγόρια & Κορίτσια

Οι διαφορές των δύο φύλων στην VO_{2max} οφείλονται κυρίως στη διαφορετική σωματική σύσταση, σε ορμονικές διαφορές, στη μεγαλύτερη συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης στο αίμα των αγοριών και το διαφορετικό επίπεδο της καθημερινής φυσικής δραστηριότητας.



Διαφορές ανάμεσα στα δύο φύλλα

	♀	♂	Δ%
$\dot{V}O_{2max}$ (l/min)	2.0	3.5	43
$\dot{V}O_{2max}$ (ml/kg/min)	40	50	20
$\dot{V}O_{2max}$ (ml/kgΑΣΜ/min)	54	59	9

(Κλεισούρας, 1990)

Η $\dot{V}O_2 \max$ στις αναπτυξιακές ηλικίες

Καλά προπονημένα παιδιά & προέφηβοι παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές $\dot{V}O_2 \max$ που συνήθως είναι $60-65 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, περίπου **20-30 %** υψηλότερες από το γενικό πληθυσμό της ηλικίας τους.



Η VO_{2max} στις αναπτυξιακές ηλικίες

Εντούτοις, στις ηλικίες αυτές η αθλητική προπόνηση δεν είναι ο μόνος παράγοντας που διαφοροποιεί τα παιδιά αθλητές με τα παιδιά μη αθλητές.

Διαφορές στην VO_{2max} ανάμεσα στα προπονημένα και τα απροπόνητα παιδιά μπορεί να υπάρχουν:



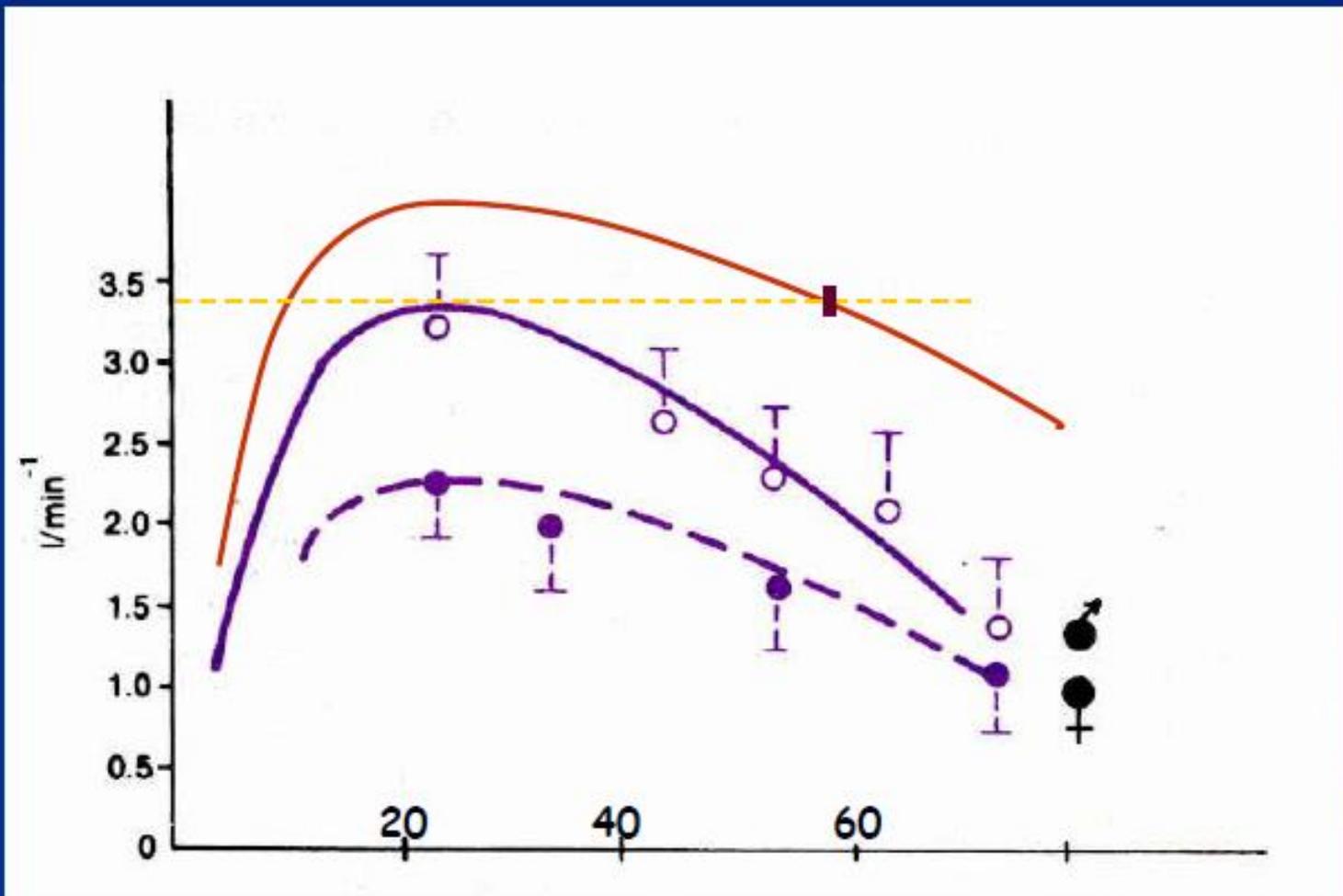
Η $\dot{V}O_2 \max$ ΣΤΙΣ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΕΣ ΗΛΙΚΙΕΣ

α) αν το επίπεδο της βιολογικής ωρίμανσης διαφέρει και

β) αν ένα αρχικά καλό επίπεδο οδήγησε τα παιδιά να συμμετέχουν στα συγκεκριμένα αθλήματα.

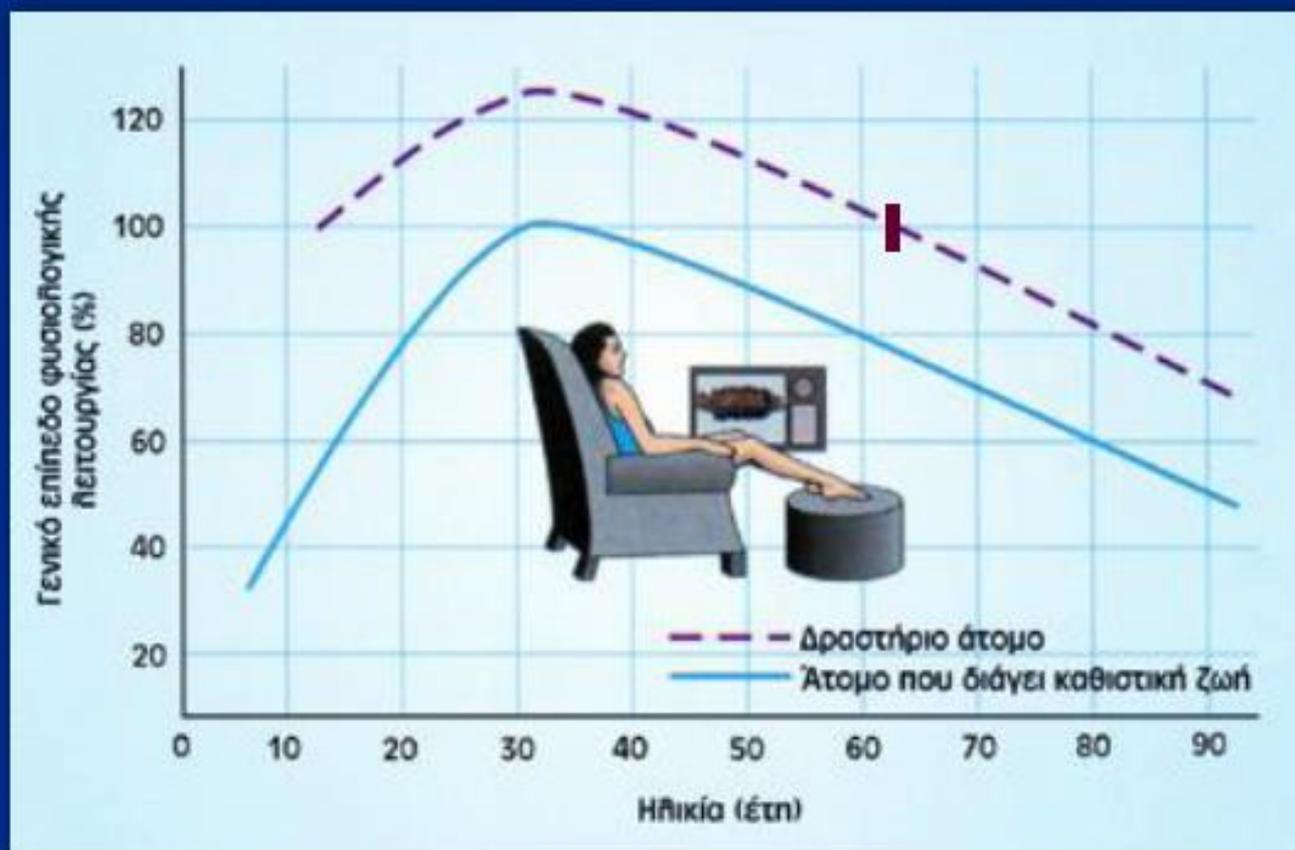


Μείωση της $\dot{V}O_{2\max}$ με την ηλικία



(Κλεισούρας, 1990)

Διατήρηση καλής φυσικής κατάστασης και καλής ποιότητας ζωής σε μεγάλη ηλικία



(McArdle et al., 2001)

Κληρονομικότητα & $\dot{V}O_{2max}$

Οι ατομικές διαφορές που παρατηρούνται στην $\dot{V}O_{2max}$ είναι σημαντικές.

Το μεγάλο εύρος διακύμανσης της $\dot{V}O_{2max}$ μεταξύ των ανθρώπων οφείλεται πρωταρχικά σε κληρονομικές διαφορές (γονότυπος) και μετά στο προπονητικό επίπεδο.

Κληρονομικότητα & $\dot{V}O_{2\max}$

Από μελέτες που έγιναν χρησιμοποιώντας το μοντέλο των διδύμων συμπεραίνεται, πως κάποια άτομα με «μειονεκτικούς» γονότυπους πρέπει να γυμνάζονται περισσότερο και συστηματικότερα, προκειμένου να αποκτήσουν μια καλή λειτουργική ικανότητα, ενώ άλλα άτομα με πλεονεκτικότερη κληρονομικότητα χρειάζονται ένα ελάχιστο ερέθισμα για να διατηρήσουν την υψηλή τους λειτουργική ικανότητα.

Κληρονομικότητα & $\dot{V}O_{2\max}$

Έτσι, από την έρευνα κυρίως σε διδύμους, γνωρίζουμε ότι το επίπεδο συνιστωσών της Ευρωστίας, όπως η αερόβια & η αναερόβια ικανότητα, η μυϊκή δύναμη και ισχύς, η νευρομυϊκή συναρμογή, η σωματική σύσταση, καθώς και άλλοι βιολογικοί παράγοντες, είναι γενετικά προκαθορισμένοι.

Κληρονομικότητα & $\dot{V}O_{2max}$

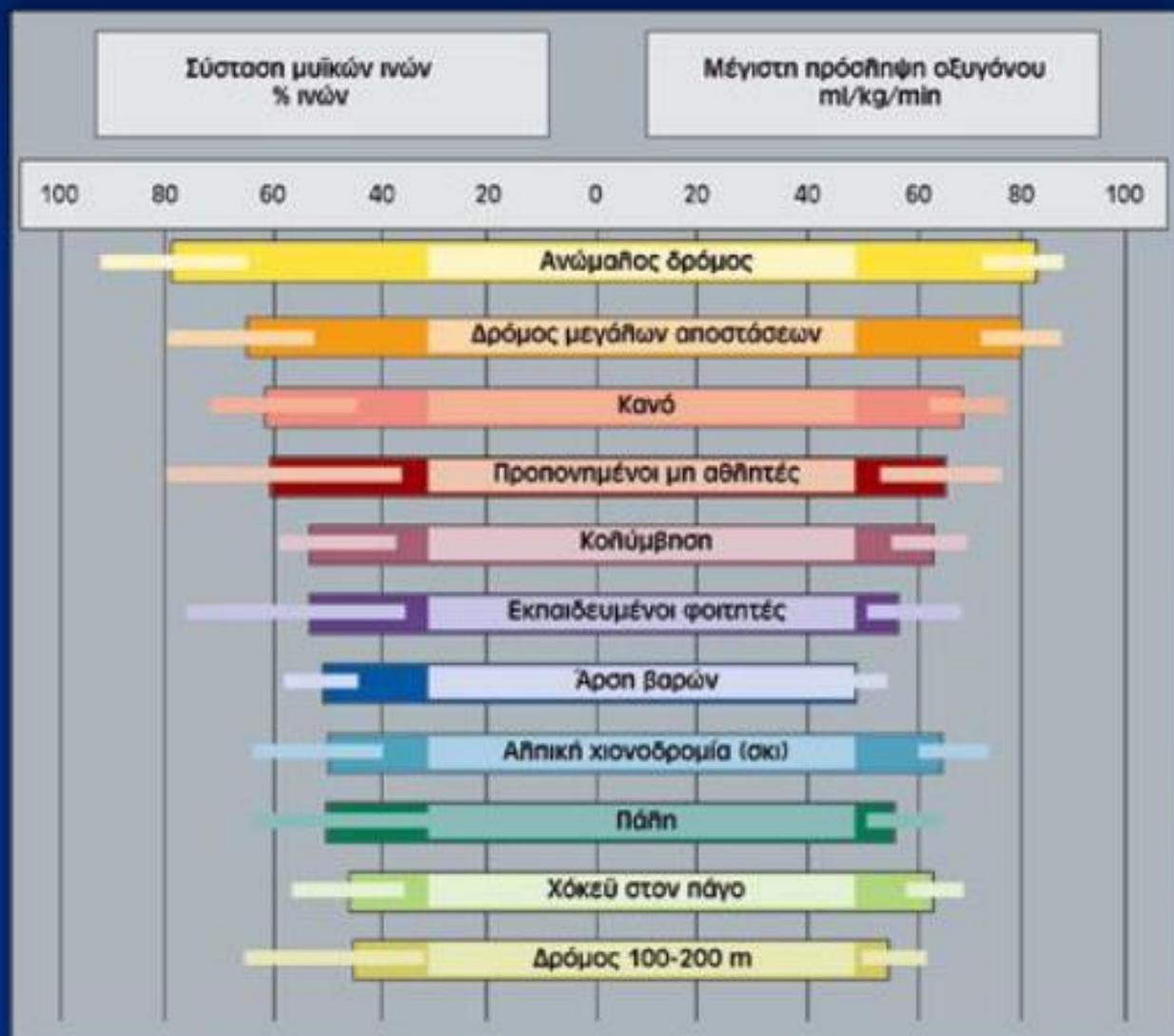
Επίσης, γνωρίζουμε ότι το κατάλληλο ερέθισμα με άσκηση και φυσική δραστηριότητα μπορεί να επηρεάσει σημαντικά το επίπεδο των βιολογικών προσαρμοστικών ικανοτήτων του ανθρώπου, αλλά μόνο μέσα στα γενετικά προκαθορισμένα όρια.

Κληρονομικότητα, Μυϊκές ίνες & $\dot{V}O_{2max}$

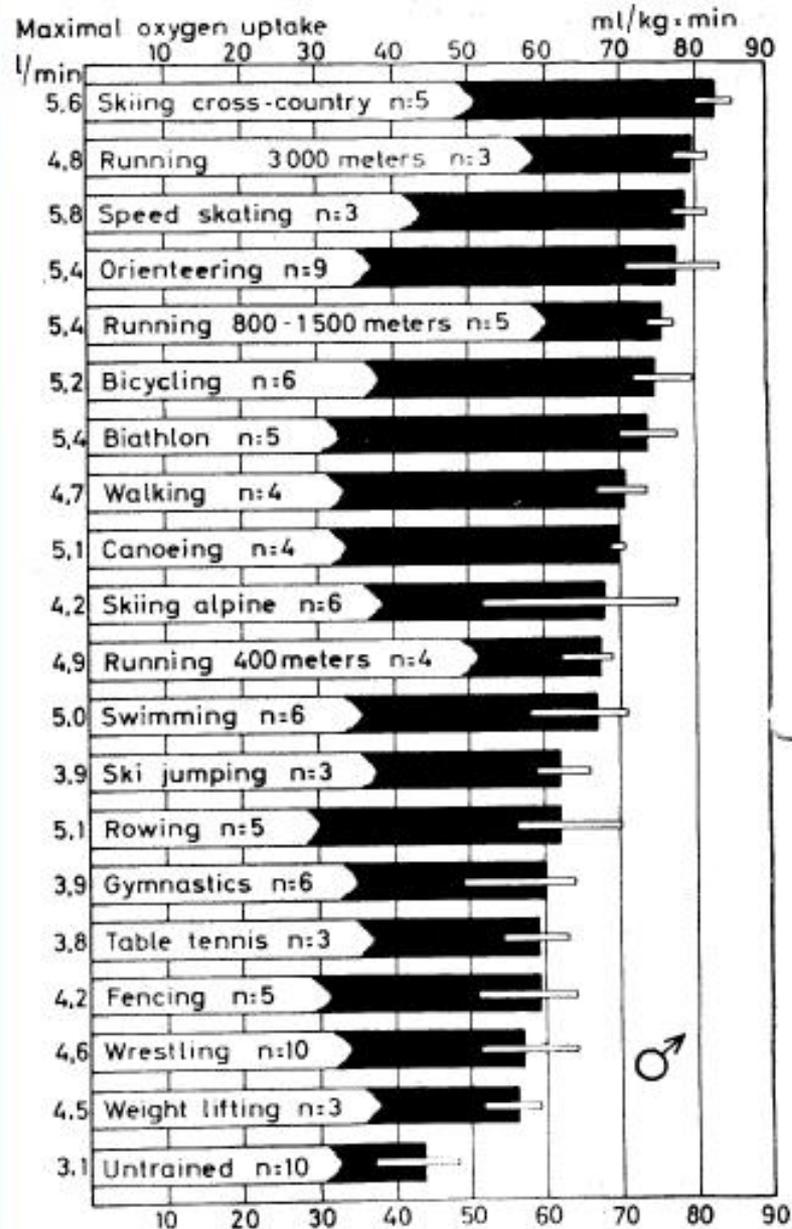
Οι μεγάλες αυτές διαφορές στην κατανομή των τύπων των μυϊκών ινών ανάμεσα σε κορυφαίους σπρίντερς και αθλητές αντοχής, φαίνεται ότι είναι γενετικά προκαθορισμένες και ότι αυτοί οι αθλητές έχουν γεννηθεί με αυτό το φυσικό χάρισμα.

(Komi et al., 1977; Komi & Karlsson, 1979)

Κληρονομικότητα, Μυϊκές ίνες & $\dot{V}O_{2\max}$



(McArdle et al., 2001)



(Saltin & Astrand 1967)

Τις μεγαλύτερες απαιτήσεις σε κορυφαίες τιμές VO_{2max} παρουσιάζει το άθλημα της χιονοδρομίας αντοχής. Στους χιονοδρόμους αντοχής έχουν μετρηθεί οι υψηλότερες τιμές VO_{2max} σε ενήλικα και νεαρά άτομα, όπου μια τιμή κοντά ή πάνω από $90 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ φαίνεται ότι είναι προϋπόθεση σήμερα, για τη διεκδίκηση μεταλλίου σε διεθνείς αγώνες.



- Ποιο είναι το Ελάχιστο αερόβιο ερέθισμα, δηλαδή η ελάχιστη δυνατή ένταση της άσκησης που μπορεί να βελτιώσει την αερόβια ικανότητα σ' ένα άτομο;

Εξαρτάται από την καρδιακή του συχνότητα στην ηρεμία και στη μέγιστη προσπάθεια και δίνεται με την ακόλουθη εξίσωση, όπου ΚΣ είναι η καρδιακή συχνότητα:

ΚΣ άσκησης = $[0,60X (ΚΣ \text{ μέγιστη-ηρεμίας})] + ΚΣ \text{ ηρεμίας}$

Αυτό σημαίνει πως για να είναι η άσκηση αποτελεσματική πρέπει να δραστηριοποιήσει τουλάχιστο το 60% των εφεδρειών της καρδιακής συχνότητας, που αντιστοιχεί στο 50% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου. Οι εφεδρείες της καρδιακής συχνότητας υπολογίζονται, αν προστεθεί στην καρδιακή συχνότητα της ηρεμίας η ποσοστιαία διαφορά ανάμεσα στη μέγιστη καρδιακή συχνότητα και στην αντίστοιχη συχνότητα της ηρεμίας.

Έτσι, λόγου χάρη, ένα άτομο με καρδιακή συχνότητα στη μέγιστη προσπάθεια 170 και στην ηρεμία 70, πρέπει να γυμνάζεται με τόση ένταση, ώστε η άσκηση του να προκαλέσει τουλάχιστο $[0,60 (170-70)] + 70 = 130$ παλμούς στο λεπτό.

- Ποιο είναι το μέγιστο αερόβιο ερέθισμα που μπορεί να προκαλέσει τη μέγιστη βελτίωση στην αερόβια ικανότητα;

- Η ανώτατη βελτίωση της αερόβιας ικανότητας πραγματοποιείται μ' έντονα αερόβια ερεθίσματα, δηλαδή με μυϊκή προσπάθεια τέτοια που να δραστηριοποιεί το 95% της εφεδρείας της καρδιακής συχνότητας, σύμφωνα με την εξίσωση:
*
- $ΚΣ \text{ άσκησης} = [0,95X (ΚΣ \text{ μέγιστη-ηρεμίας})] + ΚΣ \text{ ηρεμίας}$
- Για παράδειγμα, ένα άτομο που έχει καρδιακή συχνότητα στην ηρεμία 60 παλμούς και στη μέγιστη προσπάθεια 190, πρέπει να γυμνάζεται με 184 παλμούς το λεπτό. Σε περίπτωση που η ένταση της άσκησης είναι υψηλότερη, το άτομο θα κουραστεί πρόωρα, λόγω της παραγωγής γαλακτικού οξέος και θα διακόψει την προσπάθεια, ελαχιστοποιώντας έτσι τις αερόβιες προσαρμογές και την αποτελεσματικότητα της προπόνησης.