

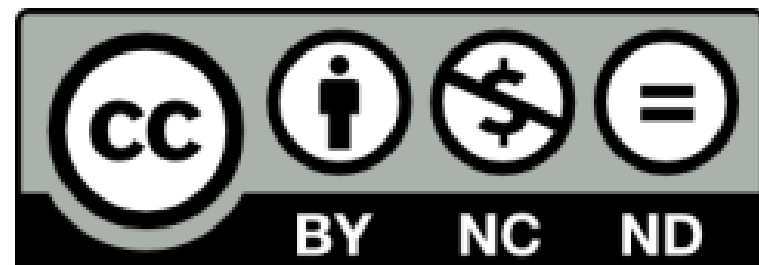


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

Εργονομία

Ενότητα 3: Μεταφορά φορτίου

*Βασίλειος Παπακωστόπουλος
Τμήμα Μηχανικών Σχεδίασης
Προϊόντων και Συστημάτων*



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Μέθοδοι Μεταφοράς Φορτίου



Μέθοδοι μεταφοράς φορτίου σε Ασία, Αφρική

(πηγή: Maloiy et al., 1986)

Το πρόβλημα είναι πως πρέπει να κουβαλήσεις μωρό και κουβά ταυτόχρονα!

Με αυτή τη μέθοδο, οι γυναίκες στην Αφρική μεταφέρουν φορτία που ζυγίζουν έως και 20% του βάρους του σώματός τους χωρίς μεταβολικό κόστος!



αλλά, υπάρχει μόνο μια κουβέρτα... Τι κάνεις;

Διπλώνεις την κουβέρτα, και την τυλίγεις στο σώμα....

...τη δένεις στη μέση...

...φέρνεις το μωρό στους ώμους...

...ασφαλίζεις το μωρό στην κουβέρτα...

... έτοιμη για κουβάλημα!!!

φέρνεις τον κουβά στο κεφάλι, και τα δύο χέρια είναι ελεύθερα!!!

Μέθοδοι μεταφοράς φορτίου στην Κορέα

(πηγή: Chung et al., 2005)

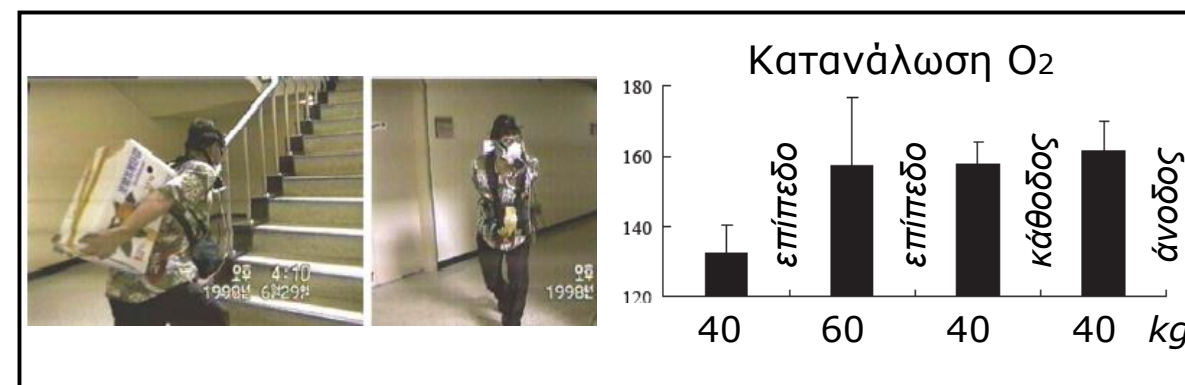


...οι διανομείς αναψυκτικών μεταφέρουν κατά μ.ο. 53.4 kg ανά διαδρομή!

Οι διανομείς προτιμούν αυτή τη μέθοδο, καθώς τους διασφαλίζει:

- καλή ορατότητα
- άνετη κίνηση σε σκάλες, διαδρόμους
- μεταφορά περισσότερου φορτίου.

Ωστόσο, το κόστος μεταφοράς φορτίου 40kg σε σκάλες = 60kg σε επίπεδο έδαφος.



Στην πράξη, αυτό επιλύεται με αύξηση των δρομολογίων (μικρότερου βάρους) όταν η μεταφορά γίνεται σε σκάλες....

Σύστημα μεταφοράς φορτίου στο Νεπάλ

(πηγή: Shah, 1993)



namlo

ιμάντας συγκράτησης άνω τμήματος καλαθιού/στερέωσης στο μέτωπο.

doko

κωνικό καλάθι που στηρίζεται κατά μήκος της πλάτης (κορμός υπό κλίση)

patuka

ύφασμα που τυλίγεται γύρω από τη μέση



Με αυτό σύστημα:

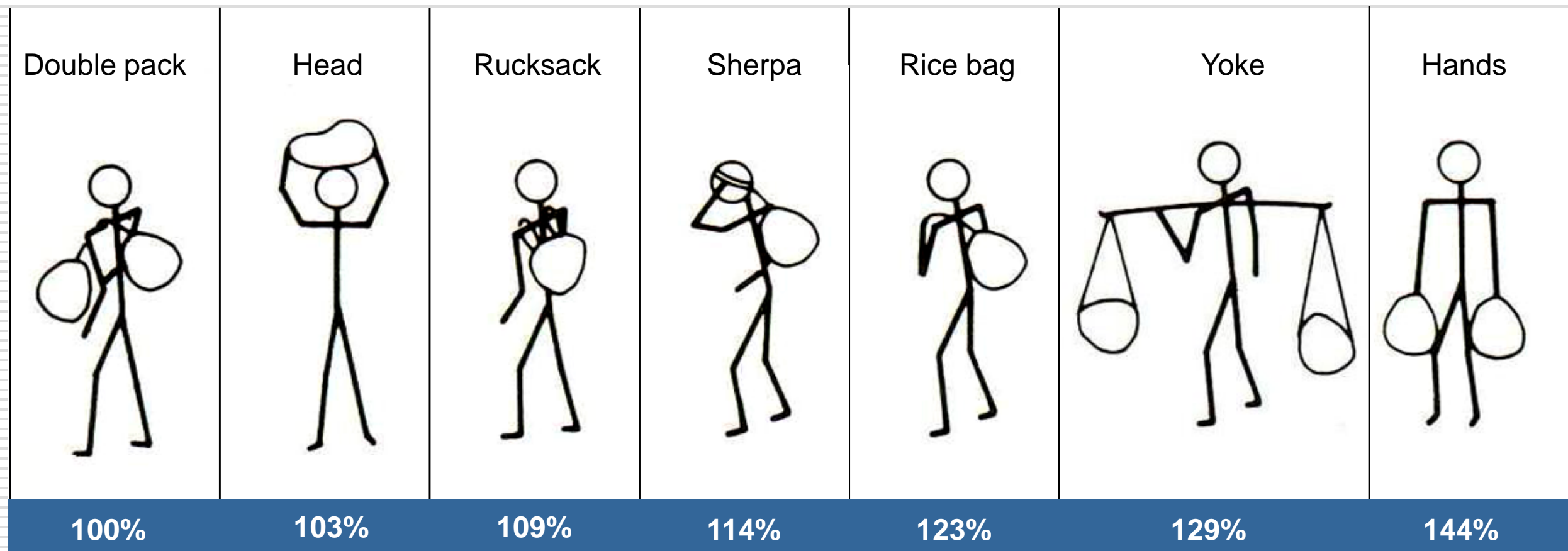
- ❑ μεταφέρονται φορτία βάρους > 30kg
- ❑ δεν αναφέρονται προβλήματα στη μέση ή τον αυχένα (ακόμη και έπειτα >10 έτη συστηματικής χρήσης)

Σύγκριση μεθόδων μεταφοράς φορτίου

(πηγή: Datta & Ramanathan, 1971)

Μέθοδος: Μεταφορά φορτίου 30kg, με 7 διαφορετικές μεθόδους, από 7 υγιή άτομα.

Συνθήκες: Κάθε άτομο εκτέλεσε 10 διαδρομές μήκους 100m/ μέθοδο, με ρυθμό βάρδισης 5km/h.

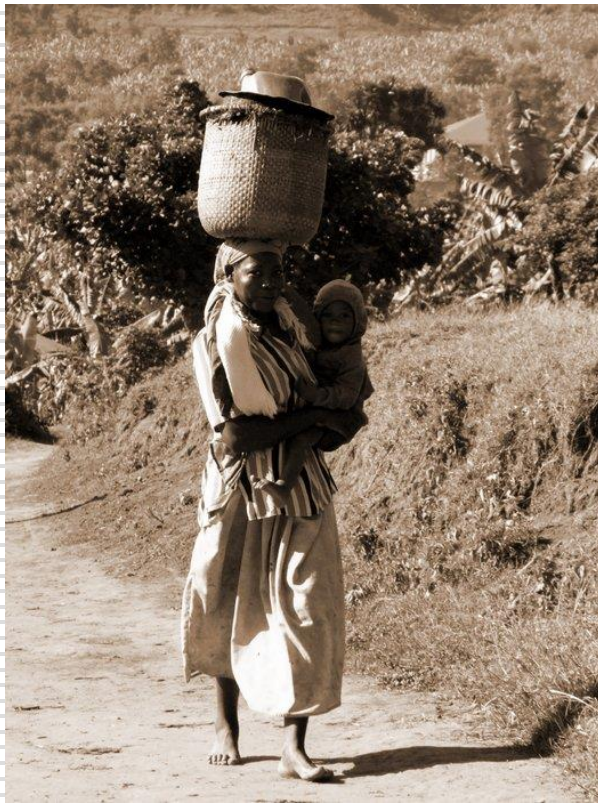


Μετρήσεις: ρυθμός αναπνοής, κατανάλωση O₂, καρδιακοί παλμοί

(κατά τη διάρκεια της εργασίας και κατά το 5-λεπτο διάλειμμα μετά την εργασία).

Αποτελέσματα: Πιο αποτελεσματικές μέθοδοι, από άποψη φυσιολογικού κόστους: *Double pack, Head*

Υφίσταται φαινόμενο free-ride;



Υφίσταται φαινόμενο free-ride;

(πηγή: Loyd et al., 2010; 2011)

Στόχος των μελετών ήταν ο έλεγχος και πιθανόν η απόρριψη της αποκαλούμενης free-ride hypothesis.

Μεταφερόμενα βάρη:

- ❑ 20%, 25%, 30%, 40%, 50%, 60% και 70% της μάζας του σώματος

Διάρκεια μεταφοράς:

- ❑ Έως τη στιγμή εμφάνισης πόνου ή ενόχλησης (διακοπή)

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

- ❑ Δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη του φαινομένου:
Ισοδύναμο ενεργειακό κόστος με τη μεταφορά σε κεφάλι/ πλάτη
- ❑ Οι προηγούμενες έρευνες χαρακτηρίζονται από μια επαγωγική προσέγγιση της έρευνας, και ως εκ τούτου φαίνεται να διαιωρίζεται η «υπόθεση free-ride».



Ερμηνευτική ισχύς δημοφιλών θεωριών

- Εικάζεται ότι οι προηγούμενες έρευνες οι οποίες διεξήχθησαν ακολουθώντας το παραδοχή της “Free ride hypothesis”, μετά τη δημοσίευση της έρευνας των Maloij et al (1986) εμπίπτουν σε αυτό που ο Popper αποκαλεί ως «**ερμηνευτική ισχύ**» των δημοφιλών θεωριών.
- Ο Popper τονίζει ότι η αποδοχή μιας θεωρίας δεν είναι κάτι ασύνηθες στους ανθρώπους, ιδίους όσους τείνουν προς την υιοθέτηση **επαγωγικών ερευνητικών παραδειγμάτων**, όπου ή επιβεβαίωση της θεωρίας είναι ο Στόχος

Πηγές αύξησης του κόστους ενέργειας

- Θέση ΚΒ φορτίου:
 - Όσο πιο κοντά βρίσκεται το ΚΒ της μάζας του φορτίου στο ΚΒ της μάζας του σώματος, καθώς αυτό συμβάλλει στη διατήρηση του κορμού σε ευθυτένη στάση, όπως κατά τη βάδιση χωρίς φορτίο (Knapik et al., 1996, 2004).
 - Γενικά, οποιαδήποτε μέθοδος μεταφοράς η οποία φέρει το φορτίο πολύ κοντά στο ΚΒ του σώματος συνδέεται με χαμηλό μεταβολικό κόστος.

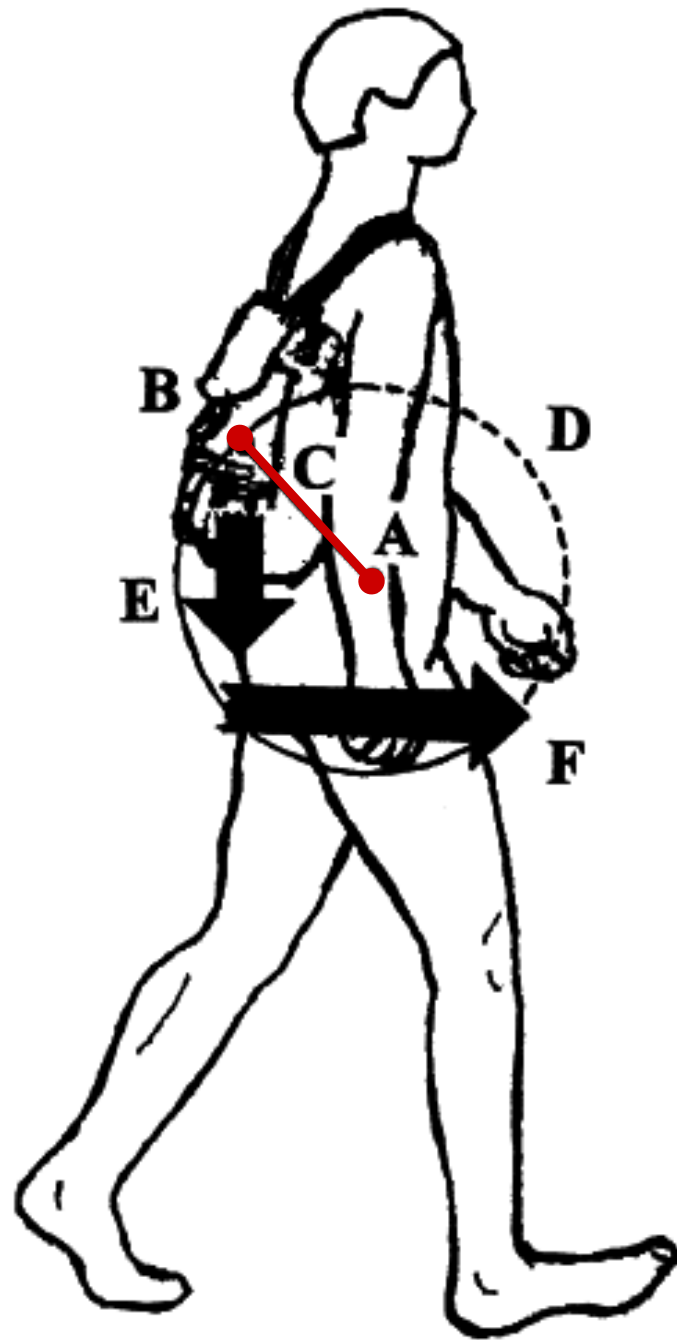
- Κατανομή φορτίου – χρησιμοποιούμενες μυϊκές ομάδες
 - μικρότερο ενεργειακό κόστος επιτυγχάνεται όταν χρησιμοποιούνται μεγάλοι μύες (Legg, et al., 2004; 1992; 1987; Legg, 1985).

- Κλίση εδάφους

- Ταχύτητα βάδισης

Κέντρο βάρους φορτίου και κόστος ενέργειας

(πηγή: Abe et al., 2004)



- Η κύρια υπόθεση είναι ότι το φαινόμενο free-ride οφείλεται στην αλληλεπίδραση δύο αντιθετικών παραγόντων:

1. Το βάρος του φορτίου προκαλεί ροπή στρέψης γύρω από το ΚΒ του σώματος, και αυτό έχει θετικό αντίκτυπο στην κίνηση του σώματος

ροπή στρέψης (F) = ακτίνα στρέψης (AB) x βάρος φορτίου

2. Το βάρος του φορτίου ασκεί φόρτο στους μύες του αυχένα και της λεκάνης, και αυτό έχει αρνητικό αντίκτυπο.

A: ΚΒ μάζας σώματος
B: ΚΒ μάζας φορτίου
C: ακτίνα ροπής στρέψης
D: τόξο ροπής στρέψης
E: δύναμη στους μύες λεκάνης και κάτω άκρων
F: ροπή στρέψης

Κατανομή φορτίου και κόστος ενέργειας

(πηγή: Lloyd & Cooke, 2000)

Μέθοδος: 9 άτομα μετέφεραν φορτίο 25.6kg, περπατώντας σε διάδρομο (ρυθμός βάρδισης 3km/h) υπό διαφορετικές κλίσεις, με δύο τύπους ορειβατικού σακιδίου (AARN – Karimore).

Χωρίς
Φορτίο

Rucksack
(Karimore Alpiniste)

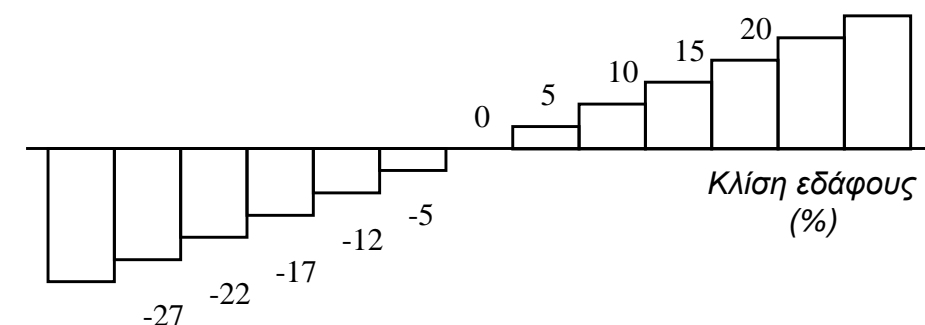
Double pack
(AARN)



VO ₂ :	100.0%	152.8%	145.1%
HR:	100%	120.8%	116.1%

Κατάβαση

Ανάβαση



Διάρκεια μεταφοράς φορτίου:

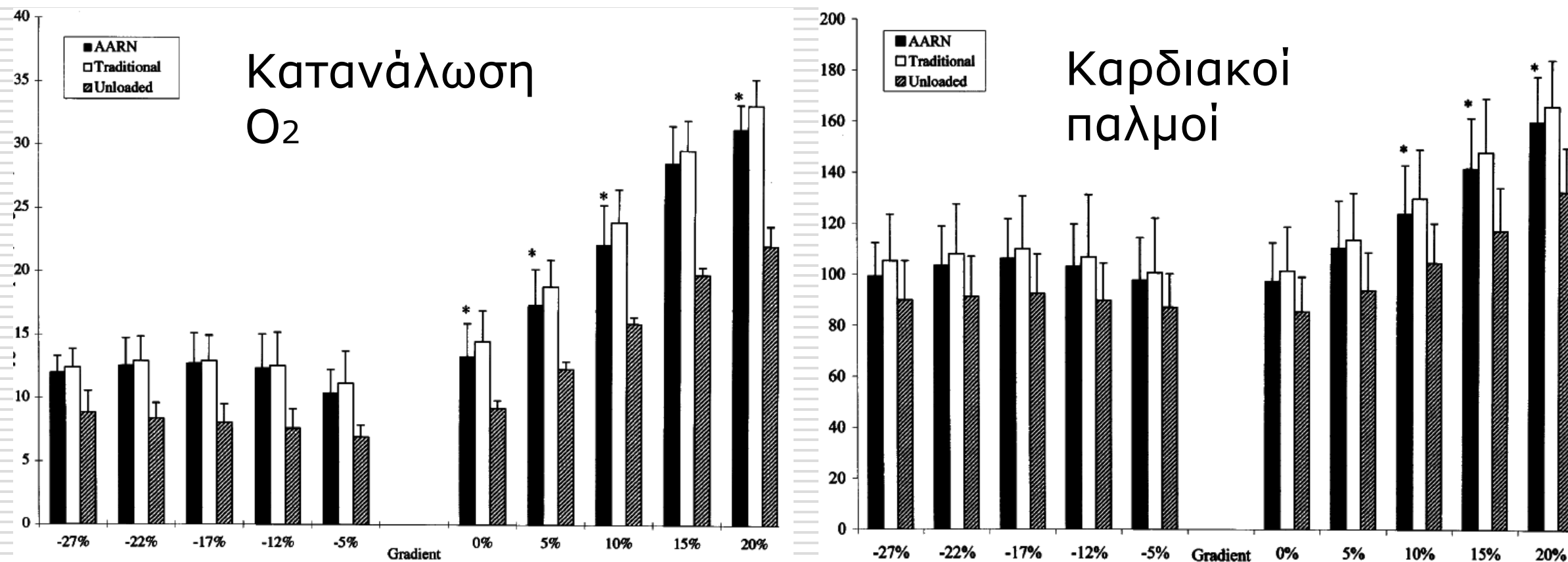
3' για κάθε επιμέρους κλίση εδάφους

Μετρήσεις: κατανάλωση O₂, καρδιακοί παλμοί (HR)

Αποτελέσματα: *Double pack* πιο αποτελεσματικό (μείωση VO₂ και HR ~5%) μόνο στην ανάβαση.

Διαφορά μεταξύ ανάβασης - κατάβασης

(πηγή: Lloyd & Cooke, 2000)



- Κατάβαση: καμία διαφορά μεταξύ των δύο τύπων σακιδίων (Double Pack – Karimore).
- Ανάβαση: μείωση κατανάλωσης O₂ με Double Pack σε κλίσεις εδάφους: 0%, 5%, 10%, 20%.
μείωση καρδιακών παλμών με Double Pack σε κλίσεις εδάφους: 10%, 15%, 20%

Ποια η διαφορά ανάβασης/ κατάβασης;

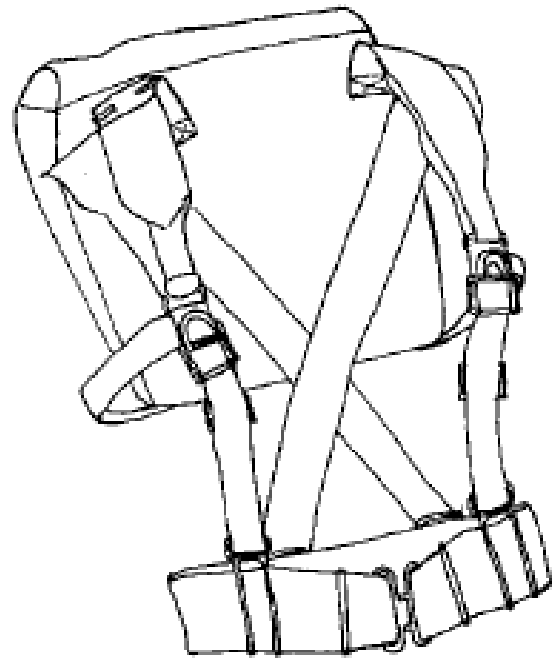
- Η καμπύλη μεταξύ $\dot{V}O_2$ / κλίσης εδάφους έχει τη μορφή V.
- Το turning point αυτής της καμπύλης έχει προσδιοριστεί στις ακόλουθες κλίσεις εδάφους: 9% Margaria (1968); 12% (Nagle et al., 1990); 0 έως 5% (Lloyd and Cooke, 2000).
- Το turning point συμβαίνει στο σημείο κλίσης του εδάφους στο οποίο δεν υπάρχει θετική μετατόπιση του KB της μάζας. Εως εκείνο το σημείο, το πόδι που προσγειώνεται αντιστέκεται στη βαρύτητα, ενώ πέρα από αυτό το σημείο, και τα δύο πόδια πρέπει να αντισταθούν στη βαρύτητα, αυξάνοντας το μεταβολικό κόστος (Nagle et al., 1990).
- Οι μη-εξασκημένοι συμμετέχοντες επιτελούν πολλές μη-αναγκαίες κινήσεις (π.χ. υπερβολική πέδηση του προπορευόμενου ποδιού) με αποτέλεσμα η δύναμη της βαρύτητας να μην αρκεί για να σπρώξει το σώμα μπροστά, και επομένως καταβάλλεται επιπλέον δύναμη (Lloyd and Cooke, 2000).

Επίδραση κατανομής φορτίου (ιμάντες ώμων-μέσης) στη δραστηριότητα επιμέρους μυών

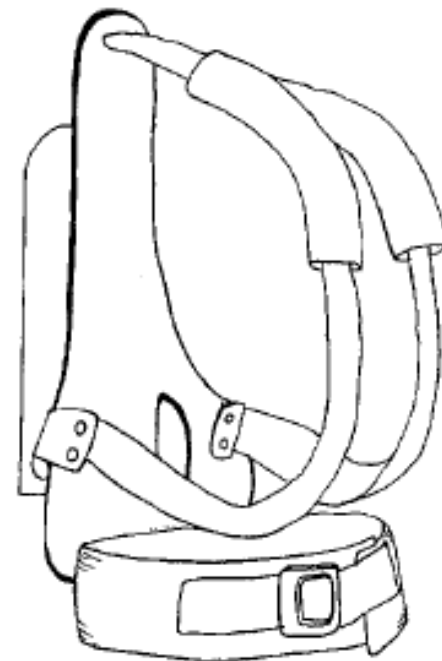
(πηγή: Holewign, 1990)

Μέθοδος: 4 άτομα κλήθηκαν να σταθούν ή να περπατήσουν σε διάδρομο (ρυθμός βάρδισης 1.33 m/s) με φορτία 0kg, 5.4kg & 10.4kg, με δύο τύπους σακιδίου: στρατιωτικό (Mil) – ορειβατικό

Στρατιωτικό σακίδιο (Mil) –
βάρος στους ώμους



Ορειβατικό σακίδιο
– βάρος στους γοφούς



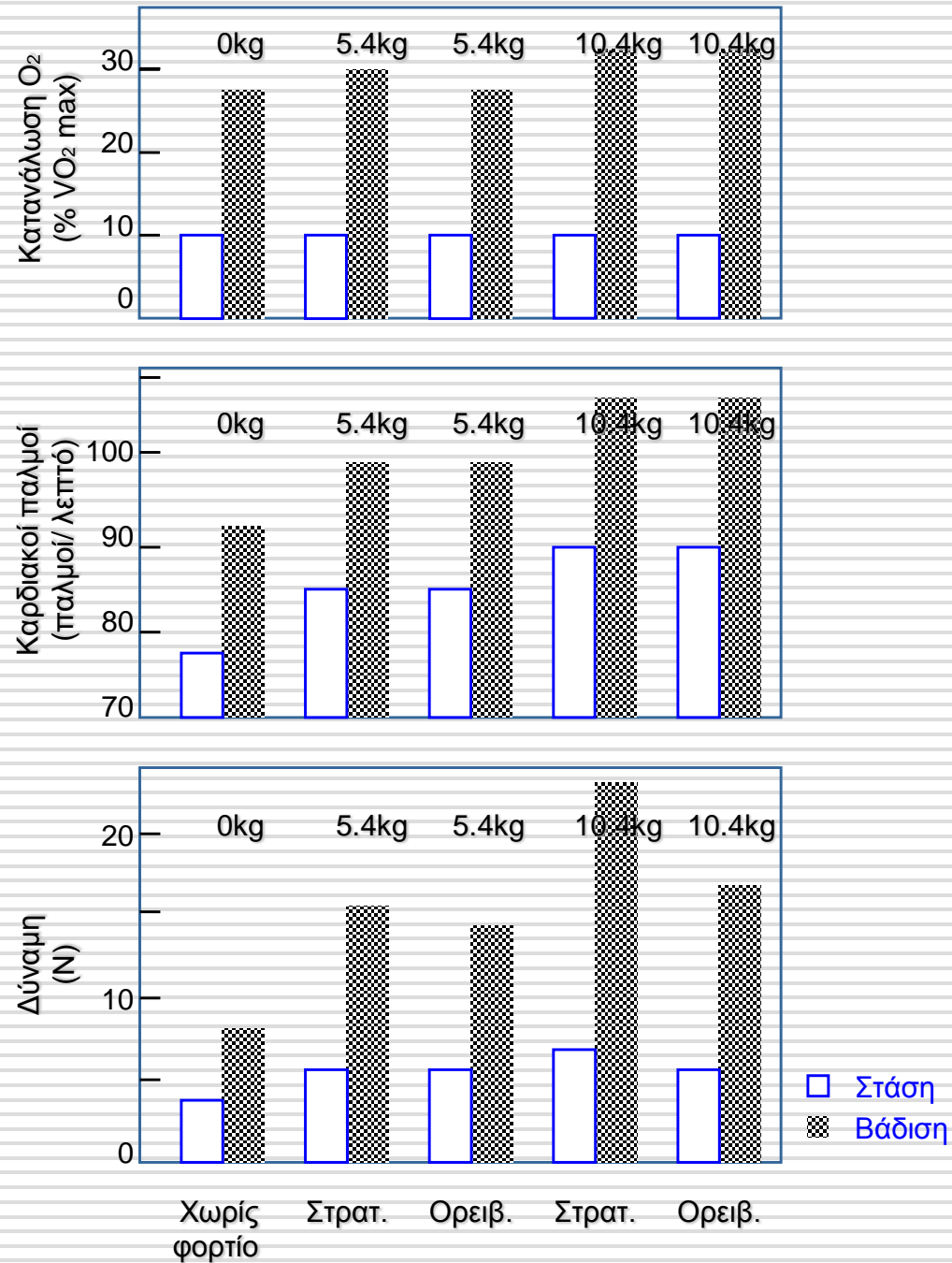
Πλάτος ιμάντα ώμων: 5cm

8cm

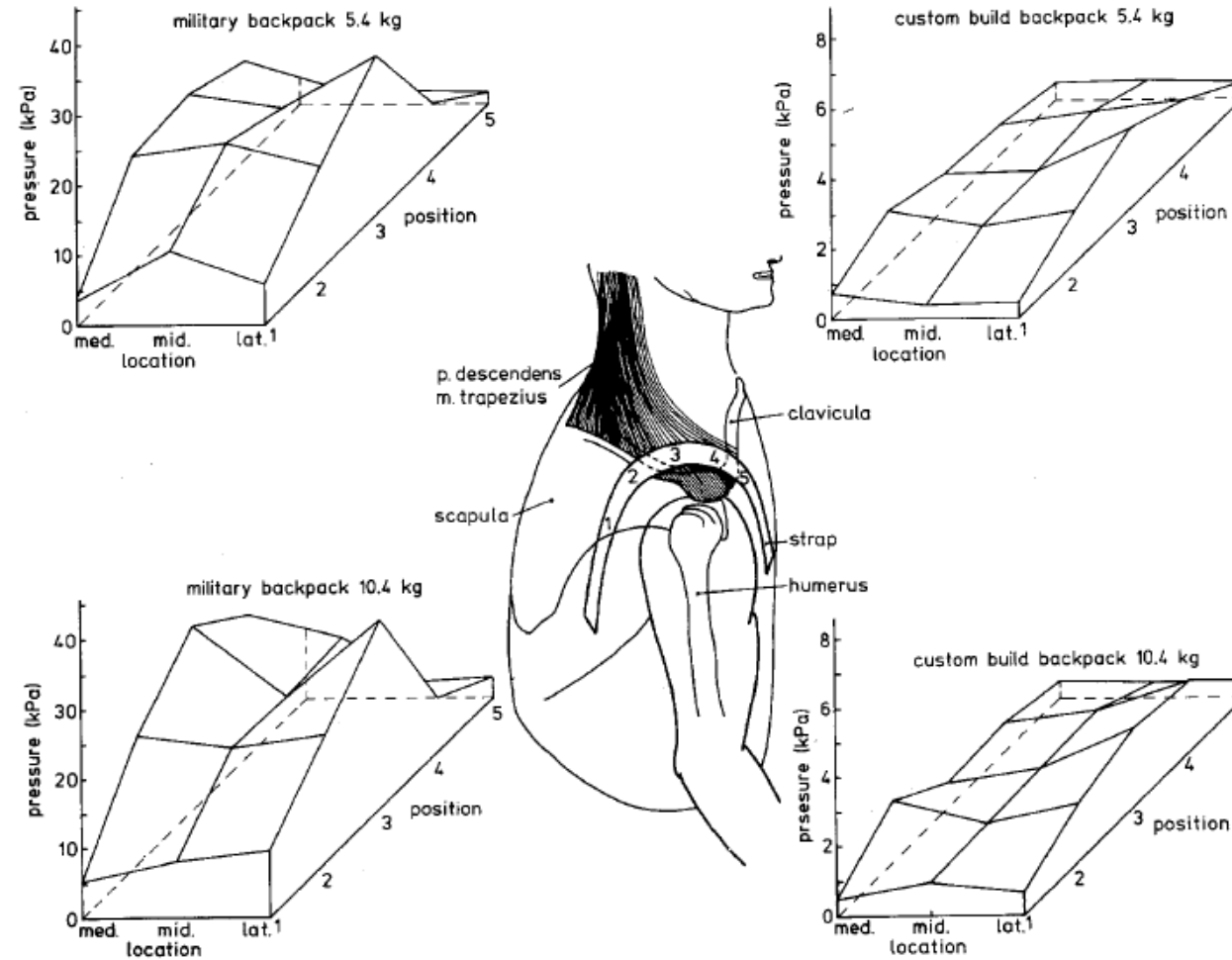
	Βάρος φορτίου (kg)	Τύπος σακιδίου		Χρόνος
		Mil	Ορει-βατικό	
Όρθια στάση	0			20'
	5.4			
	10.4			
Βάρδιση	0			20'
	5.4			
	10.4			

Μετρήσεις: κατανάλωση O₂, καρδιακοί παλμοί (HR), EMG, πίεση δέρματος στους ιμάντες ώμου
Αποτελέσματα: Κύριος παράγοντας κόπωσης η στατική πίεση στο δέρμα (κάτω από τους ώμους).

Επίδραση κατανομής φορτίου (ιμάντες ώμων-μέσης) στη δραστηριότητα επιμέρους μυών



Πίεση δέρματος κάτω από τον ώμο

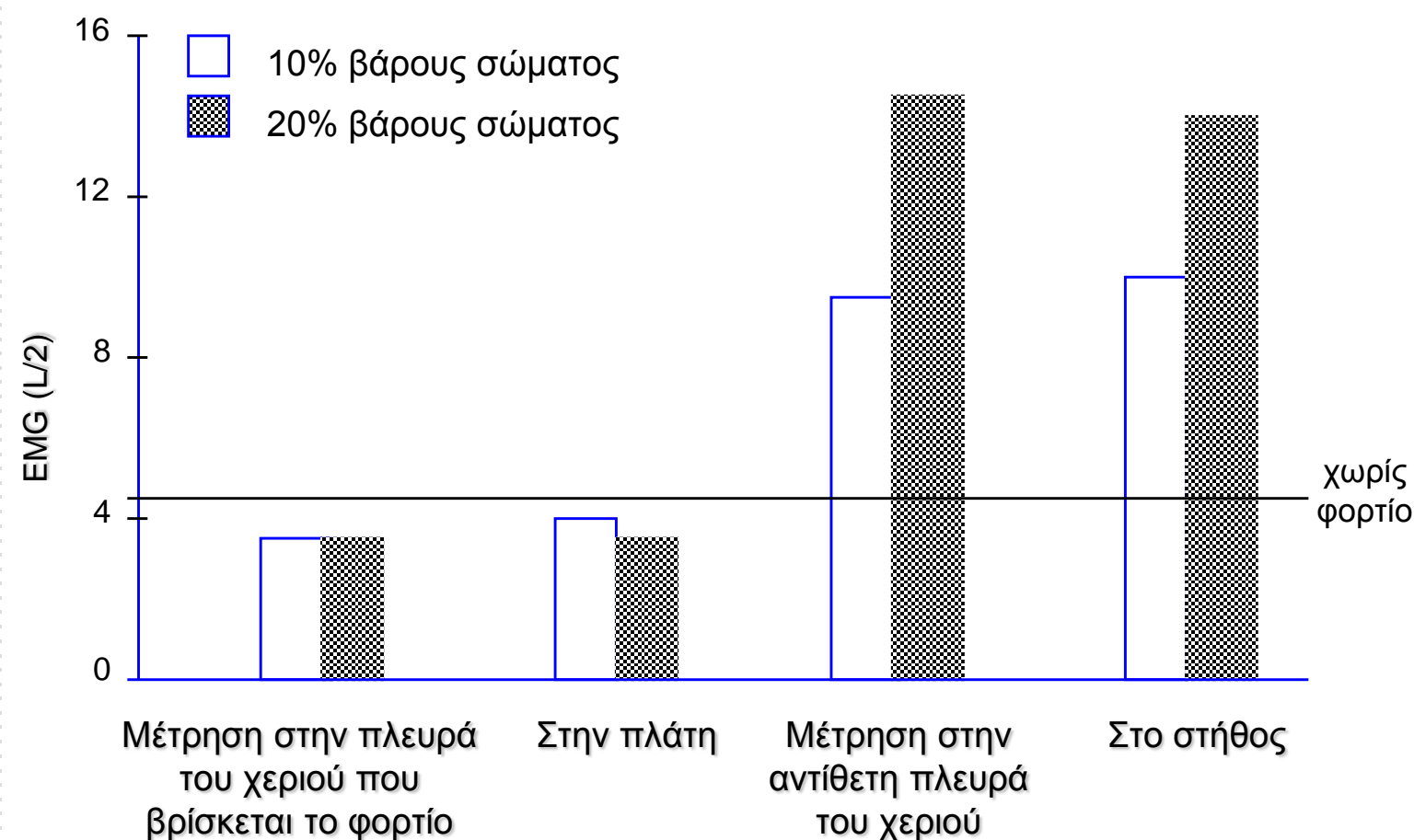


- Ανεξάρτητα από τον τύπο σακιδίου: αύξηση κατανάλωσης O₂, HR και EMG κατά τη βάδιση
- Με το στρατιωτικό σακίδιο (Mil): 3-πλάσια πίεση δέρματος κάτω από τους ώμους

Επίδραση θέσης φορτίου (ψηλά-χαμηλά) στη δραστηριότητα επιμέρους μυών

(πηγή: Cook & Neumann, 1987)

Μέθοδος: 24 άτομα μετέφεραν φορτίο =10% =20% του βάρους τους, περπατώντας σε διάδρομο (μήκους 30.6 m, ανά συνθήκη) με 3 μεθόδους: στην πλάτη, στον θώρακα, στο ένα χέρι.



Μετρήσεις:

EMG (L2), στη φάση στάσης στη διάρκεια του κύκλο βάρδισης.

Η δραστηριότητα των πίσω μυών εντοπίζεται στη φάση στάσης, ενώ στη φάση αιώρησης είναι σχετικά ανενεργοί.

Αποτελέσματα: Πιο αποτελεσματικό το *Rucksack*. Το φορτίο στο χέρι απαιτεί < μυϊκή δραστηριότητα στην πλευρά του σώματος που βρίσκεται το φορτίο, αλλά μεγάλη στην αντίθετη πλευρά.

Αλληλεπίδραση θέσης φορτίου/ κλίσης εδάφους

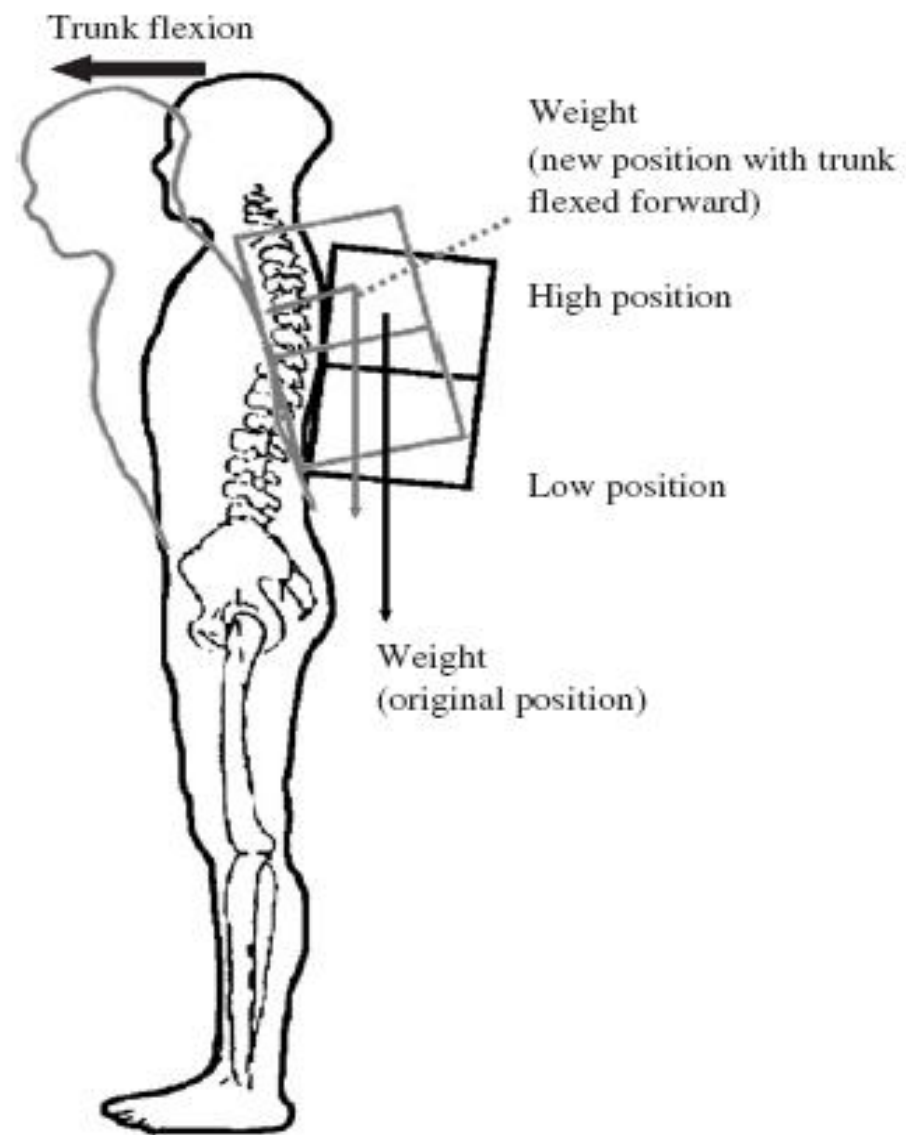
(πηγή: Liu, 2007)

Συνθήκες Μέτρησης		Ρυθμός αναπνοής (ανάσες/λεπτό)		Minute ventilation (L/min)		Κατανάλωση οξυγόνου (ml/kg/min)		Καρδιακοί παλμοί (παλμοί/λεπτό)	
		M.O.	(σ)	M.O.	(σ)	M.O.	(σ)	M.O.	(σ)
Ταχύτητα βάδισης:	3.2 km/h	19.9**	(6.1)	18.3**	(4.3)	11.5**	(3.2)	100.2**	(11.6)
	6.4 km/h	22.2	(6.3)	23.3	(6.8)	16.6	(5.1)	110.5	(11.4)
Κλίση εδάφους:	0 %	21.4	(6.8)	20.1	(5.4)	12.1**	(3.4)	100.9**	(11.3)
	6 %	20.8	(5.8)	21.4	(6.9)	16.0	(5.4)	110.2	(10.4)
Θέση φορτίου:	Ψηλά	22.0*	(6.7)	21.7	(6.4)	14.3	(5.3)	105.7	(13.1)
	Χαμηλά	20.1	(5.6)	19.9	(5.9)	13.8	(4.6)	104.9	(12.2)

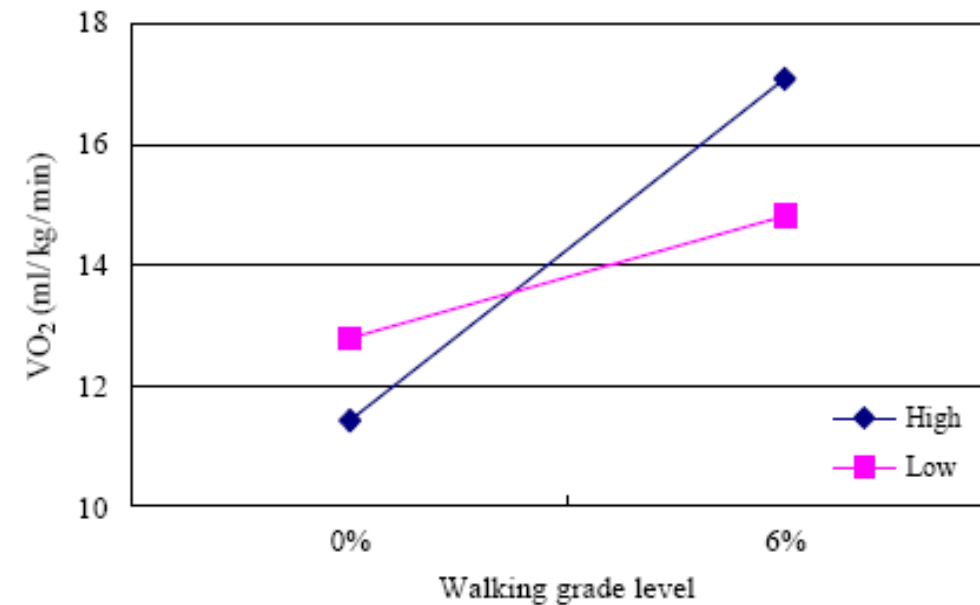
- ❑ Ταχύτητα: αύξηση ταχύτητας επηρεάζει αρνητικά όλες τις παραμέτρους
- ❑ Κλίση εδάφους: επικλινές έδαφος αυξάνει την κατανάλωση O₂ και καρδιακών παλμών (HR)
- ❑ Θέση φορτίου: τοποθέτηση του φορτίου ψηλά αυξάνει το ρυθμό αναπνοής.

Αλληλεπίδραση θέσης φορτίου/ κλίσης εδάφους

(πηγή: Liu, 2007)



αλληλεπίδραση μεταξύ θέσης φορτίου/κλίσης εδάφους και κατανάλωσης O_2 .



- Η θέση του φορτίου ψηλά ευνοεί την ευστάθεια σε επίπεδο έδαφος αλλά δυσχεραίνει τη λειτουργία των πνευμόνων.
- Η βέλτιστη κατανομή φορτίου εξαρτάται από την κλίση του εδάφους.

Συμπερασματικά: σχέση μεταξύ Ο2/θέσης φορτίου/κλίσης εδάφους

- Κριτήριο φυσιολογίας:
η τοποθέτηση του φορτίου ψηλά είναι προτιμότερη, καθώς, το ΚΒ του φορτίου είναι κοντά στο ΚΒ του σώματος και επίσης χρησιμοποιούνται μεγαλύτεροι μύες (Legg, 1985; Howe & Getchell, 1995).
- Κριτήριο εμβιομηχανικής:
η τοποθέτηση του φορτίου ψηλά προκαλεί αστάθεια στη στάση σώματος, ιδιαίτερα στους ψηλούς ανθρώπους, η οποία είναι εμφανής από το βαθμό **body sway** σε όρθια θέση (Hellebrandt et al., 1944; Knapik et al., 1996).
- Συνεπώς, αν η επιφάνεια του εδάφους είναι επικλινής, τότε η τοποθέτηση του φορτίου χαμηλά είναι προτιμότερη, καθώς πέρα από τη μεγαλύτερη ευστάθεια του σώματος, οι αντισταθμιστικές κινήσεις σε επικλινές έδαφος είναι 40% μικρότερες με το φορτίο χαμηλά σε σχέση με το φορτίο ψηλά (Bloom and Woodhull-McNeal, 1987; Bobet and Norman, 1984).

Αναφορές

- Abe, D., Yanagawa, K., & Shigemitsu Niihata, S. (2004). Effects of load carriage, load position, and walking speed on energy cost of walking. *Applied Ergonomics*, 35, 329–335.
- Bloom, D., & Woodhull-McNeal, A.P. (1987). Postural adjustments while standing with two types of loaded backpacks. *Ergonomics*, 30, 1425-1430.
- Bobet, J., & Norman, R.W. (1984). Effects of load placement on back muscle activity in load carriage. *European Journal of Applied Physiology*, 53, 71-75.
- Bridger, R.S. (2008). *Introduction to Ergonomics* (3rd edition). London: CRC Press.
- Chung, M.K., Lee, Y.J., Lee, I., & Choi, K.I. (2005). Physiological workload evaluation of carrying soft drink beverage boxes on the back. *Applied Ergonomics*, 36, 569–574.
- Cook, T.M., & Neumann, D.A. (1987). The effects of load placement on the EMG activity of the low back muscles during load carrying by men and women, *Ergonomics*, 30, 1413-1423
- Datta, S.R., & Ramanathan, N.L. (1971). Ergonomic comparison of seven modes of carrying loads on the horizontal plane. *Ergonomics*, 14, 269–278.
- Hellebrandt, F.A., Fries, E.C., Larsen, E.M., & Kelso, L.E.A. (1944). The influence of the Army pack on posture stability and stance mechanics. *American Journal of Physiology*, 140, 645–655.
- Holewijn. M. (1990). Physiological strain due to load carrying. *European Journal of Applied Physiology*, 61, 237-245.
- Howe, S., & Getchell, D. (1995). Packing it in. *Backpacker*, 23, 21-29.
- Knapik, J., Harman, E., & Reynolds, K. (1996). Load carriage using packs: a review of physiological, biomechanical and medical aspects. *Applied Ergonomics*, 27, 207-216.

Αναφορές

- Knapik, J., Reynolds, K., & Harman, E. (2004). Soldier load carriage: historical, physiological, biomechanical, and medical aspects. *Military Medicine*, 169, 45-56.
- Legg, S.J., & Cruz, C.O. (2004). Effect of single and double strap backpacks on lung function. *Ergonomics*, 47, 318-323.
- Legg, S.J., & Mahanty, A. (1985). Comparison of five modes of carrying a load close to the trunk. *Ergonomics*, 28, 1653-1660.
- Legg, S.J., Perko, L., & Campbell, P. (1997). Subjective perceptual methods for comparing backpacks. *Ergonomics*, 40, 809-817.
- Legg, S. J., Ramsey, T., & Knowles, D.J. (1992). The metabolic cost of backpack and shoulder load carriage. *Ergonomics*, 35, 1063-1068.
- Liu, B-R. (2007). Backpack load positioning and walking surface slope effects on physiological responses in infantry soldiers. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 37, 754–760.
- Lloyd, R., Hind, K., Carroll, S., Truscott, J., Parr, B., Davies, S., & Cooke, C. (2010). Subjective perceptions of load carriage on the head and back in Xhosa women. *Applied Ergonomics*, 41, 522-529.
- Lloyd, R., Hind, K., Carroll, S., Truscott, J., Parr, B., Davies, S., & Cooke, C. (2010). No 'Free Ride' for African women. *South African Journal of Science*, 106, 3/4, 1-5.
- Lloyd, R., & Cooke, C.B. (2000). The oxygen consumption associated with unloaded walking and load carriage using two different backpack designs. *European Journal of Applied Physiology*, 81, 486-492.
- Lloyd, R., Hind, K., Parr, B., Davies, S., & Cooke, C. (2010). The Extra Load Index as a method for comparing the relative economy of load carriage systems. *Ergonomics*, 53 (12), 1500 – 1504.

Αναφορές

- Lloyd R, Parr B, Davies S.E.H., & Cooke, C. (2011). A kinetic comparison of back-loading and head-loading in Xhosa women. *Ergonomics*, 54(4), 380 – 391.
- Maloiy, G.M.O., Heglund, N.C., Prager, L.M., Cavagna, G.A., & Taylor, C.R. (1986). Energetic cost of carrying loads: have African women discovered an economic way? *Nature*, 319, 668-669.
- Margaria, R. (1968). Positive and negative work performances and their efficiencies in human locomotion. *Internationale Zeitschrift für Angewandte Physiologie*, 25, 339-351.
- Osborne, D.J. (1995). *Ergonomics at Work: Human factors in design and development* (3rd edition). New York: John Wiley & Sons.
- Peizer, E., & Wright, D.W. (1974). Human locomotion. In Institute of Mechanical Engineering (Ed.). *Human Locomotion Engineering*. London: I.Mech.E.
- Nagle, F.J., Webb, P., & Wanta, D.M. (1990). Energy exchange in downhill and uphill walking: a calorimetric study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22, 540-544.
- Popper, K. (1963). *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*. London: Routledge.
- Shah, R.K. (1993). A pilot survey of the traditional use of the patuka round the waist for the prevention of back pain in Nepal. *Applied Ergonomics*, 24, 337-344.