



---

## Storia della “Revised NIOSH Lifting Equation”

**Enrique Alvarez-Casado**  
Main researcher  
Centro de Ergonomía Aplicada CENEA  
[enrique.alvarez@cenea.eu](mailto:enrique.alvarez@cenea.eu)  
BARCELONA







## In onore di











## Origine della RNLE

<b>1979-1980</b>	NIOSH dà il via ad uno studio con la partecipazione di altre Università ed Istituti, con il contributo di Ayoub, Chaffin, Herrin, Drury e Snook, tra gli altri. <i>Revisione bibliografica su fattori epidemiologici, biomeccanici, fisiologici e psicofisici</i>
<b>1981</b>	Pubblicazione del <b>“Work Practices Guide for Manual Lifting”</b>





## “Work Practices Guide for Manual Lifting”



Metodo di calcolo:

$$\text{AL} = \text{LC} \times \text{HM} \times \text{VM} \times \text{DM} \times \text{FM}$$

Action Limit o limite d'azione (kg)

Rappresenta il valore per il quale:

- ✓ L'aumento del tasso di prevalenza e di gravità del danno muscoloscheletrico è moderato nella popolazione esposta;
- ✓ Si produce una forza di compressione di 350 kg o 3,4 kN sul disco L5-S1, la quale è tollerabile per la maggior parte dei lavoratori sani di età media;
- ✓ La richiesta metabolica è di 3,5 kcal/minuto o meno, nella maggior parte della popolazione attiva;
- ✓ La forza muscolare necessaria può essere esercitata da più del 99% della popolazione maschile e più del 75% della popolazione femminile.



**cenea**  
centro de ergonomía aplicada

## “Work Practices Guide for Manual Lifting”

Metodo di calcolo:

$$AL = LC \times HM \times VM \times DM \times FM$$

Action Limit (kg)

40 kg

$15 / H$   
H tra 15 e 80 cm

$0,7 + 7,5/D$   
D tra 25 e (200-V) cm

$1 - (0,004 \times \text{abs}(V-75))$   
V tra 0 e 175 cm

$1 - F/F_{\text{max}}$   
 $F \geq 0,2$

Durata

Fmax	V > 75 cm	V < 75 cm
1 ora	18	15
8 ore	15	12

**cenea**

**epm** international ergonomics school

**cenea**  
centro de ergonomía aplicada

## “Work Practices Guide for Manual Lifting”

Metodo di calcolo:

$$MPL = 3 \times AL$$

Maximum Permitted Limit o limite Massimo consentito (kg)

Rappresenta il valore per il quale:

- ✓ Il tasso di prevalenza e di gravità del danno muscoloscheletrico aumentano in modo significativo.
- ✓ La forza di compressione biomeccanica sul disco intervertebrale L5-S1 non è tollerabile dalla maggior parte della popolazione, ha valore superiore ai 650 kg.
- ✓ Il metabolismo supera le 5 kcal/minuto.
- ✓ La forza muscolare necessaria può essere esercitata solo dal 25% della popolazione maschile e da meno dell'1% di quella femminile.

**cenea**

**epm** international ergonomics school

## “Work Practices Guide for Manual Lifting”

Interpretazione:

$$AL = LC \times HM \times VM \times DM \times FM$$

$$MPL = 3 \times AL$$

$L < AL$	Accettabile. Comporterebbe un rischio minimo per la maggior parte della popolazione lavorativa.
$AL \leq L \leq MPL$	Inaccettabile per una parte della popolazione lavorativa. Dovrebbe essere considerato inaccettabile in mancanza di controllo amministrativo ed ingegneristico adeguato.
$L > MPL$	Inaccettabile. Si richiede un controllo amministrativo ed ingegneristico.

Selezione dei lavoratori e formazione adeguata per la realizzazione del compito lavorativo

international ergonomics school

## “Work Practices Guide for Manual Lifting”

Come valutare la variabilità dei sollevamenti:



**Peso costante e geometrie variabili**

- 1) Calcolare i limiti (AL e MPL) di ciascun compito parziale tenendo conto della relativa frequenza, e considerare la durata totale
- 2) Calcolare i limiti (AL e MPL) del compito lavorativo
  - 1) Con la frequenza totale
  - 2) Valori di V e D: media aritmetica ponderata dalla frequenza

Valutazione finale confrontando:

Peso del carico ↔ Limiti dei compiti parziali e del compito lavorativo nel suo complesso

international ergonomics school



## "Work Practices Guide for Manual Lifting"

Come valutare la variabilità nei sollevamenti:



**Pesi e geometrie variabili**


- 1) Calcolare i limiti (AL e MPL) di ciascun compito parziale tenendo conto della relativa frequenza, e considerare la durata totale
- 2) Calcolare i limiti (AL e MPL) del compito lavorativo
  - 1) Con la frequenza totale
  - 2) Valori di V e D: media aritmetica ponderata dalla frequenza

Valutazione finale confrontando :

Peso massimo del compito parziale ↔ Limiti del compito parziale

Peso medio del compito ↔ Limiti del compito







## Origini della RNLE

**1985** NIOSH forma un' *équipe* di esperti con la *mission* di rivedere il metodo del 1981 ed aumentarne l'applicabilità.  
Partecipano: Thomas R. Waters, M. M. Ayoub, Donald B. Chaffin, Colin G. Drury, Arun Garg, Suzanne Rodgeres, Vern Putz-Anderson.

**1991** Pubblicazione della RNLE

- ✓ National Technical Information Service, 1991. **Scientific Support Documentation for the Revised 1991 NIOSH Lifting Equation**, PB91-226274 May 8, 1991, National Technical Information Service, Springfield, Virginia
- ✓ Putz-Anderson, V. and Waters, T. 1991. **Revisions in NIOSH Guide to Manual Lifting**, paper presented at National Conference entitled 'A National Strategy for Occupational Musculoskeletal Injury Prevention – Implementation Issues and Research Needs'. University of Michigan






## Origine della RNLE



**1993** Pubblicazione scientifica che riporta la giustificazione razionale dei criteri della revisione:

- ✓ Waters, TR. et al. **Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks.** Ergonomics. 1993; 36(7):749-76

**1994** NIOSH pubblica il manuale didattico:

- ✓ Waters, TR. et al. **Applications manual for the revised NIOSH lifting equation.** Cincinnati, Ohio: NIOSH; 1994








## La revisione dei criteri

**Criterio biomeccanico** Uguale  
Forza massima di compressione della vertebra L5/S1 = 3,4 kN


**Criterio fisiologico** Riduzione della *baseline aerobic capacity* da 10,5 kcal/min a:

kcal/min	V ≤ 75 cm	V > 75 cm
≤ 1 hour	4,7	3,3
1 - 2 hours	3,7	2,7
2 - 8 hours	3,1	2,2





centro de ergonomía aplicada





## La revisione dei criteri


**Criterio psicofisico**

Basato sulla percezione della capacità degli addetti di sollevare carichi in tutti i compiti lavorativi con frequenza inferiore ai 6 sollevamenti/min


Assicura che la richiesta lavorativa non superi la capacità massima del 99% della popolazione lavorativa maschile e del 75% di quella femminile







centro de ergonomía aplicada




## La revisione dell'equazione


**Distanza Orizzontale**      Valore minimo da 15cm a 25cm

**Costante Peso**      da 40Kg a 23Kg

**Moltiplicatore della frequenza**       $F \leq 4$  sollevamenti/min, criterio psicofisico  
 $F > 4$  sollevamenti/min, criterio fisiologico

Frequency lifts/min	Work duration					
	$\leq 1 \text{ h}$		$\leq 2 \text{ h}$		$\leq 8 \text{ h}$	
	$V < 75$	$V \geq 75$	$V < 75$	$V \geq 75$	$V < 75$	$V \geq 75$
0.2	1.00	1.00	0.95	0.95	0.85	0.85
0.5	0.97	0.97	0.92	0.92	0.81	0.81
1	0.94	0.94	0.88	0.88	0.75	0.75
2	0.91	0.91	0.84	0.84	0.65	0.65
3	0.88	0.88	0.79	0.79	0.55	0.55





## La revisione dell'equazione

**Moltiplicatore Distanza Verticale**     Adattato affinché:  
 Quando  $V=0\text{cm}$  o  $V=150\text{cm}$   
 Riduzione del peso raccomandato dal 30% (originale) al 22,5% (aggiornato)

**Moltiplicatore Spostamento Verticale**     Adattato affinché :  
 Riduzione massima del peso raccomandato dal 26% (originale) al 15% (aggiornato)

**Nuovi Moltiplicatori**     ✓ Asimmetria  
 ✓ Qualità della presa (coupling)

international ergonomics school

## La revisione dell'equazione

	1981 Equation	1991 Equation
LC	40 kg	23 kg
HM	15 / H	25 / H
VM	$1 - 0,004 \times \text{abs}(V-75)$	$1 - 0,003 \times \text{abs}(V-75)$
DM	$0,7 + 7,5/D$	$0,82 + 4,5/D$
FM	$1 - F/F_{\text{max}}$	Table
AM	-	$1 - 0,0032 \times A$
CM	-	1; 0,95 or 0,9

international ergonomics school




**cenea**  
centro de ergonomía aplicada

## RNLE, il modello matematico

**Lifting Index (LI)**  
o indice di sollevamento :

Peso del carico  
Recommended Weight Limit (RWL)

Load Constant	LC	X	(23Kg)
Horizontal Multiplier	HM	X	[0 , 1]
Vertical Multiplier	VM	X	[0 , 1]
Distance Multiplier	DM	X	[0 , 1]
Asymmetric Multiplier	AM	X	[0 , 1]
Frequency Multiplier	FM	X	[0 , 1]
Coupling Multiplier	CM	X	[0 , 1]

**cenea**  international ergonomics school

**cenea**  
centro de ergonomía aplicada

## Esempio di confronto





Durata: 2 ore continuative  
 Frequenza: 6 sollevam/min

Origine	Destinazione
V = 70cm	V = 105 cm
H = 45	H = 50cm

	1981 Equation	1991 Equation
AL	5,8Kg	RWL
MPL	17,3Kg	4,9Kg

**cenea**  international ergonomics school







## RNLE, interpretazione

**Lifting Index (LI):**  $\frac{\text{Peso del carico}}{\text{Recommended Weight Limit (RWL) o limite di peso raccomandato}}$

LI < 1	Accettabile.
LI ≥ 1	Aumento del rischio di lombalgie correlate al sollevamento di carichi per alcune categorie di lavoratori

Sono stati abrogati i provvedimenti amministrativi orientati principalmente ad una adeguata selezione del personale.  
Gli interventi proposti sono organizzativi, volti a ridurre i tempi di esposizione e/o la frequenza, e ingegneristici, di miglioramento della postura e dei movimenti richiesti.







## La RNLE


Come valutare la variabilità nei sollevamenti (manuale del 1994):

**Composite Lifting Index (CLI) o indice di sollevamento composto**


- 1) Calcolare il LI di ciascun compito parziale, compresa la frequenza parziale, misurandone il peso medio
- 2) Ordinare i valori di LI, denominando **1** quello massimo e **n** quello minimo
- 3) Calcolare il FIL di ciascun compito parziale, compresa la frequenza parziale, misurandone il peso massimo
- 4) Calcolare il CLI:

$$CLI = LI_1 + \sum \Delta LI$$
$$\Delta LI = FIL_{i-1} \times (1/FM_{i,i+1} - 1/FM_i)$$






centro de ergonomía aplicada




## RNLE campo di applicazione


In summary, the Revised NIOSH Lifting Equation does not apply if any of the following occur:

- ◆ Lifting/lowering with one hand
- ◆ Lifting/lowering for over 8 hours
- ◆ Lifting/lowering while seated or kneeling
- ◆ Lifting/lowering in a restricted work space
- ◆ Lifting/lowering unstable objects
- ◆ Lifting/lowering while carrying, pushing or pulling
- ◆ Lifting/lowering with wheelbarrows or shovels
- ◆ Lifting/lowering with *high speed* motion (faster than about 30 inches/second)
- ◆ Lifting/lowering with unreasonable foot/floor coupling (< 0.4 coefficient of friction between the sole and the floor)
- ◆ Lifting/lowering in an unfavorable environment (i.e., temperature significantly outside 66-79° F (19-26° C) range; relative humidity outside 35-50% range)




international ergonomics school





centro de ergonomía aplicada



## RNLE impatto

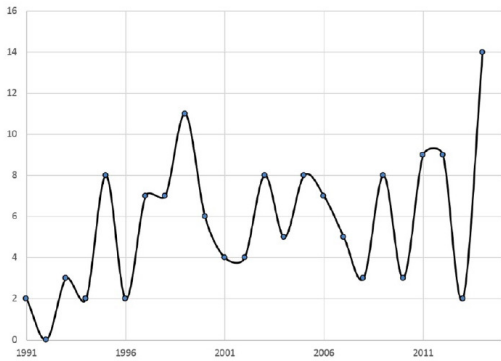




Figure 1. Number of documents (N= 137) relevant to the RNLE from January 1, 1991–December 31, 2014



[Lu et al., 2016]

Sono stati individuati 13 studi che mettono in relazione LI/CLI con l'insorgenza di lombalgie quale effetto avverso. Questi studi mostravano una correlazione tra l'entità di LI/CLI e la gravità degli effetti avversi.





international ergonomics school





## RNLE impatto

Type	Number	Percentage (%)
Journal articles	96	70.1
Conference proceeding papers	23	16.8
Government documents	9	6.6
Book chapters	5	3.6
Trade magazines	2	1.5
Guideline document	1	0.7
Journal letter	1	0.7
Total	137	100.0

[Lu et al., 2016]

Sono stati individuati 13 studi che mettono in relazione LI/CLI con l'insorgenza di lombalgie quale effetto avverso. Questi studi mostravano una correlazione tra l'entità di LI/CLI e la gravità degli effetti avversi.







## Grazie Tom



**Grazie per l'attenzione!**



