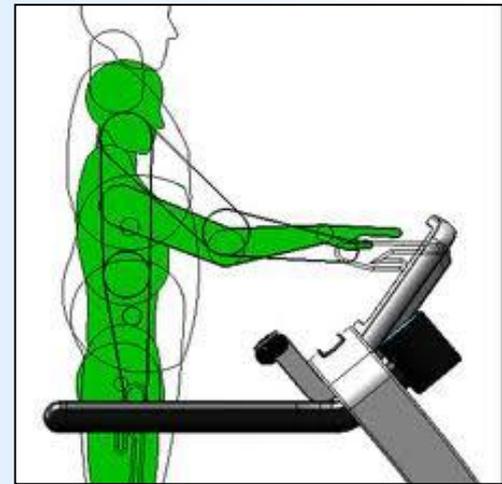


LEGNAGO 26 maggio - 10 giugno  
La gestione del rischio da sovraccarico biomeccanico del rachide e dei lavoratori con problemi di idoneità.

**Nozioni di biomeccanica del rachide  
Il rischio da sovraccarico  
biomeccanico del rachide e gli effetti  
sulla colonna**



**Stefano Maso**



**Università degli Studi di Padova**

**U.O.C. di Medicina Preventiva e Valutazione del Rischio**

# *biomeccanica*

Branca della bioingegneria che applica le leggi della fisica allo studio del movimento e dell'equilibrio umano e animale, indagando contemporaneamente sul comportamento e le proprietà (per es., resistenza meccanica dei tessuti) degli organi preposti a tale scopo.

Trova applicazione nello sport, dove viene usata per migliorare le prestazioni ottenibili dagli atleti, nella medicina, particolarmente in ortopedia e settori collegati, dove viene usata per studiare le cause di lesioni caratteristiche di discipline sportive diverse, incidenti automobilistici ecc., **e nell'industria, per migliorare schemi di lavoro e macchinari in funzione delle esigenze dell'organismo umano.**

# IL LABORATORIO DI BIOMECCANICA

Grandi spazi di camminamento equipaggiati con moderne tecnologie di *motion capturing* (MoCap).

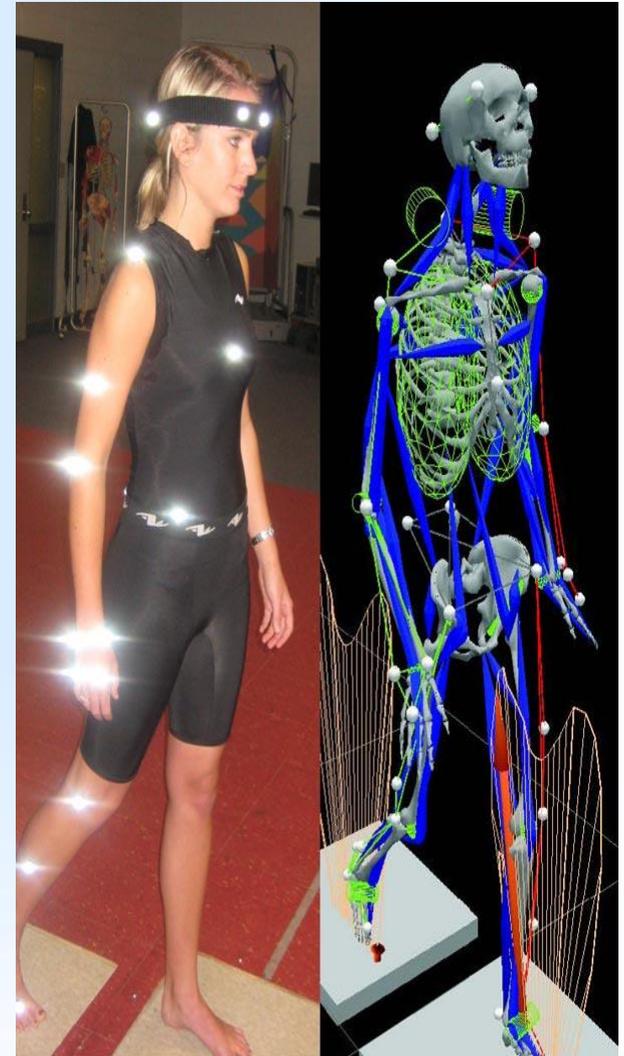


# COSA POSSIAMO TROVARE

- Un sistema per l'acquisizione del movimento.
- Tapis-roulant con misuratore di forza
- Cyclette con misuratore di forza
- Dinamometro isocinetico
- Acceleratori uniassiali, triassiali
- Elettromiografia di superficie

# SISTEMA OTTICO PER L'ACQUISIZIONE DEL MOVIMENTO

- Un sistema fotogrammetrico per l'acquisizione del movimento: sistema di più telecamere che sono inoltre in grado di emettere luce (rossa, infrarossa o near-infrared) e di marcatori (piccole sfere) di materiale riflettente.
- Un esecutore indossa marcatori in prossimità delle articolazioni per identificare il movimento dalle posizioni o dagli angoli tra i marcatori.

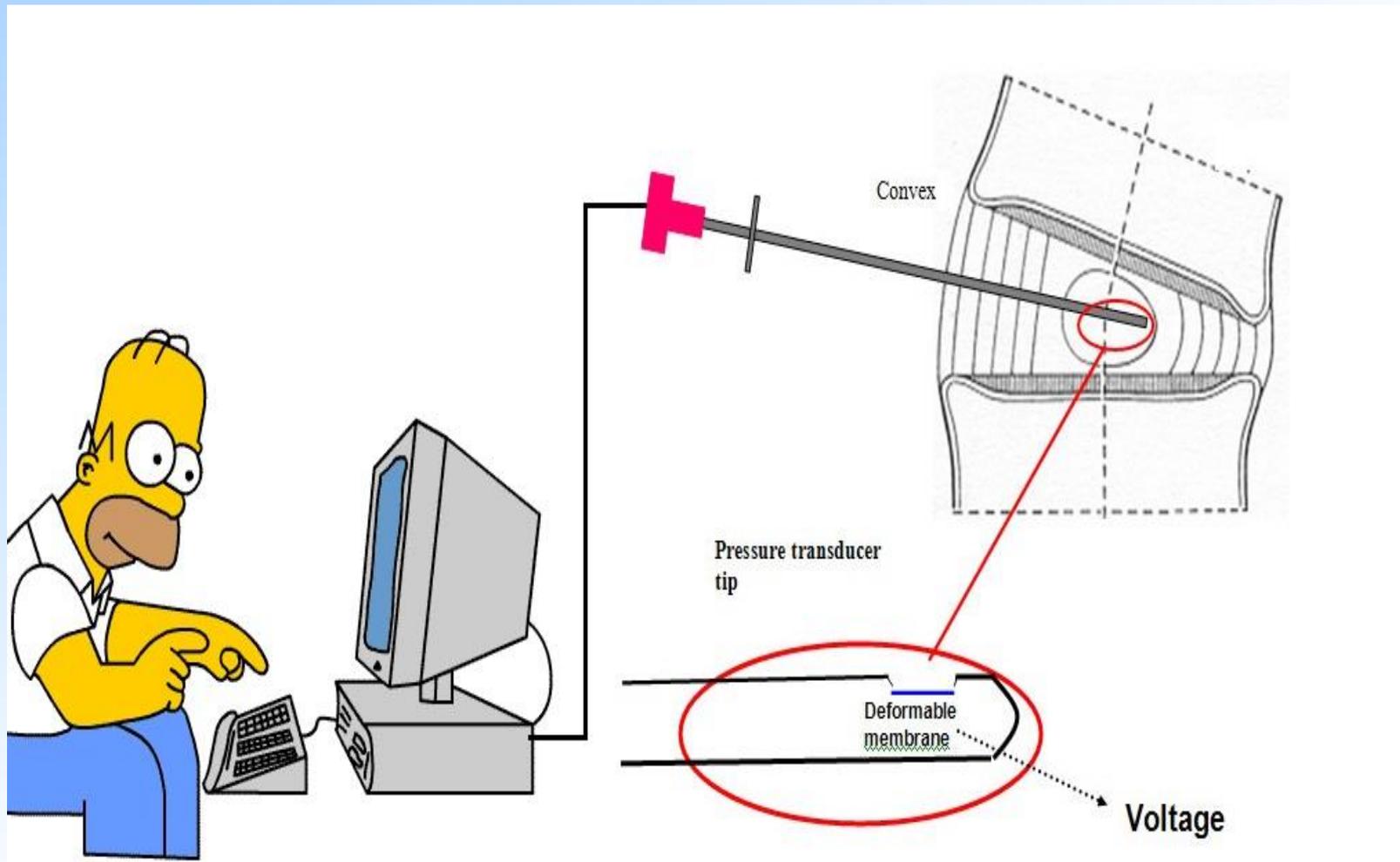


# SISTEMI NON OTTICI PER L'ACQUISIZIONE DEL MOVIMENTO

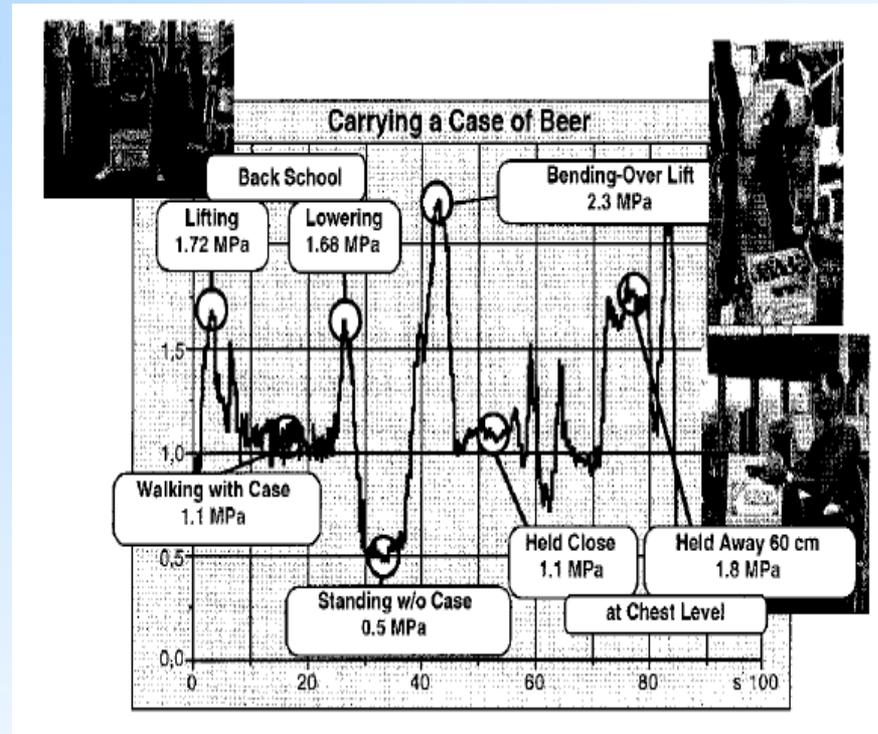
- **Mechanical Motion**: sono essenzialmente degli esoscheletri. Strutture rigide di metallo rettilineo, snodato o barre in plastica con potenziometri incorporati che si collegano alle articolazioni del corpo.
- **Sistemi magnetici**: calcolano la posizione e l'orientamento del flusso magnetico relativo delle tre bobine ortogonali sia sul trasmettitore e ciascun ricevitore
- **MoCap a tecnologia a inerziale**: basata su **sensori inerziali** miniaturizzati, modelli biomeccanici e algoritmi di fusione sensoriale. I dati di movimento dei sensori inerziali è trasmesso in modalità wireless a un computer, in cui il movimento viene registrato e visualizzato. La maggior parte dei sistemi inerziali usano giroscopi per misurare i tassi di rotazione. Queste rotazioni sono tradotti in uno scheletro nel software



# MISURAZIONE DIRETTA DELLA PRESSIONE DISCALE

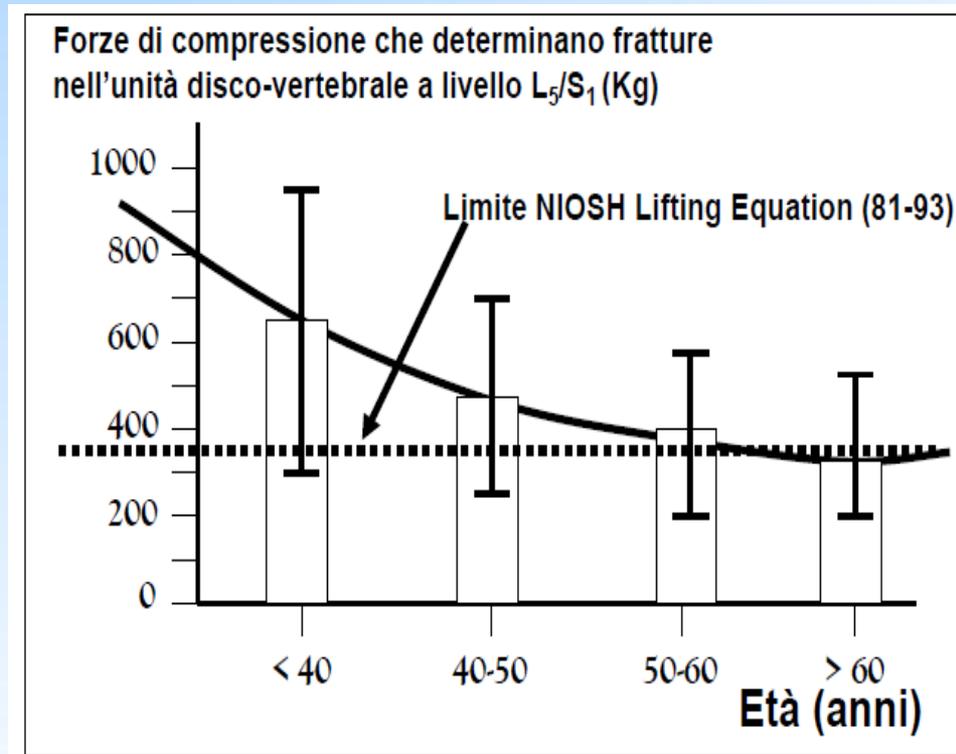


# Pressione nel disco L4/L5 Movimentazione Manuale di carichi



New In Vivo Measurements of Pressures in the Intervertebral Disc in Daily Life, Wilke et al, 1999

# Valori medi ed ambito di variazione delle forze di compressione che determinano fratture nelle unità funzionali lombari, per classe d'età



**Descrizione dei metodi osservazionali presi in esame (Takala et al., 2010).**

**Fattori valutati dal metodo: Posture (P), Forza (F), Durata (D), Frequenza delle azioni (Fr), Movimenti (M) e Vibrazioni (Vib). (NIOSH= National Institute for Occupational Safety and Health; TLV: Valore Limite di Soglia; MMC= Movimentazione Manuale dei Carichi)**

<b>Metodo e anno di prima pubblicazione</b>	<b>Fattori valutati</b>	<b>Metrica</b>	<b>Strategia di osservazione</b>	<b>Modalità di registrazione</b>
<b>Equazione del NIOSH, 1981 (revisione 1991)</b>	P, F, D, Fr	Modello moltiplicativo; determina un indice di rischio	Non vengono fornite regole precise per l'osservazione	<b>Carta e penna (o informatizzato)</b>
<b>Arbouw, 1997</b>	P, F, D, Fr	Il rischio è definito da tabelle secondo un approccio a semaforo a 3 livelli	Non vengono fornite regole precise per l'osservazione	<b>Carta e penna</b>
<b>Code of practice della Nuova Zelanda per la movimentazione manuale dei carichi, 2001</b>	P, F, D, Fr	Indice somma dei punteggi associati alle variabili considerate più significative, pesato per la durata e frequenza dell'esposizione	Diagramma di flusso; compiti per i quali si è evidenziato a livello preliminare un pericolo di MMC	<b>Carta e penna</b>
<b>Manual handling assessment charts (MAC), 2002</b>	P, F, Fr	Indice somma dei punteggi associati ai diversi fattori valutati	In funzione della conoscenza generale dell'attività lavorativa	<b>Carta e penna (videoriprese)</b>
<b>Checklist dello Stato di Washington, 2000</b>	P, F, D, Fr	Valore limite di sollevamento ottenuto mediante applicazione di moltiplicatori	Sollevamento peggiore e più frequente (medio)	<b>Carta e penna</b>
<b>Manual tasks risk assessment (ManTRA), 2004</b>	P, F, D, Fr, Vib	Indice somma dei punteggi associati a ciascun fattore di rischio	Descritta nello standard australiano (Queensland manual tasks advisory standard)	<b>Carta e penna</b>
<b>TLV dell'ACGIH, 2004</b>	P, F, D, Fr	TLV	Non vengono fornite regole precise per l'osservazione	<b>Carta e penna</b>
<b>Back-Exposure Sampling Tool (BackEst), 2008</b>	P, F, Vib	Frequenza delle variabili	<b>Osservazioni periodiche (campionamenti)</b>	<b>Carta e penna</b>

# Validazione e riproducibilità dei metodi osservazionali presi in esame (Takala et al., 2010)

(- =informazioni insufficienti; NIOSH= National Institute for Occupational Safety and Health)

Metodo e anno di prima pubblicazione	Corrispondenza con un "valido riferimento" <sup>a</sup>	Studi di associazione con i disturbi muscoloscheletrici <sup>b</sup>	Riproducibilità <sup>a</sup> tra osservazioni diverse effettuate dallo stesso operatore (intra- observer)	Riproducibilità <sup>a</sup> tra osservazioni da parte di osservatori diversi (inter- observer)
Equazione del NIOSH, 1981 (revisione 1991)	.	X	-	-
Arbouw, 1997	Moderata (equazione di sollevamento del NIOSH)	-	-	-
Code of practice della Nuova Zelanda per la movimentazione manuale dei carichi, 2001	-	-	-	-
Manual handling assessment charts (MAC), 2002	-	-	Da moderata a buona	Da moderata a buona
Checklist dello Stato di Washington, 2000	Moderata (equazione di sollevamento del NIOSH)	X	-	Moderata
Manual tasks risk assessment (ManTRA), 2004	-	-	-	-
TLV dell'ACGIH, 2004	Moderata (equazione di sollevamento del NIOSH)	-	-	-
Back-Exposure Sampling Tool (Back Est), 2008	Da bassa a moderata (parametri misurabili)	-	-	Moderata

<sup>a</sup> Corrispondenza con un "valido riferimento"/Riproducibilità: Buona, Moderata, Bassa

<sup>b</sup> Studi di associazione con i disturbi muscolo scheletrici: X=associazione in studi trasversali.

Metodo	Punti di forza	Limiti principali	Regole per la valutazione	Potenziali utilizzatori
<b>Equazione del NIOSH</b>	Ben documentato e testato in numerosi studi di laboratorio. Solido retroterra basato su studi scientifici. Indice correlato al rischio per la salute del rachide. Strumenti di calcolo disponibili in internet	Molte limitazioni pratiche per l'utilizzo. Richiede numerose misure tecniche e calcoli che aumentano il tempo necessario per completare la valutazione	Precisi valori di soglia cui corrispondono azioni da intraprendere	E, R
<b>Arbouw</b>	Consente di valutare azioni di: sollevamento, trasporto, traino e spinta	L'applicazione non richiede molto tempo, ma non fornisce molte informazioni dettagliate	Precisi valori di soglia cui corrispondono azioni da intraprendere	E
<b>Code of practice della Nuova Zelanda per la movimentazione manuale dei carichi</b>	Fornisce informazioni sui fattori di rischio e sulle possibili soluzioni; considera molti fattori importanti come le dimensioni e la forma del carico e le caratteristiche del pavimento (ad es scivoloso)	L'osservatore deve prendere molte decisioni avendo a disposizione regole generali	Precisi valori di soglia cui corrispondono azioni da intraprendere	E
<b>Manual handling assessment charts (MAC)</b>	Relativamente semplice e facile da utilizzare. Ben descritta procedura per la valutazione	Valuta solo compiti singoli di sollevamento/trasporto, non si applica a compiti multipli. Considera la frequenza, ma non la durata del sollevamento	Approccio a semaforo a quattro livelli cui corrisponde una diversa priorità nelle azioni da intraprendere	E, L (?)

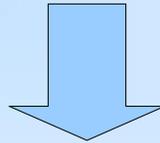
Aspetti pratici connessi all'utilizzo dei metodi osservazionali presi in esame (Takala et al., 2010). (R= ricercatori; E= esperti (professionisti/ergonomi); L=lavoratori/supervisor; -= informazioni insufficienti; ?= non chiaro; NIOSH= National Institute for Occupational Safety and Health)

Metodo	Punti di forza	Limiti principali	Regole per la valutazione	Potenziali utilizzatori
Checklist dello Stato di Washington	<b>Semplice, veloce, prende in considerazione molti fattori di rischio e la relativa durata e frequenza</b>	<b>Adatto come metodo di screening</b>	<b>Regole decisionali chiare</b>	E, L (?)
<b>Manual tasks risk assessment (ManTRA)</b>	Veloce e semplice da usare. Considera i rischi generali di movimentazione manuali dei carichi (anche la durata e la ripetizione)	La definizione dei criteri non è molto chiara; valutazioni soggettive. Non è chiaro come si devono combinare i compiti multipli per ottenere un livello di esposizione relativo al lavoro nel suo complesso	Propone limiti cui corrispondono diverse priorità e azioni da intraprendere	<b>E, R (?), L (?)</b>
<b>TLV dell'ACGIH</b>	Veloce e semplice da usare	Applicabile a singoli compiti di sollevamento a due mani	Precisi valori limite di soglia	<b>E</b>
<b>Back-Exposure Sampling Tool (BackEst)</b>	<b>Molto semplice. Essendo stato validato rispetto a misure strumentali i risultati del metodo possono essere convertiti in dati tecnici</b>	<b>Richiede molto tempo poiché si fonda su una strategia di osservazione campionaria</b>	-	<b>R</b>

Aspetti pratici connessi all'utilizzo dei metodi osservazionali presi in esame (Takala et al., 2010). (R= ricercatori; E= esperti (professionisti/ergonomi); L=lavoratori/supervisor; -= informazioni insufficienti; ?= non chiaro; NIOSH= National Institute for Occupational Safety and Health)

# MODELLI BIOMECCANICI STATICI IN MEDICINA DEL LAVORO

Il sistema del NIOSH ha preso in considerazione numerosi studi epidemiologici riguardanti le patologie a carico del rachide lombare connesse con attività di MMC.



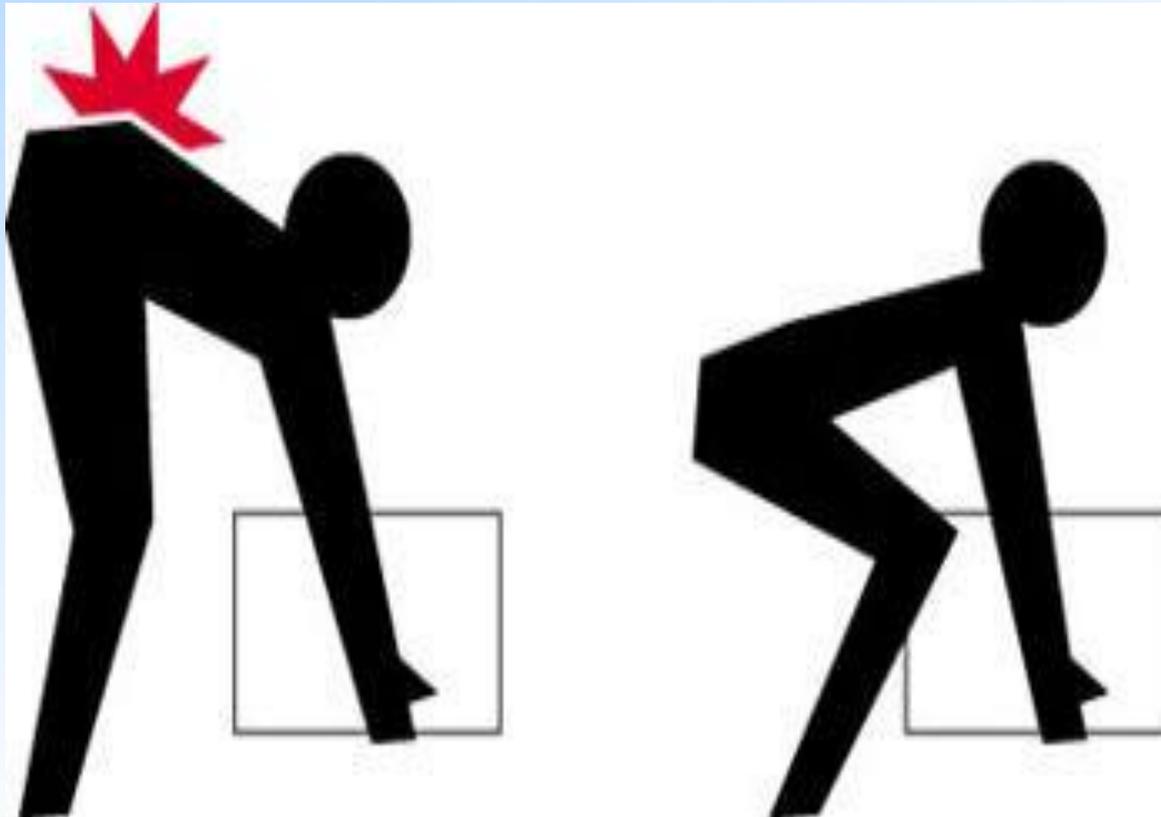
Esiste evidenza di una relazione causale fra patologie lombari e situazioni lavorative caratterizzate da sforzi eccessivi a carico del rachide dovuti a posture scorrette, vibrazioni o eccessivi carichi da movimentare.

Gli studi epidemiologici in oggetto sono stati accompagnati da ricerche di laboratorio al fine di valutare i fattori di rischio associati alle patologie esaminate. **Effettuati studi mediante l'utilizzo di modelli biomeccanici per la valutazione degli sforzi interni sui tessuti, in risposta alle richieste esterne** di attività lavorativa corrispondenti a movimentazione carichi caratterizzate da diverse intensità e spostamenti.

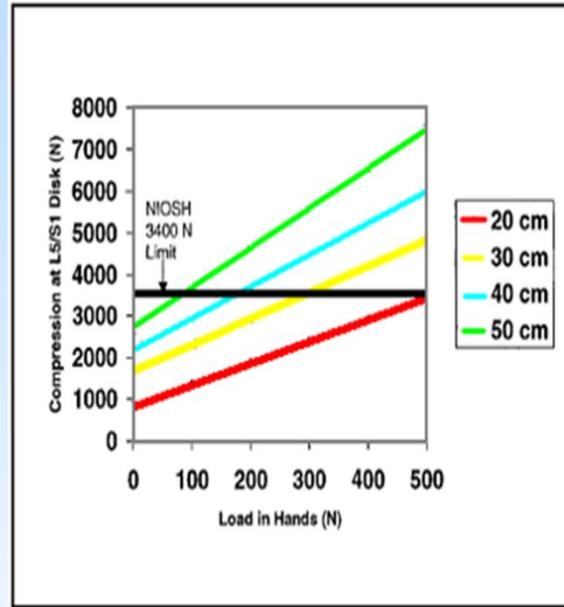
Modelli **cinematici statici** del sistema muscolo-schelerico umano sono stati usati per valutare le capacità di sforzo e le forze compressive sul rachide lombare durante comuni compiti di movimentazione manuale carichi a corpo intero, come, per esempio:

- il sollevamento
- la spinta
- il traino

Anche la flessione in avanti aumenta i momenti meccanici a causa degli effetti del peso del corpo sovrastante il rachide lombare



Forze di compressione agenti a livello del disco intervertebrale L5-S1 in funzione del carico manuale e dello spostamento orizzontale richiesto. In essa viene anche riportato il limite raccomandato dal NIOSH che non deve essere superato dalla corrispondente forza di compressione **(3400 N)**



National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH): Work Practices Guide for Manual Lifting (Report no. 81-122). Cincinnati, OH: NIOSH, 1992.

Questo limite è stato valutato sulla base di evidenze epidemiologiche e biomeccaniche e costituisce uno dei criteri utilizzati per lo sviluppo dell'equazione di sollevamento del NIOSH

Waters, T.R., V. Putz-Anderson, A. Garg, and L.J. Fine: Revised NIOSH lifting equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics* 36:749–776, 1993

Fra le varie argomentazioni si è tenuto in considerazione il fatto che, pur nella grande variabilità delle forze di compressione associate a discopatia, si deve ritenere che **una forza di 3400 N** provochi danni al **21%** dei campioni prelevati da cadaveri. Si ritiene tuttavia che il limite dei 3400N **non sia in grado di tutelare l'intera popolazione dei lavoratori**

A causa del fatto che i modelli statici non considerano forze e momenti sul sistema muscolo-scheletrico dovuti ad accelerazioni o decelerazioni dei carichi esterni e delle masse di parti del corpo durante movimenti altamente dinamici,

essi **possono sottostimare gli sforzi** nelle attività lavorative che coinvolgono movimenti rapidi del corpo

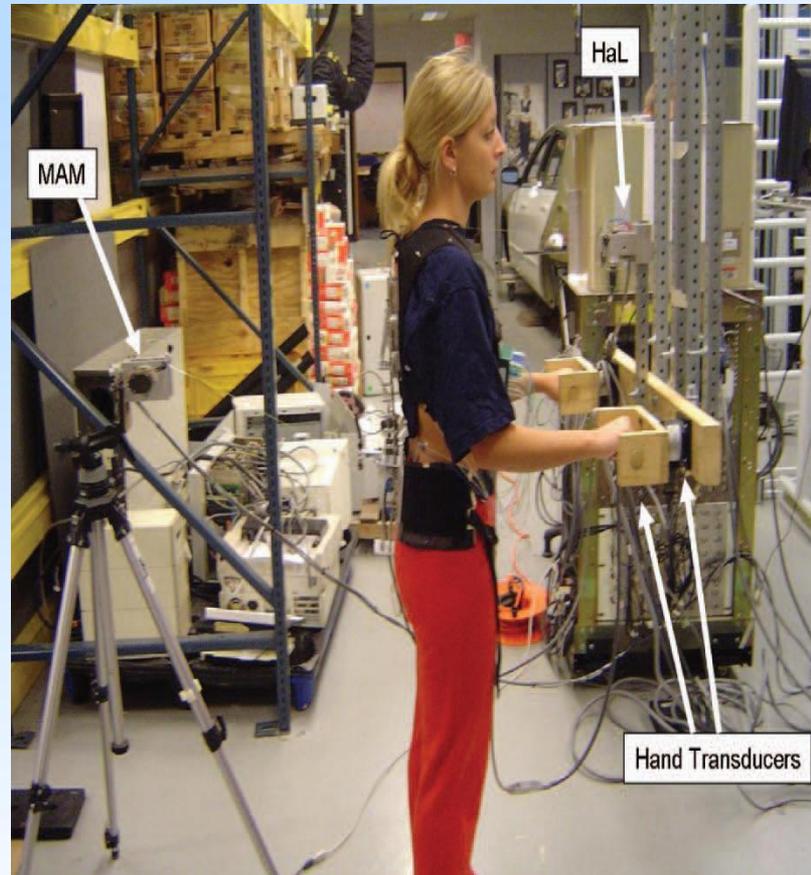
Per analizzare le attività lavorative e le eventuali conseguenze del sovraccarico biomeccanico sul rachide lombare, si dovrà considerare una sinergia di forze esterne che possono indurre danni a carico dell'unità funzionale lombare e quindi considerare:

- .le forze compressive;

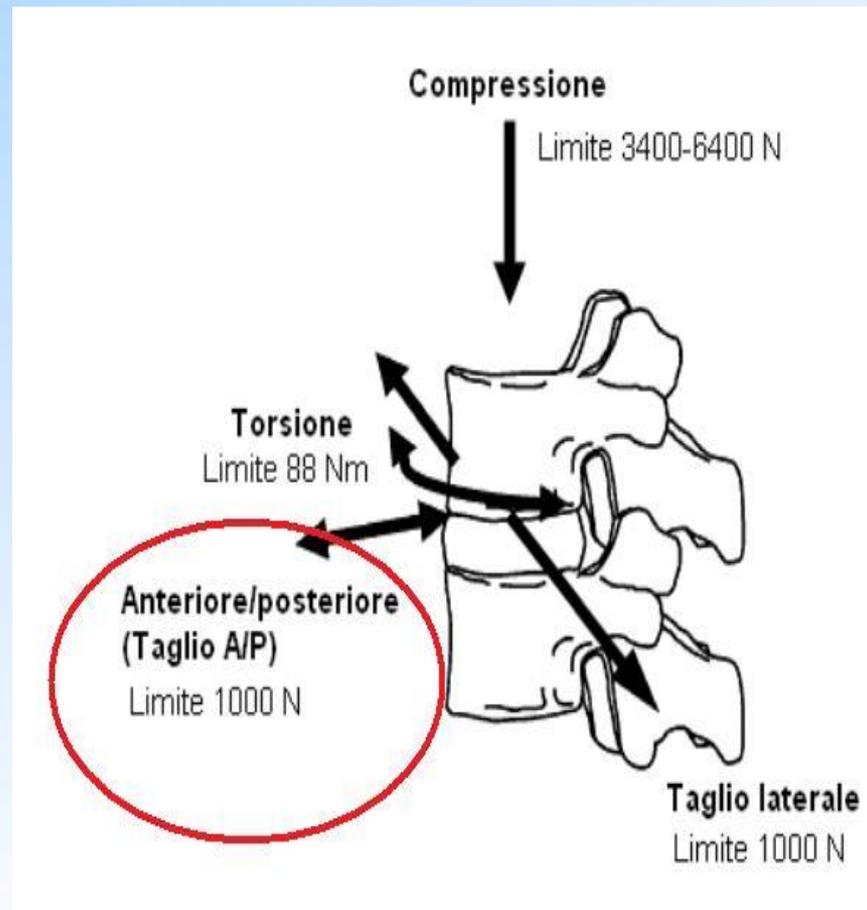
- .le forze di taglio;

- .le eventuali concomitanti presenze di fattori complementari di rischio, ovvero movimenti incongrui (flessione - estensione o torsione) che rappresentano una modifica dei limiti di tolleranza di alcune componenti dell'unità funzionale lombare.

# Analogamente si può procedere con una simile strumentazione alla valutazione della spinta e del traino



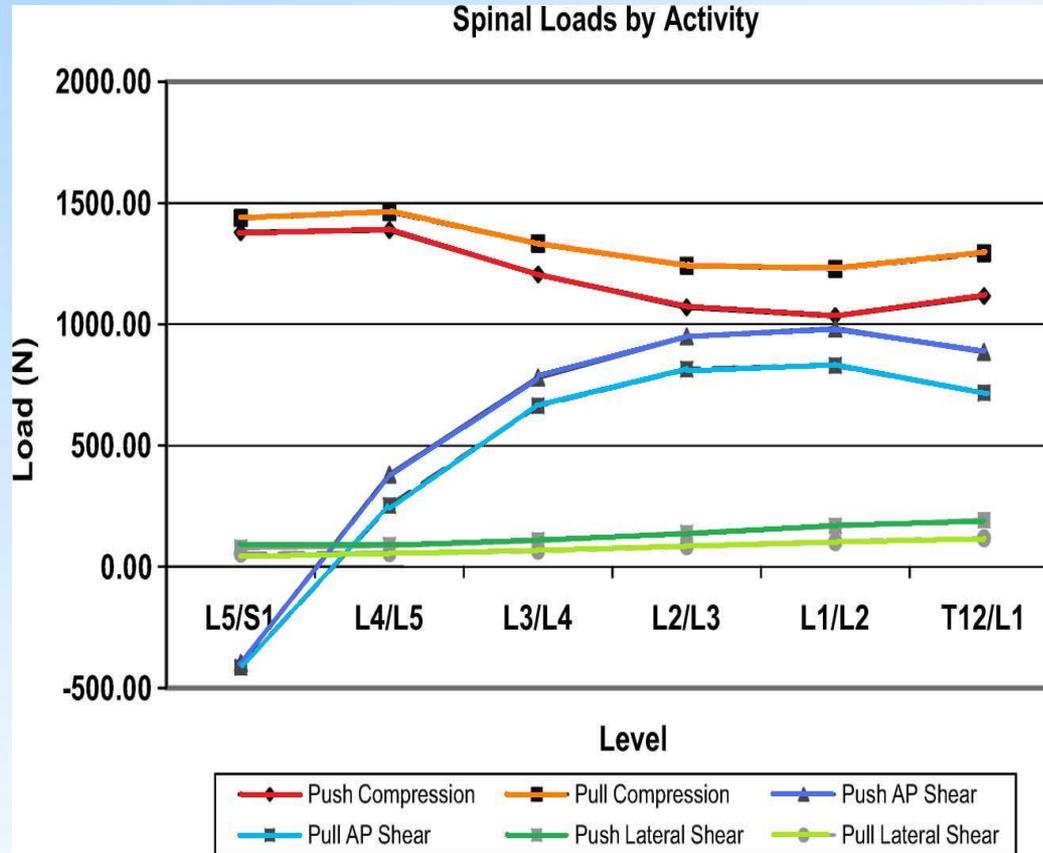
Nello specifico caso della movimentazione con spinta/traino; sono le **forze di taglio antero-posteriore** le più debilitanti per il rachide, rispetto a quelle compressive e a quelle di taglio laterale, in particolare **tra L3-L4 e T12-L1**



# CONCLUSIONI spinta e traino

- La compressione gioca un ruolo importante, ma non significativo
- Il pericolo maggiore è dato dalle forze di taglio A/P, soprattutto a livello della parte alta del tratto lombare (T12-L3)
- **La spinta è potenzialmente più pericolosa del traino** per quanto riguarda le forze di taglio A/P (> 23%)
- Durante la spinta i muscoli flessori (che, in sezione, hanno una piccola area) devono generare una maggiore forza interna

# Forze di compressione, taglio antero-posteriore (A/P) e taglio laterale a ogni livello della colonna lombare in funzione della spinta e del traino



## **Mechanical loading of the low back and shoulders during pushing and pulling activities**

MARCO J. M. HOOZEMANS†, P. PAUL F. M. KUIJER‡, IDSART KINGMA‡,  
JAAP H. VAN DIEËN‡, WIEBE H. K. DE VRIES‡, LUC H. V. VAN DER WOUDE‡,  
DIRK JAN (H.E.J.) VEEGER‡§, ALLARD J. VAN DER BEEK† and  
MONIQUE H. W. FRINGS-DRESEN†\*

†Coronel Institute for Occupational and Environmental Health, AmCOGG  
Amsterdam Centre for Research into Health and Health Care, Academic Medical  
Centre/University of Amsterdam, P.O. box 22700, 1100 DE Amsterdam,  
The Netherlands

‡Institute for Fundamental and Clinical Human Movement Sciences, Faculty  
of Human Movement Sciences, Vrije Universiteit Amsterdam, Van der  
Boechorststraat 9, 1081 BT Amsterdam, The Netherlands

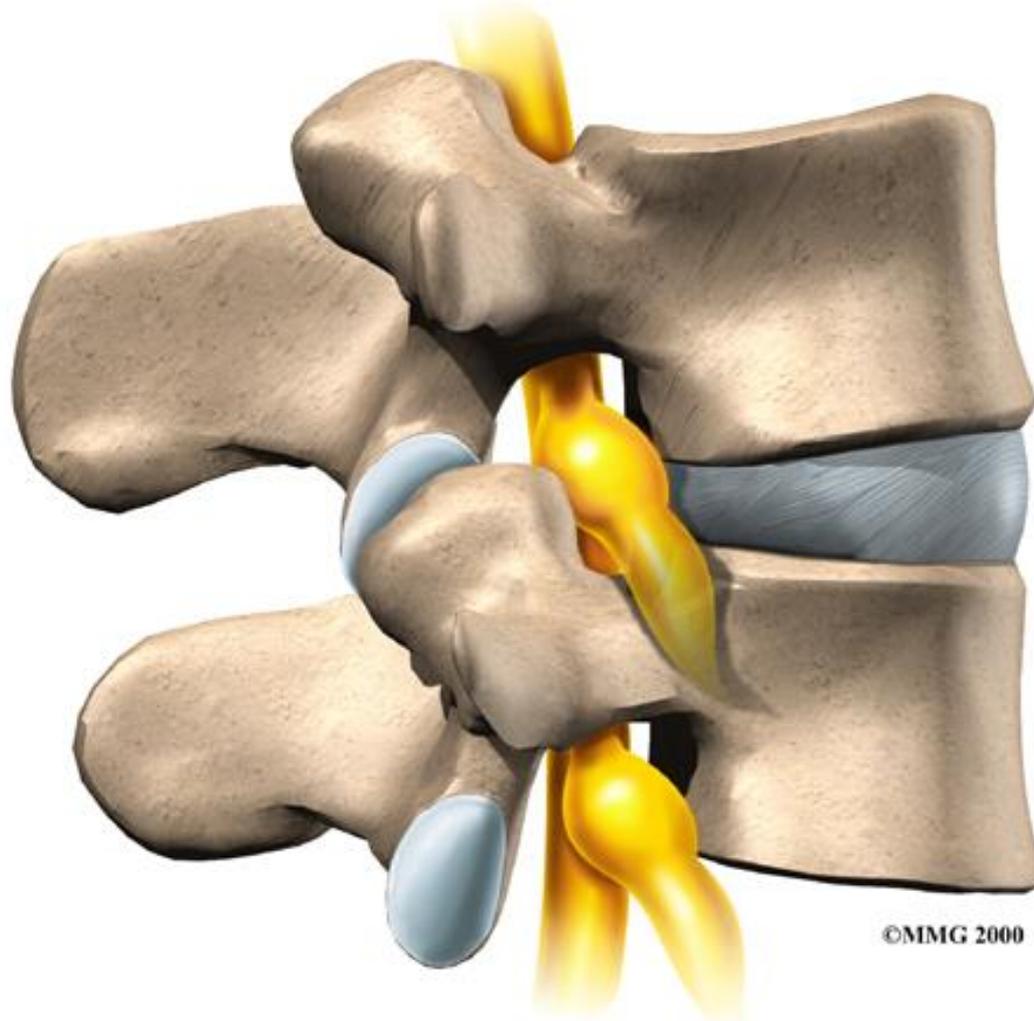
§Man-Machine Systems & Control Group, Department of Mechanical  
Engineering, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands

symmetrical and one handed asymmetrical maximal pulling tasks, which is in contrast to the findings of the present study.

Several studies have reported on compressive and shear forces during pushing and pulling activities (Ayoub and McDaniel 1974, Lee 1982, Chaffin *et al.* 1983, Lee *et al.* 1989, 1991, Andres and Chaffin 1991, Gagnon *et al.* 1992, Kumar 1994, Resnick and Chaffin 1995, Van der Woude *et al.* 1995, Straker *et al.* 1997, Lavender *et al.* 1998). Generally, these studies reported higher compressive forces during pulling compared to pushing, for which there are two explanations. Firstly, net moments at the low back were reported to be higher during pulling (De Looze *et al.* 2000a). Secondly, most studies assume a single equivalent muscle model where net moments are the result of the activity of one muscle, either one back muscle or one abdominal muscle. Therefore, pulling would result in higher compressive forces because the lever arm of the trunk flexors in these models is much larger than the lever arm of the trunk extensors (Kroemer 1974, Andres and Chaffin 1991, Lee *et al.* 1991, Gagnon *et al.* 1992). However, large contrasts are present between the aforementioned studies, and also in relation to the present

# Anatomia del rachide





©MMG 2000

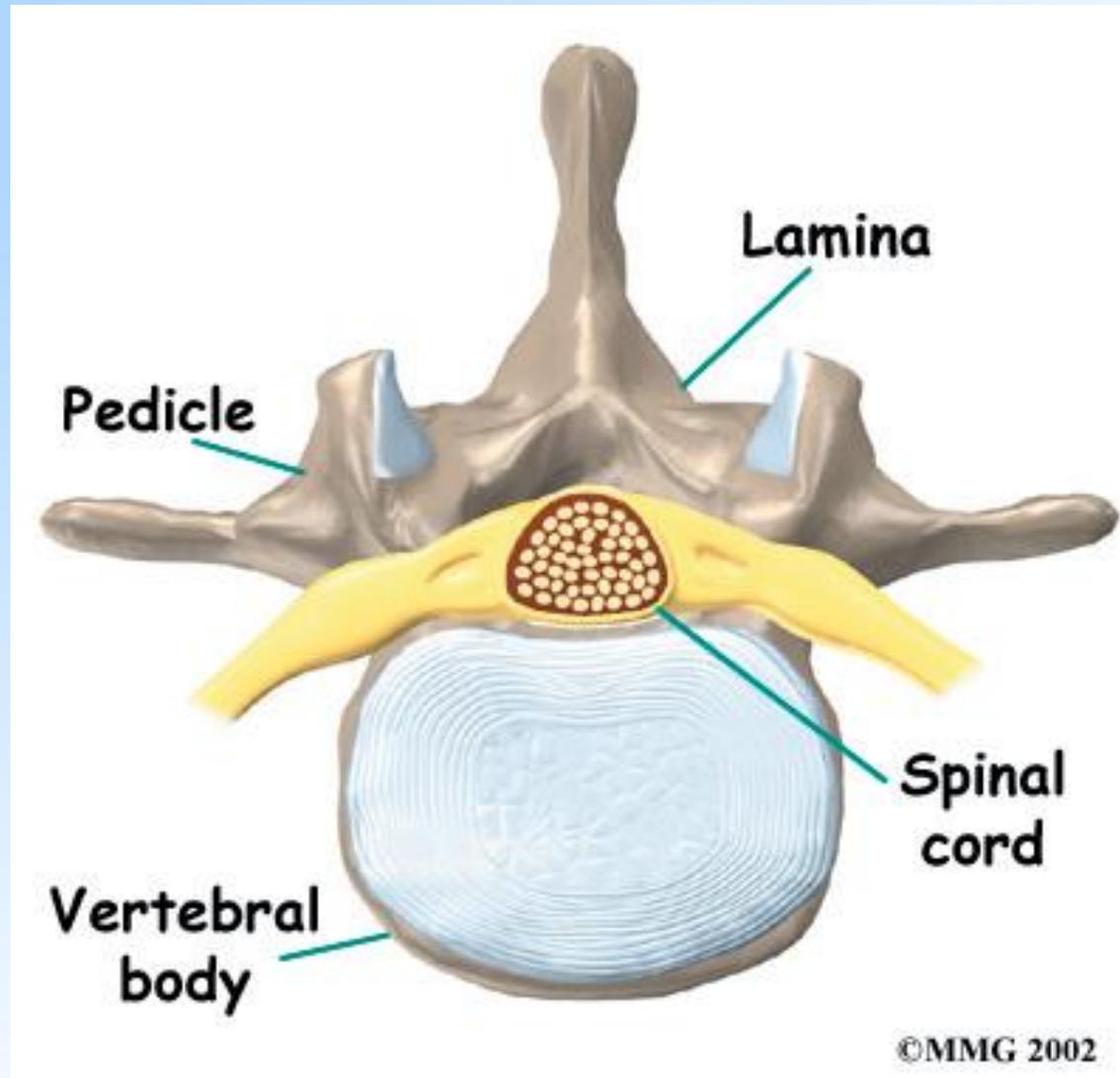
**Il segmento spinale  
include:**

**2 vertebre**

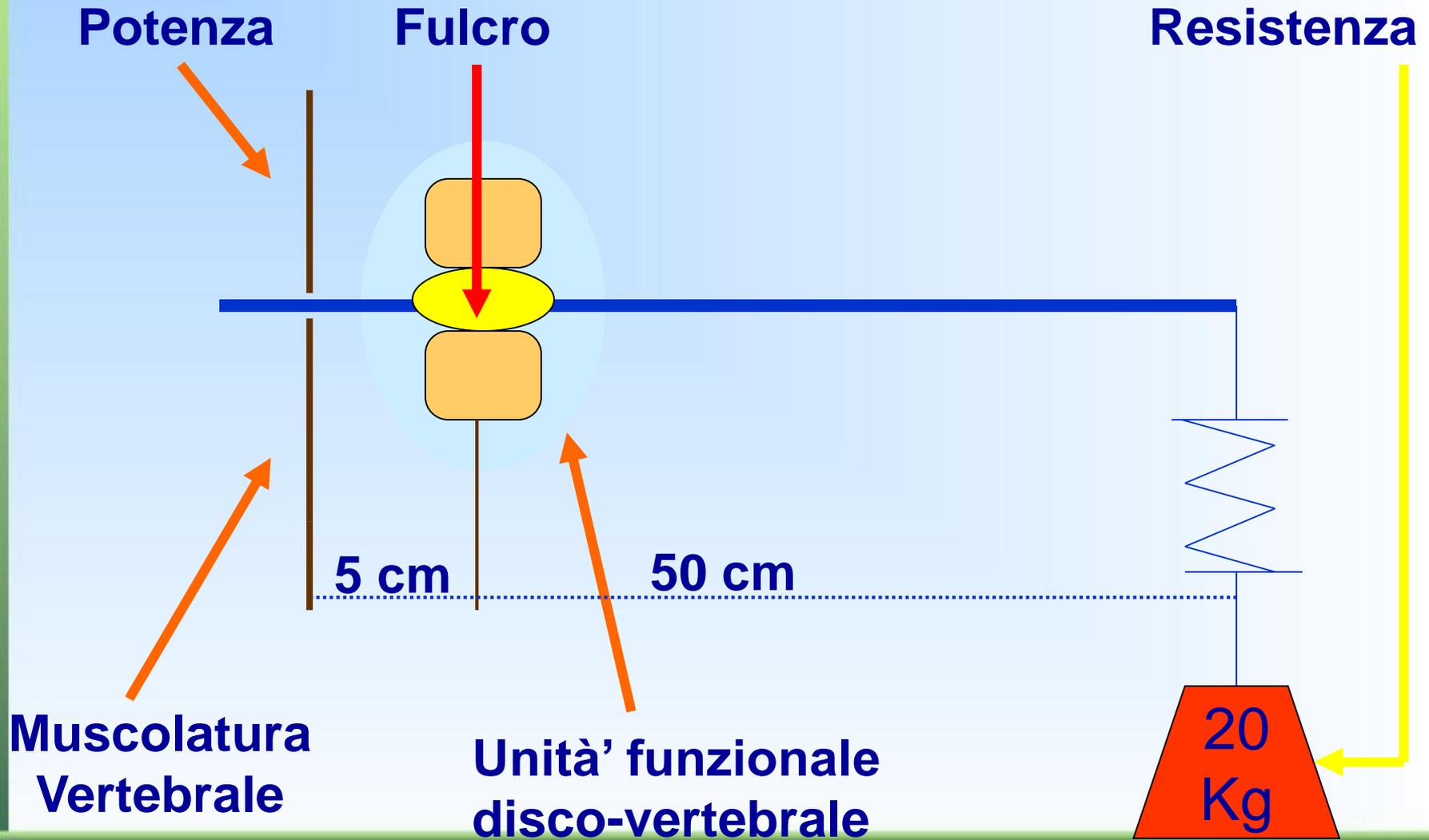
**Disco intervertebrale**

**Radici nervose**

**Faccette articolari**



# Leva di 1° grado



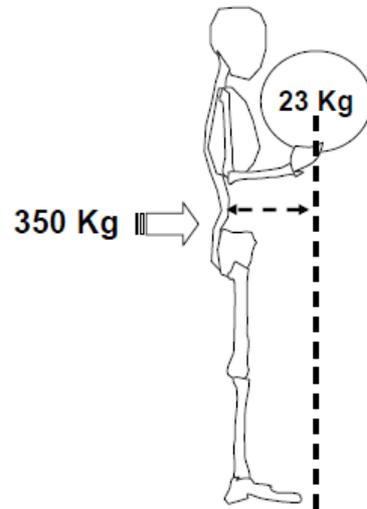
anteriore



posteriore

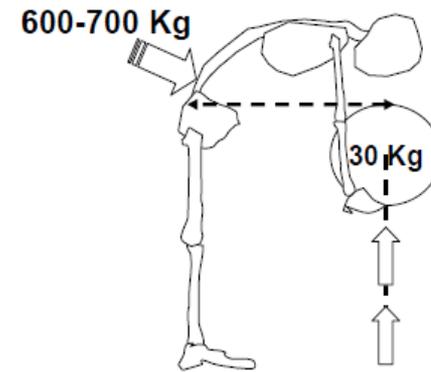
**Limiti di sollevamento e carico sul disco applicando l'equazione NIOSH**

---



**Sollevamento di un peso di 30 Kg da terra a schiena flessa e carico sul disco**

---



addominali tonici riducono pressione intradiscale =30%  
creano una pressione intra-addominale, durante lo sforzo, con diminuzione  
pressione intradiscale;

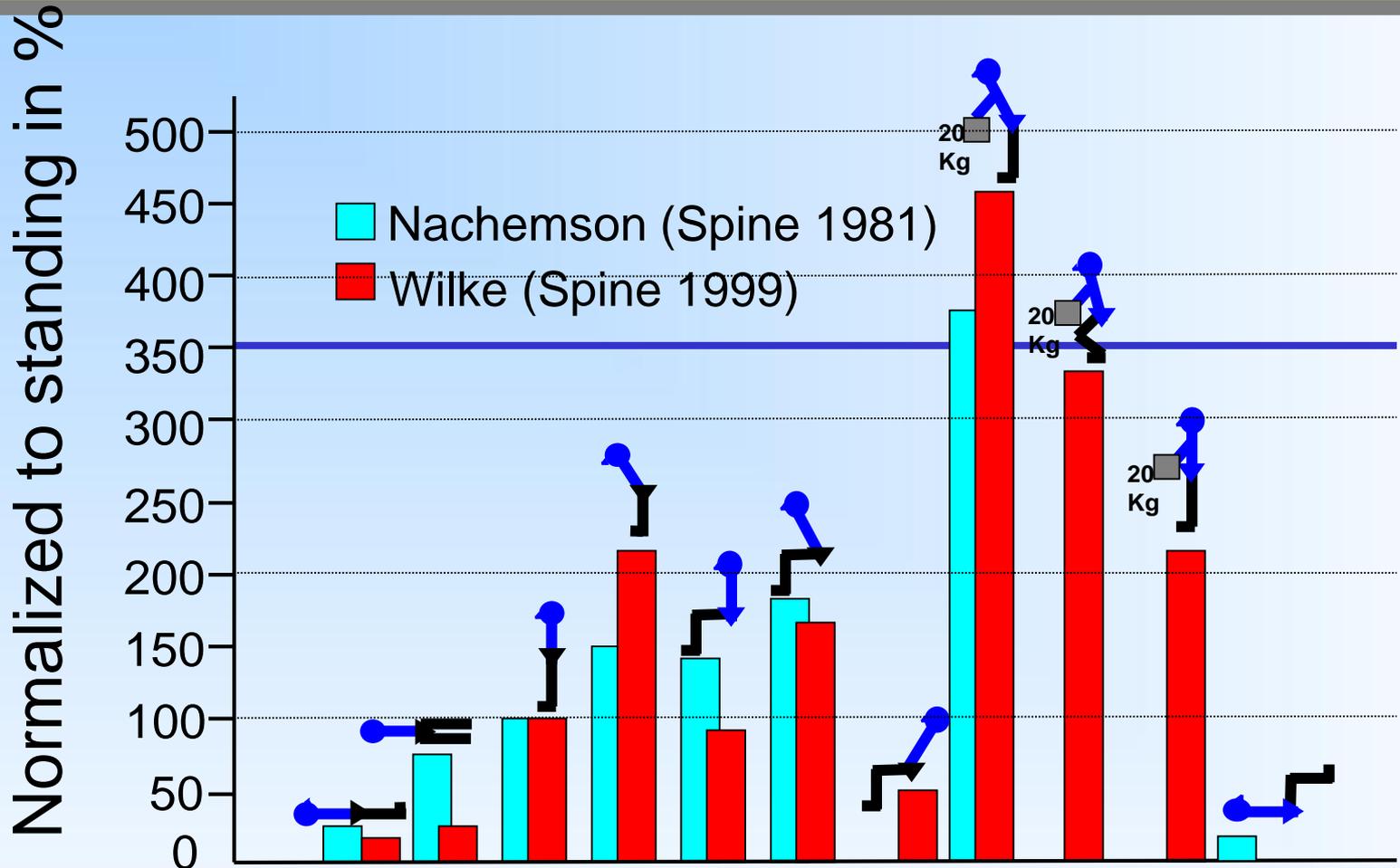
# Limiti di tolleranza statica alle diverse componenti anatomiche del rachide lombare.

STRUTTURE "BERSAGLIO" DEL RACHIDE	TIPO DI FORZA	DANNO DELLA STRUTTURA	LIMITI DI TOLLERANZA CERTI	NOTE
<b>DISCO INTERVERTEBRALE</b>	Forze Compressive	Microfratture disco intervertebrale	da 340 a 700 kg	Sia studi autoptici che biomeccanici
<b>ARTICOLAZIONE POSTERIORE</b>	Forze di Taglio	Alterazioni degenerative dei processi articolari posteriori	100 kg	Limite ad oggi ancora INCERTO
<b>LEGAMENTI</b>	Flessione	Legamenti posteriori		Fattore di rischio complementare
<b>ARCO POSTERIORE + DISCO</b>	Estensione	Può essere danneggiata la parte anteriore dell'anulus		Fattore di rischio complementare
<b>ARCO POSTERIORE + FACCETTE ART. POST.</b>	Torsione	Alterazioni degenerative processi		Fattore di rischio complementare
<b>DISCO INTERVERTEBRALE</b>	Forze Compressive + Flessione	Microfratture parte post anulus- corpo vertebrale	da 110 a 370 kg	Possibile prolasso del disco intervertebrale

Marras WS: The Working Back. John Wiley and Sons, New Jersey, 2008.

# Pressione nel disco L4/L5

## Posture e movimentazione carichi

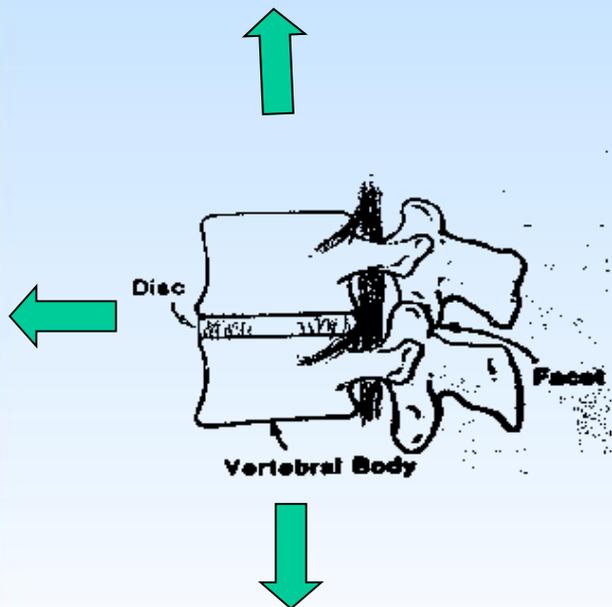


Mov. Manuale Carichi = Nachemson 10 Kg – Wilke 20 Kg

# Conseguenze del Carico sui dischi vertebrali

**Carico lombare fino a 250 kg**

favorisce l'eliminazione delle scorie dal disco;

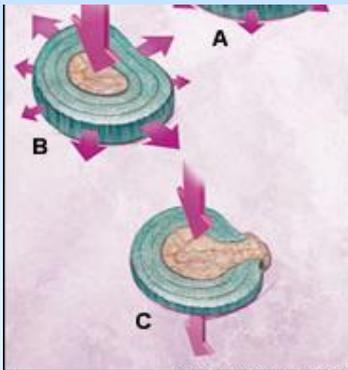


**Solleverare peso di 10 kg a schiena dritta e ginocchia flesse;**

**Carico lombare fino a 250 kg**

# Conseguenze del Carico sui dischi vertebrali

**Carico lombare intenso (>250-650 kg)  
possibili danni alle cartilagini vertebrale, degenerazione del disco;**



© 1999 Scott Bodell

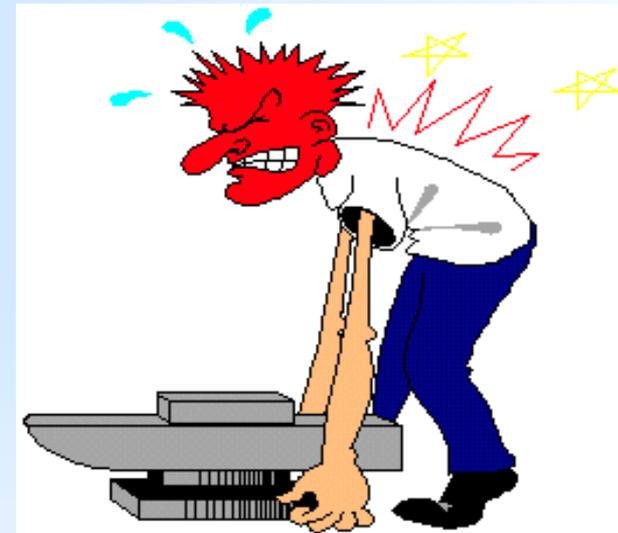
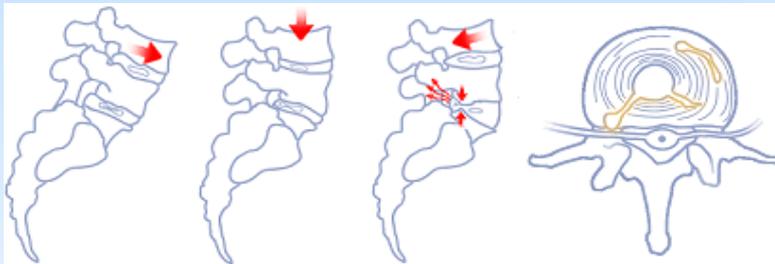
Carico di rottura del nucleo discale varia tra 450-800 Kg!



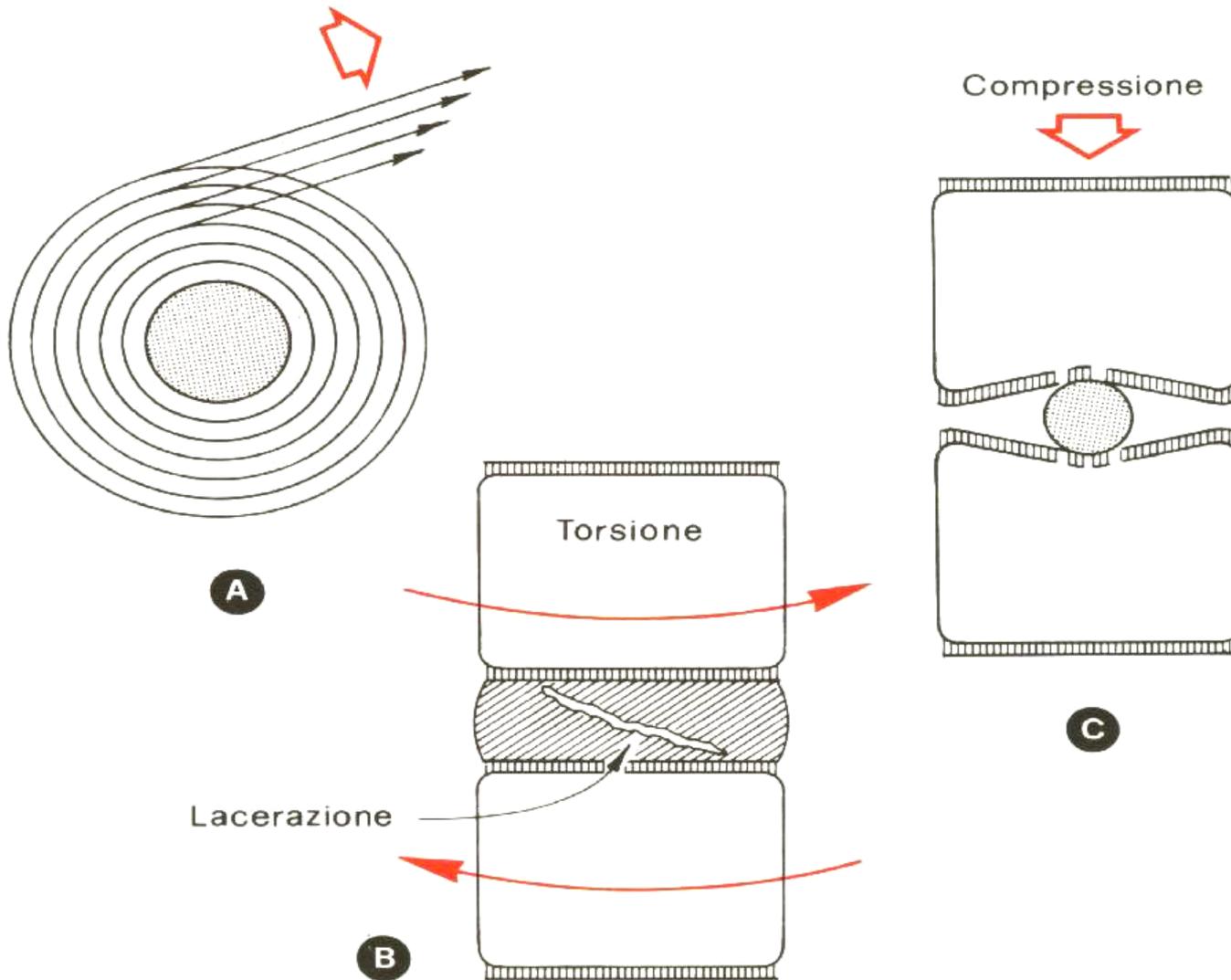
**Solleverare peso di 10 kg con tronco flesso in avanti a 90 gradi;  
Carico lombare di circa 340 kg!**

# Conseguenze del Carico sui dischi vertebrali

**Carico lombare Estremo sopra 650 kg**  
**possibili** microfratture delle cartilagini;



**Solleverare peso di 50 kg a schiena flessa**  
**e gambe dritte;**  
**Carico lombare sopra i 650 kg**



# DISCO INTERVERTEBRALE

## CARATTERISTICHE BIOMECCANICHE

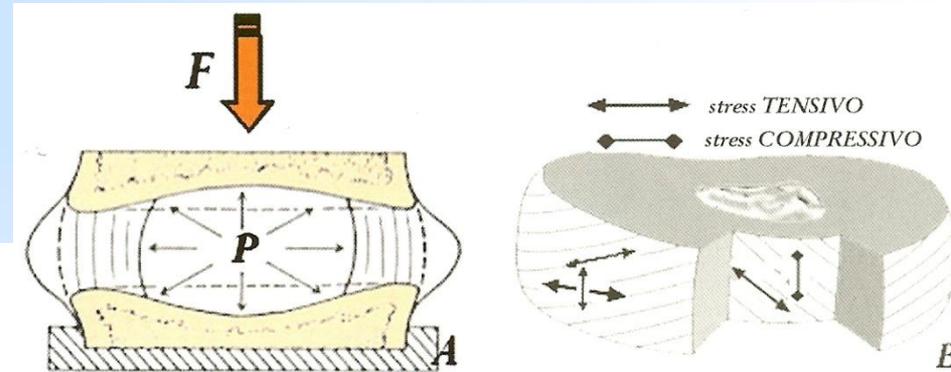
### Compressione assiale

- Il nucleo sopporta il **75%** del carico, l'anello fibroso il **25%**
- Nucleo → **DISTRIBUTORE** di **PRESSIONE**

La pressione al centro del nucleo non è mai nulla

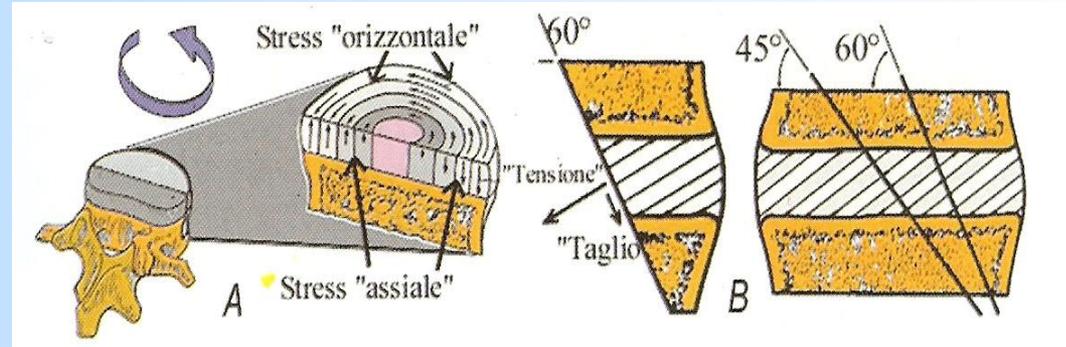
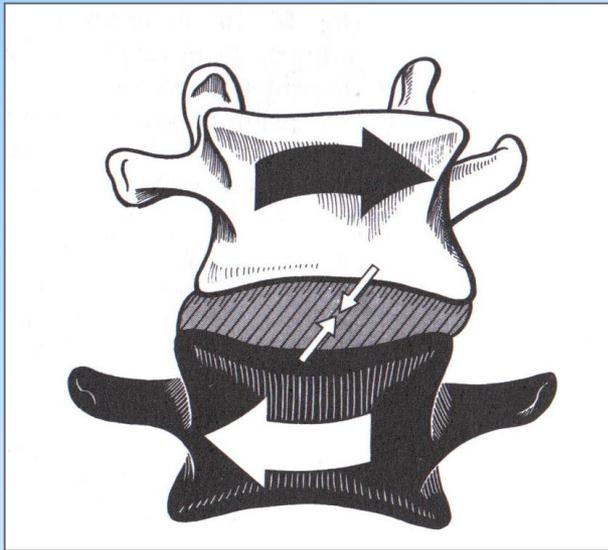


il disco si schiaccia e si allarga.  
Aumenta la pressione interna del nucleo che si trasmette in tutte le direzioni alle fibre più interne dell'anello.



**resistenza in compressione del disco vertebrale superiore a corpo**  
**disco resiste fino a 550 Kg mentre la vertebra resiste fino a 450 Kg**  
**prima di fratturarsi.**

# ROTAZIONE ASSIALE:



Su disco stress su piano orizzontale e assiale

**Nucleo** fortemente compresso.

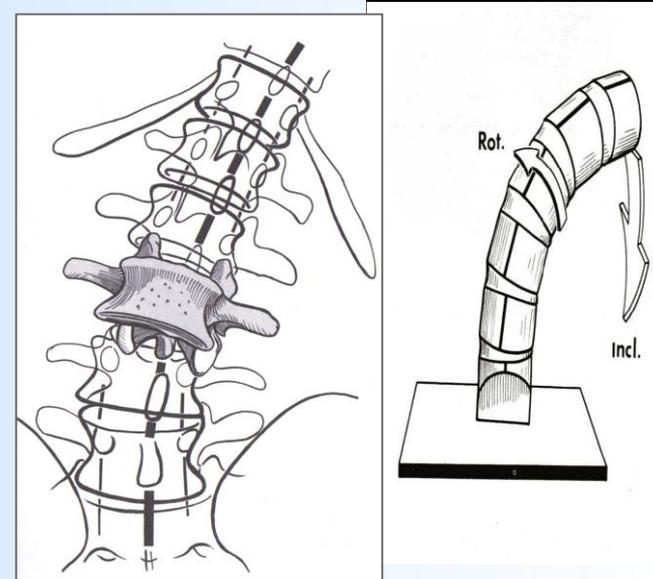
Pressione interna proporzionale al grado di rotazione

**fibre anulus** si tendono con obliquità opposta al movimento strati centrali la tensione è massima, per maggiore obliquità fibre strati intermedi fibre detese

# MOVIMENTI ACCOPPIATI

## Inclinazione laterale con rotazione automatica

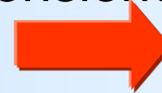
Durante l'inclinazione laterale i corpi ruotano su loro stessi



Corpo vertebrale si sposta verso convessità  
La linea delle spinose si sposta verso la concavità

Questo avviene per 2 motivi:

Messa in tensione dei legamenti

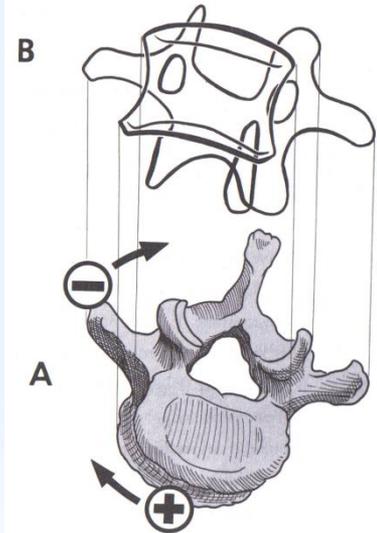


### A) COMPRESSIONE DEI DISCHI

si sposta verso la convessità

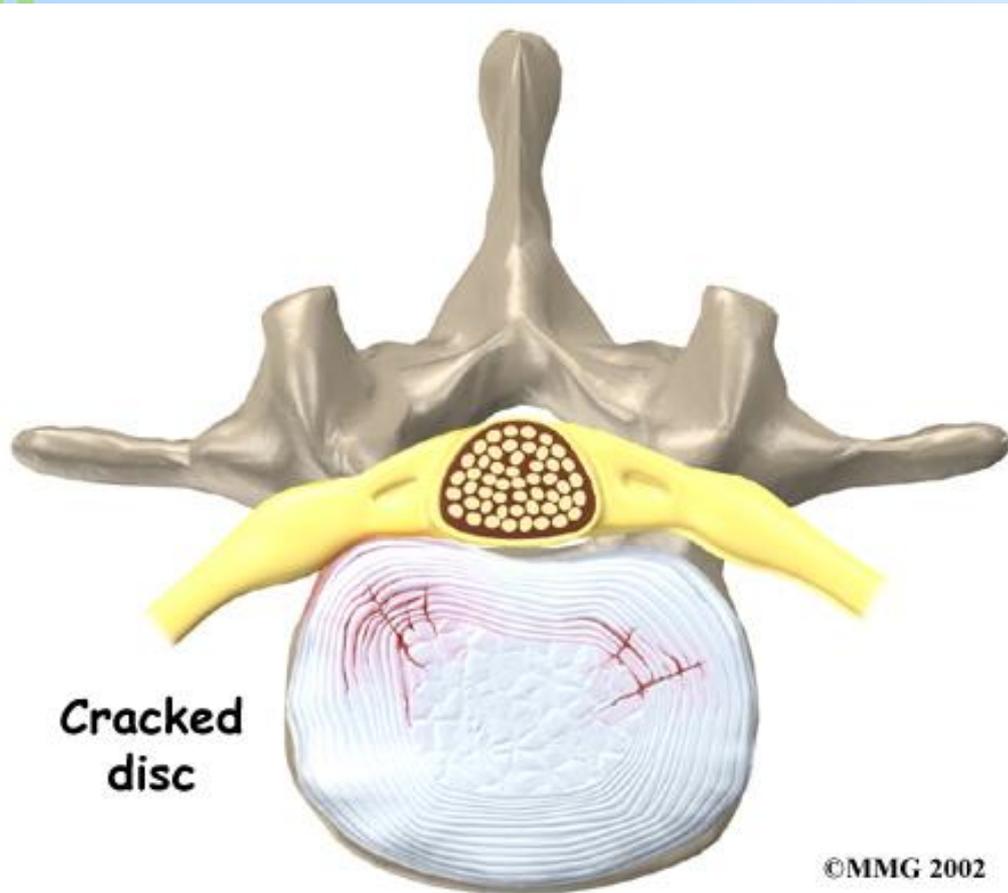
### B) MESSA IN TENSIONE DEI LEGAMENTI

I legamenti posti in tensione dalla flessione laterale si spostano verso la linea mediana



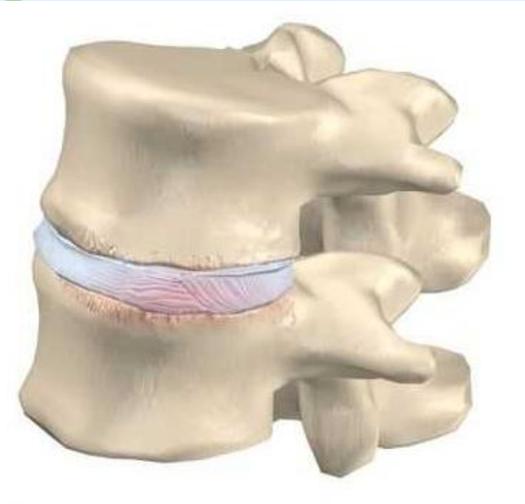
Aumento pressione del disco

Le prime lesioni avvengono a livello dell'anello fibroso con piccole rotture e strappi che vengono riparati mediante la produzione di tessuto fibroso.



Il tessuto fibroso neoformato ha una resistenza minore e non è elastico





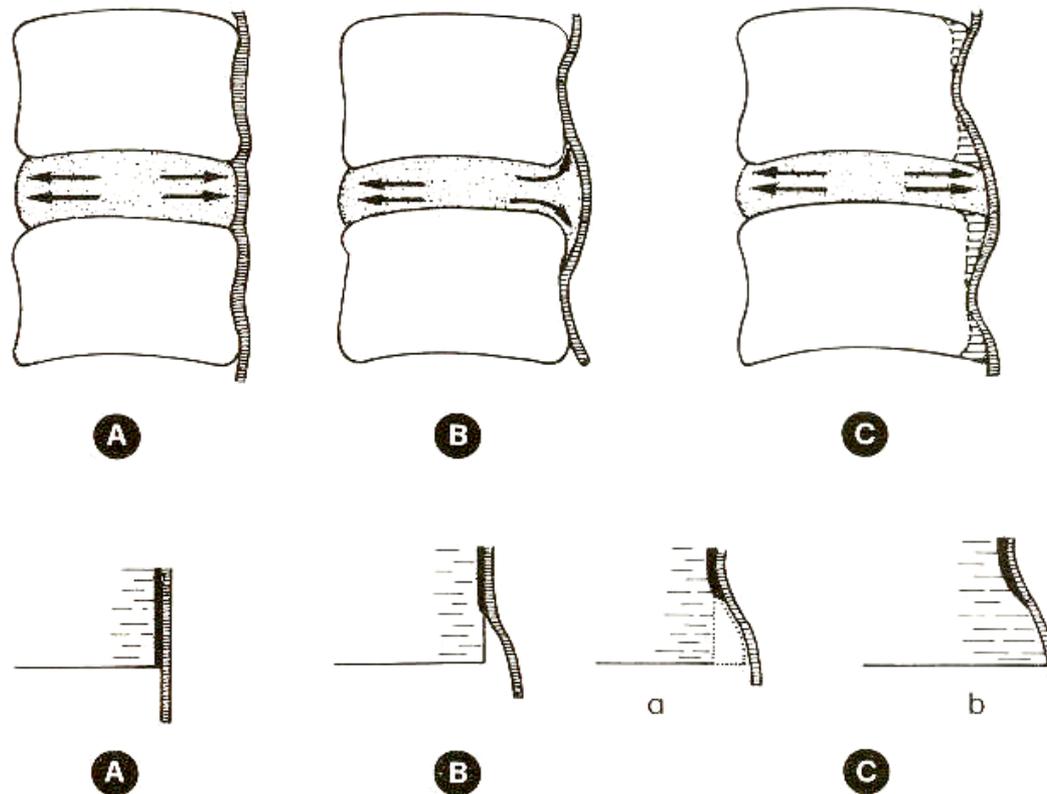


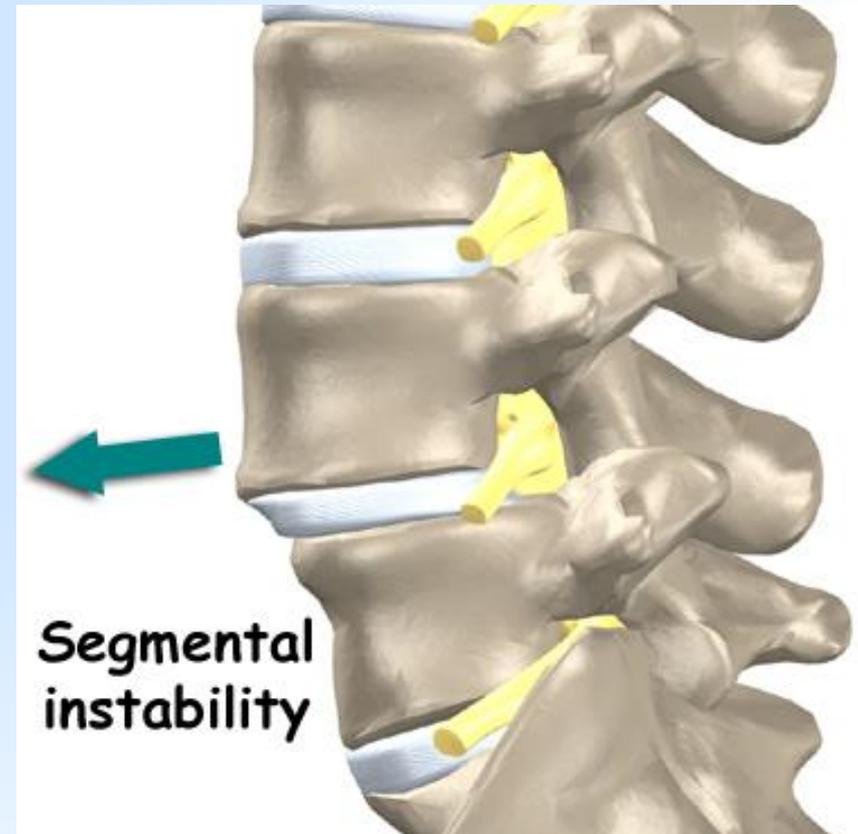
Fig. 118. Aspetti iniziali del danno spondiloscopico nel quadro della discopatia degenerativa. *A.* Sezione anteriore di un'unità funzionale con disco integro, interspazio normale e legamento longitudinale posteriore teso, saldo, ben aderente al periostio dei corpi vertebrali. *B.* La degenerazione discale, provocando l'avvicinamento dei corpi vertebrali, fa detendere il legamento a livello dell'interspazio. La pressione intradiscale determina la «dissezione» del legamento dal periostio per un certo tratto e spinge il materiale discale degenerato negli angoli solidi così formatisi. *C.* Il materiale protruso va incontro prima a fibrosi (*a*) e poi a calcificazione (*b*), dando luogo, insieme all'ossificazione reattiva ipertrofica del periostio sottostante, alla formazione di uno sperone osteofitario.

## I fenomeni degenerativi

- dei dischi,
- delle faccette articolari
- dei legamenti

Portano il segmento  
spinale ad una  
**INSTABILITA'**

I movimenti accentuati  
portano ad usura ed a  
ulteriori danni a livello  
dell'anello fibroso

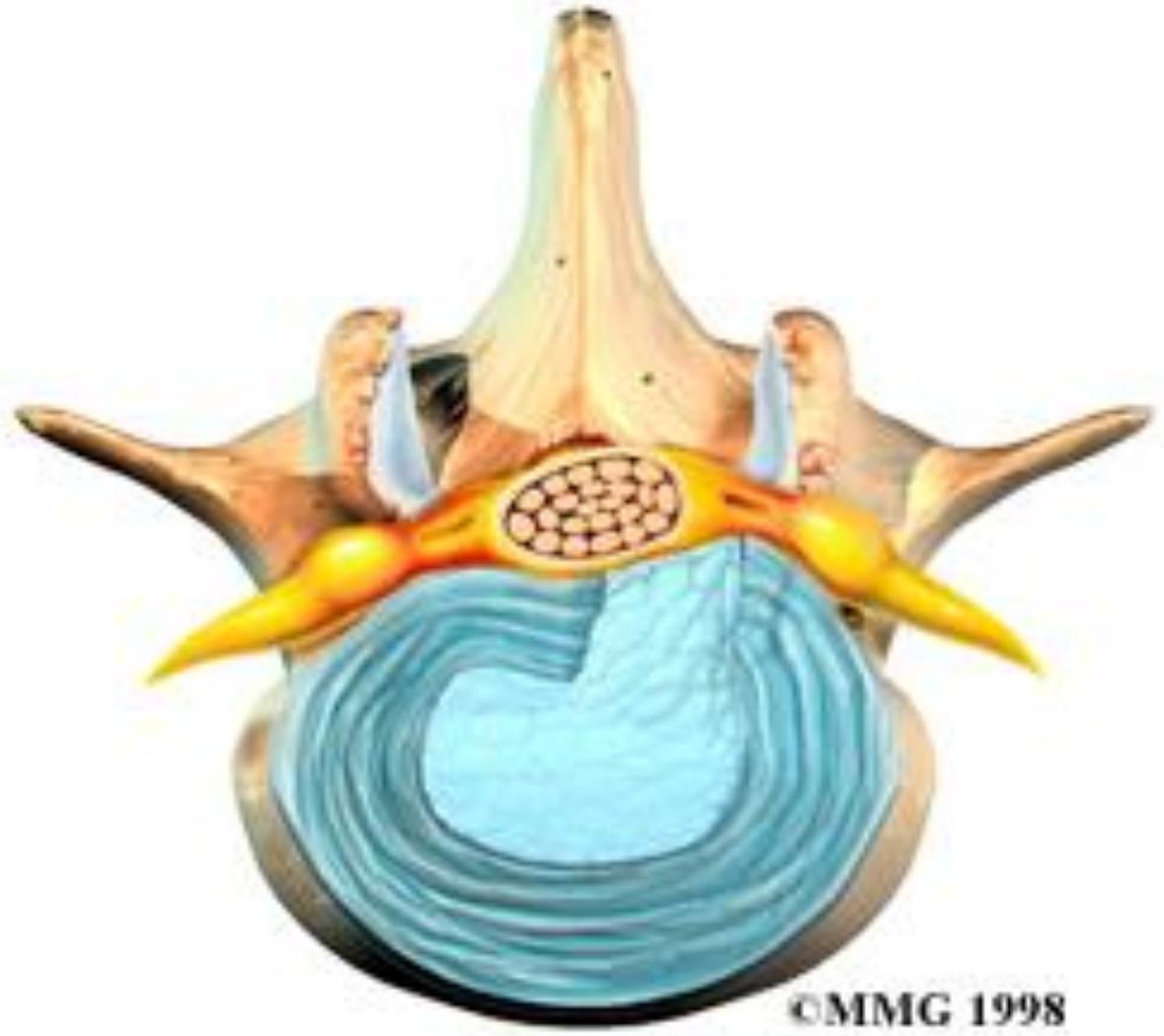


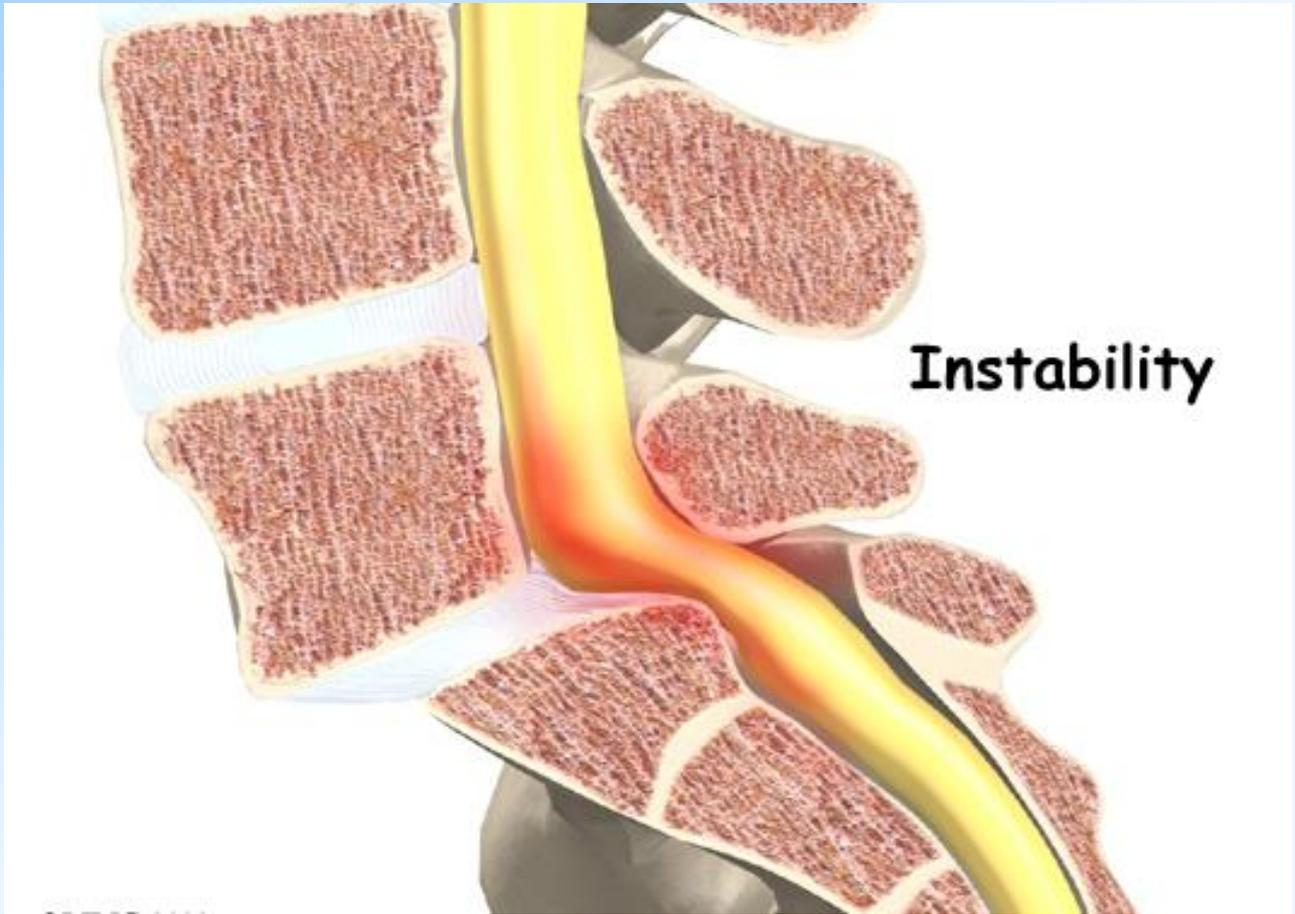
### Segmental Spinal Stenosis

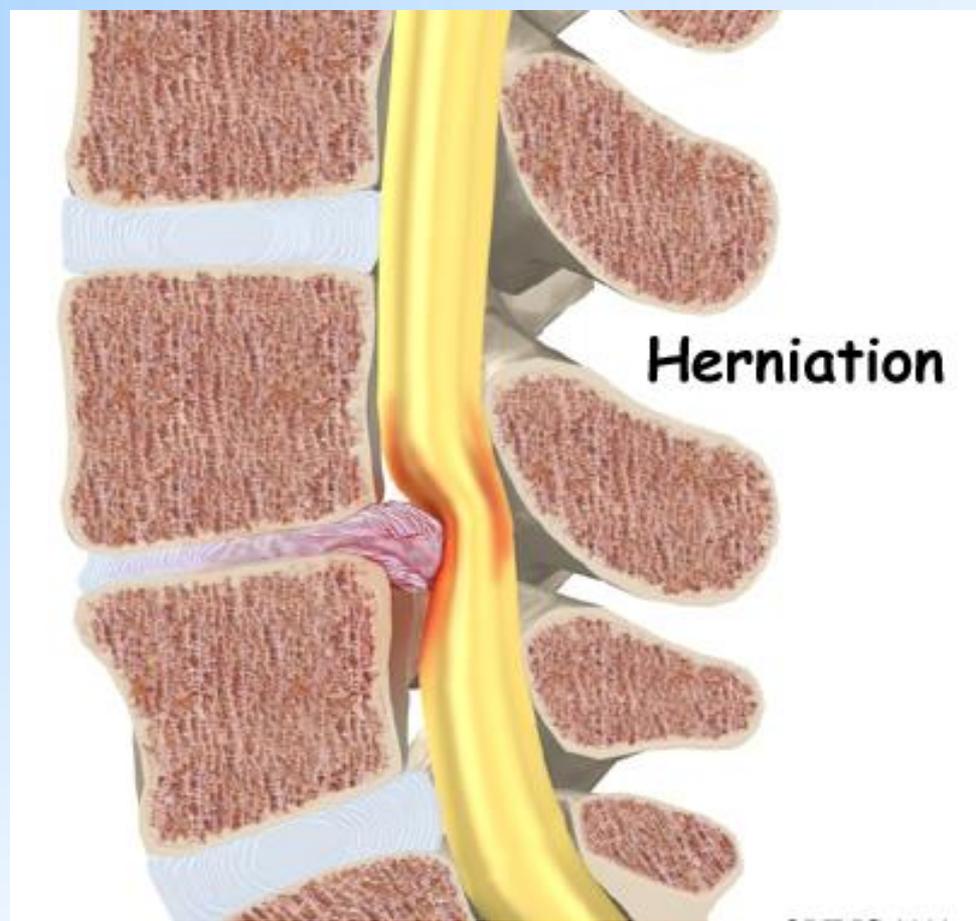


©MMG 1998

### Cauda Equina Syndrome







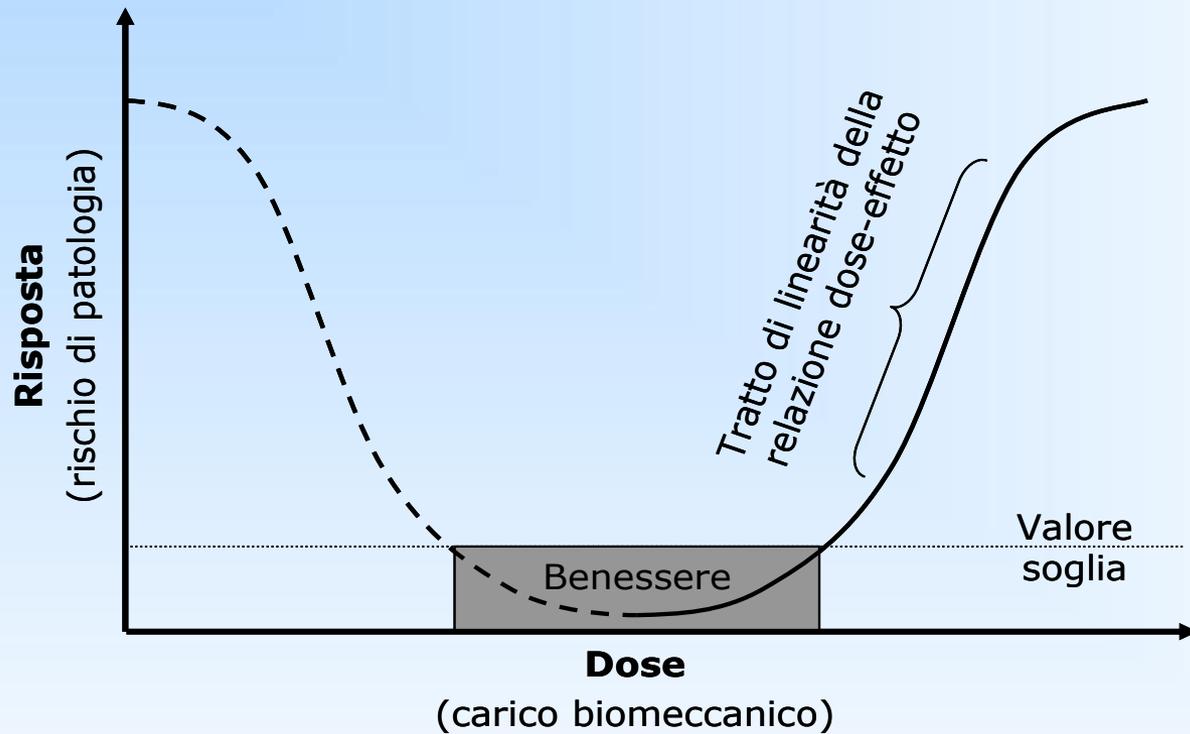
# Problemi aperti

# PROBLEMI APERTI

## MMC e correlazione con i disturbi

- La maggior parte degli studi relativi agli effetti sulla salute della MMC ha usato come *esito* la lombalgia non altrimenti definita (sintomo) o un mix di questa con discopatie, ernie del disco ed altre patologie.
- La diversità degli *outcome* usati nei diversi studi (oltre che la complessità dei fattori che caratterizzano la MMC) è alla base delle incertezze che circondano la relazione esposizione-effetto.

# MMC: relazione dose/risposta



# MMC e lombalgia: evidenze

- Lötters et al. 2003, meta-analisi:
  - OR pooled 1,5 (IC95% 1,3–1,7), ottenuto però da 35 studi trasversali e soli 5 longitudinali.
- Bakker et al. 2010, revisione sistematica di 18 studi di coorte:
  - evidenze contrastanti, basate però solo sul conteggio degli studi con risultati statisticamente significativi.

# MMC e lombalgia: evidenze

- The Spine Journal 2010, ciclo di 8 revisioni sistematiche (stesso gruppo di autori):
  - 1) eseguire flessioni e torsioni del busto [Way et al, 2010a];
  - 2) mantenere posture incongrue [Roffey et al, 2010a];
  - 3) mantenere la stazione assisa [Roffey et al, 2010b];
  - 4) mantenere la stazione eretta e camminare [Roffey et al, 2010c];
  - 5) trasportare carichi [Way et al, 2010b];
  - 6) spingere o tirare carichi [Roffey et al, 2010d];
  - 7) sollevare carichi [Way et al, 2010c];
  - 8) movimentare pazienti [Roffey et al, 2010e].
- secondo gli autori nessuno dei fattori di rischio indagati può essere considerato un fattore di rischio indipendente per la lombalgia
- i compiti lavorativi, anche quelli dei singoli studi compresi nelle revisioni, sono però caratterizzati da più fattori di rischio interagenti
- nessuna stima quantitativa è stata riportata dagli autori, non è stata eseguita una metanalisi
- conclusioni basate su applicazione (corretta?) dei criteri di Bradford-Hill ai singoli studi inclusi nelle revisioni [Hill, 1963]

# MMC e discopatie: evidenze

- Assenza di revisioni sistematiche.
- Seidler et al. 2003, studio caso-controllo: aumento del rischio di ernia del disco lombare (ED) in rachide con processi degenerativi; nessun aumento del rischio in assenza di questi.
- Seidler et al. 2009, studio caso-controllo: OR 2,0 (IC95% 1,2–3,5) per ED e OR 2,4 (IC95% 1,2–4,6) per riduzione dello spessore del disco.

# MMC e artrosi vertebrale: evidenze

- Assenza di revisioni della letteratura.
- Seidler et al. 2001, studio caso-controllo:
  - un trend significativo è stato individuato al crescere dell'esposizione (OR per i soggetti altamente esposti pari a 8,5 -  $P$  per il trend  $<0,0005$ ).
  - i risultati non presentavano modifiche sostanziali:
    - escludendo i casi in cui era presente anche una erniazione del disco oppure
    - usando come dati di esposizione quelli dei controlli che facevano lo stesso tipo di lavoro.

# MMC e altre patologie del rachide: evidenze

- Sciatica: assenti revisioni e studi caso-controllo; Miranda 2002, coorte di lavoratori dell'industria forestale con *follow-up* di un anno (senza gruppo di controllo), bassa potenza.
- Dorsalgia: conoscenze scarse (Briggs 2009).

# Metodi di valutazione del rischio

- I metodi di valutazione del rischio da fattori biomeccanici più in uso al momento attuale sono di tipo osservazionale.
- Mentre a livello di ricerca scientifica possono essere utilizzati anche metodi che impieghino misure fisiche (forza, postura, pressione, ecc.),
- negli ambienti di lavoro, sia per scopi preventivi che di valutazione di conformità a norme di legge, i metodi osservazionali sono di fatto gli unici ad essere impiegati.

# Metodi di valutazione del rischio

- Recentemente questi metodi sono stati oggetto di due valutazioni:
  - Takala et al. Systematic evaluation of observational methods assessing biomechanical exposures at work. Scand J Work Environ Health. 2010 Jan;36(1):3-24.
  - Russell et al. Comparing the results of five lifting analysis tools. Appl Ergon. 2007 Jan;38(1):91-7.
- Affinché un metodo osservazionale possa fornire una solida base per l'assunzione di decisioni, la valutazione che ne risulta dovrebbe essere **valida e riproducibile**.
- **Valida** significa, in questo caso, "**capace di stimare accuratamente il rischio**".

# Metodi di valutazione del rischio

- È opinione corrente dei ricercatori che operano in questo campo che nessuno dei metodi oggi in uso possiede queste caratteristiche.
- Più precisamente si ritiene che i metodi di valutazione del rischio oggi disponibili consentano di individuare accuratamente le situazioni nelle quali il rischio può essere considerato estremamente elevato o, al contrario, virtualmente assente.
- Tra questi due estremi esiste una ampia “zona grigia” di **incertezza**, derivante dal fatto che i dati sulla relazione dose-effetto necessari per determinare i valori limite non sono disponibili.

(Fallentin N. Regulatory actions to prevent work-related musculoskeletal disorders – the use of research-based exposure limits. Scand J Work Environ Health. 2003; 29(4): 247-251)

# I limiti di esposizione

- I dati necessari a costruire una affidabile curva dose-effetto per i fattori di rischio biomeccanico non sono disponibili, per cui i limiti di esposizione proposti per i diversi fattori vanno interpretati con grande cautela.
- Ciò è vero anche per il fattore più studiato (il sollevamento) come indicato dagli stessi autori.

(Waters TR, Putz-Anderson V, Garg A, Fine LJ. Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. Ergonomics. 1993 Jul; 36(7):749-76).

# Criteri su cui si basa l'equazione del NIOSH

<b>Tipo di studio</b>	<b>Criterio</b>	<b>Valore limite</b>
<b>Biomeccanico</b>	Massima forza di compressione sul disco	3400 N
<b>Fisiologico</b>	Massimo dispendio energetico	2,2 – 4,7 kcal/min
<b>Psicofisico</b>	Massimo peso accettabile	Accettabile per il 75% della popolazione lavorativa femminile e per il 99% di quella maschile

## Contributo di ciascun criterio alla definizione dello specifico fattore di demoltiplicazione

<b>Fattore di demoltiplicazione</b>	<b>Criterio biomeccanico</b>	<b>Criterio fisiologico</b>	<b>Criterio psicofisico</b>
Distanza carico-corpo	+++	-	+
Altezza delle mani da terra	+++	+	++
Dislocazione verticale	-	+++	++
Dislocazione angolare	++	-	++
Presenza del carico	-	-	++
Frequenza e durata del compito di sollevamento	-	+++	++

# OCCUPAZIONE

**National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH-USA) Bernard et al. 1997**

Su un totale di 2000 studi ne sono stati selezionati più di 600 su cui è stata condotta una approfondita review  
 Evidence of work-related risk factors of low back pain according to a review by NIOSH (Bernard et al. 1997)

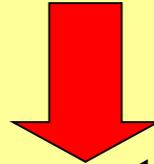
Risk factor at work	Strength of evidence
<b>Physical factors</b>	
heavy physical work	Evidence
lifting and forceful movements	strong evidence
whole-body vibration	strong evidence
static postures	insufficient evidence
<b>Psychosocial risk factor</b>	
intensified work load	suggested
job dissatisfaction	mixed
low job control	limited support
monotonous work	mixed
social support	weak evidence

## Nuove tabelle malattie professionali

Con decreto ministeriale 9 aprile 2008 (G.U. n. 169 del 21 luglio 2008) sono state pubblicate le "Nuove tabelle delle malattie professionali nell'industria e nell'agricoltura". Le nuove tabelle sono entrate in vigore il 22 luglio 2008.

77) ERNIA DISCALE LOMBARE (M51.2)		
	a) Lavorazioni svolte in modo non occasionale con macchine che espongono a vibrazioni trasmesse al corpo intero: macchine movimentazione materiali vari, trattori, gru portuali, carrelli sollevatori (muletti), imbarcazioni per pesca professionale costiera e d'altura. b) Lavorazioni di movimentazione manuale dei carichi svolte in modo non occasionale in assenza di ausili efficaci.	1 anno

**abbinata ad esposizione cumulativa nell'intera vita lavorativa di  
almeno 10 anni**



**Quest'ultimo parametro è abbreviato nella  
Circ. INAIL 2504**

**Che richiede un periodo minimo di 5 anni per le  
esposizioni caratterizzate da indici NIOSH superiori a  
3**

**Attualmente superata dalla circolare INAIL 47  
24 luglio 2008**

**Definizione di lavoro non occasionale**

**La definizione di lavoro non occasionale è riportata nella circolare INAIL n. 47 del 24 luglio 2008:**

malattie muscolo-scheletriche: la presunzione legale operi quando l'adibizione alle lavorazioni indicate avvenga **in maniera non occasionale e/o prolungata.**

**Accanto al requisito della non occasionalità, le previsioni tabellari richiedono che l'assicurato sia stato addetto alla lavorazione in maniera prolungata ossia**

**in modo duraturo, per un periodo di tempo sufficientemente idoneo a causare la patologia.**

Al riguardo, secondo l'insegnamento della  
**Corte di Cassazione,**  
l'adibizione alla lavorazione può ritenersi  
**non occasionale quando costituisca**

**una componente abituale e sistematica**  
**dell'attività professionale dell'assicurato e sia**  
**dunque intrinseca alle mansioni che lo stesso è**  
**tenuto a prestare.**

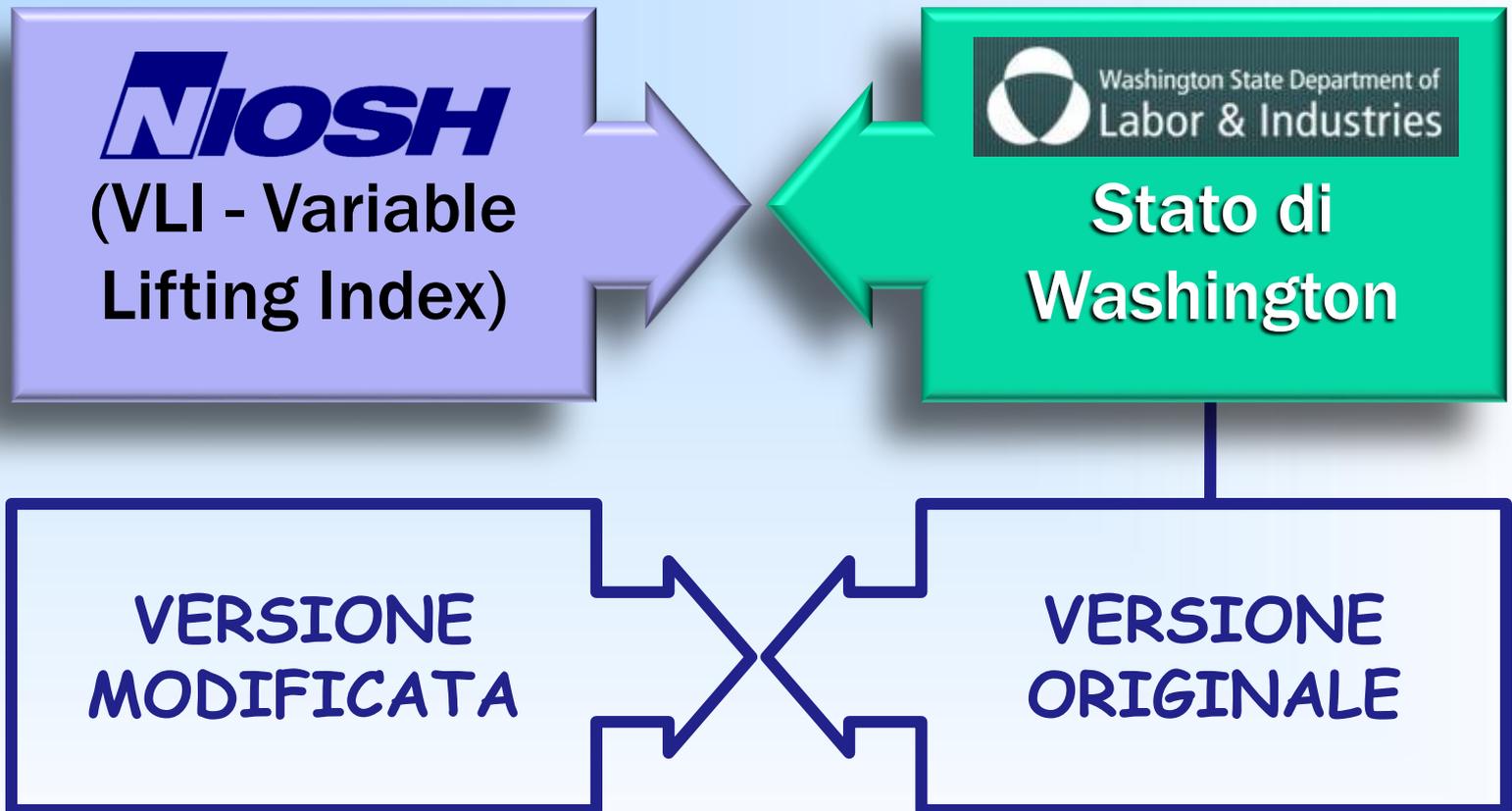
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA



**VALUTAZIONE DEL RISCHIO  
DA SOVRACCARICO BIOMECCANICO AL RACHIDE LOMBARE  
IN UN' INDUSTRIA METALMECCANICA  
comparazione tra due diversi metodi**

# SCOPO

Confrontare due diversi metodi di valutazione del rischio da movimentazione manuale di carichi (MMC) in addetti alla produzione di apparecchiature ad uso commerciale.



# LETTERATURA



In letteratura il metodo NIOSH-VLI  
non è attualmente considerato

metodo originale  
NIOSH (1991)



prima versione  
metodo Stato di  
Washington (2000)

**MODERATA CORRISPONDENZA**

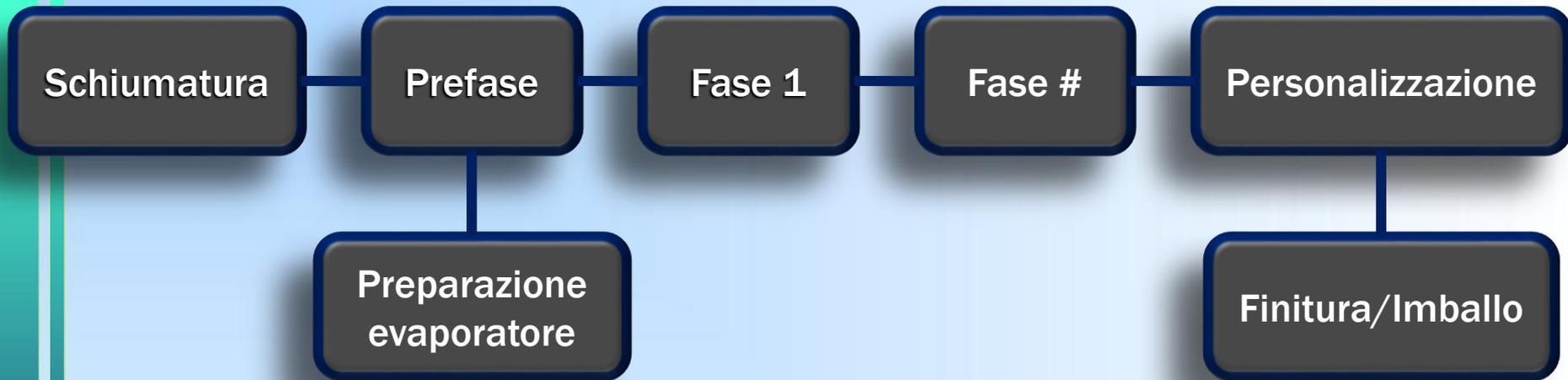
Revisione sistematica sui metodi di valutazione del rischio da MMC  
*Takala EP et al. Systematic evaluation of observational methods assessing biomechanical exposures at work. Scand J Work Environ Health. 2010 Jan;36(1):3-24. Epub 2009 Nov 24. Review.*

## Valutazione del rischio

- ✓ **Metalmecchanica leggera.**
- ✓ **Le postazioni sottoposte a valutazione del rischio ammontano a 75 e corrispondono a diverse linee di produzione.**
- ✓ **Gli addetti in genere lavorano su postazioni fisse. Alcuni ruotano tra le varie postazioni a seconda delle esigenze.**



# Fasi di produzione di un pezzo



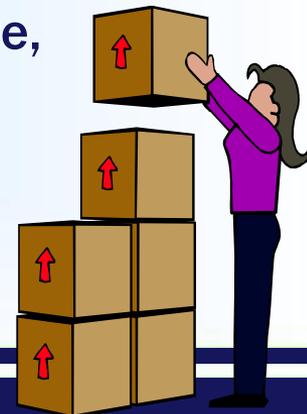
## Assemblaggio:

nella fase di schiumatura si fissa la struttura in lamiera piegata su dei montanti in legno e si procede alla schiumatura automatizzata.

Le fasi che seguono consistono nell'assemblare i pezzi (lamiere, evaporatori, vetri, ripiani ecc.).

Nelle fasi finali viene montato l'impianto elettrico.

Si procede poi all'imballaggio con coperture in plastica e con posizionamento degli accessori in scatole di cartone.

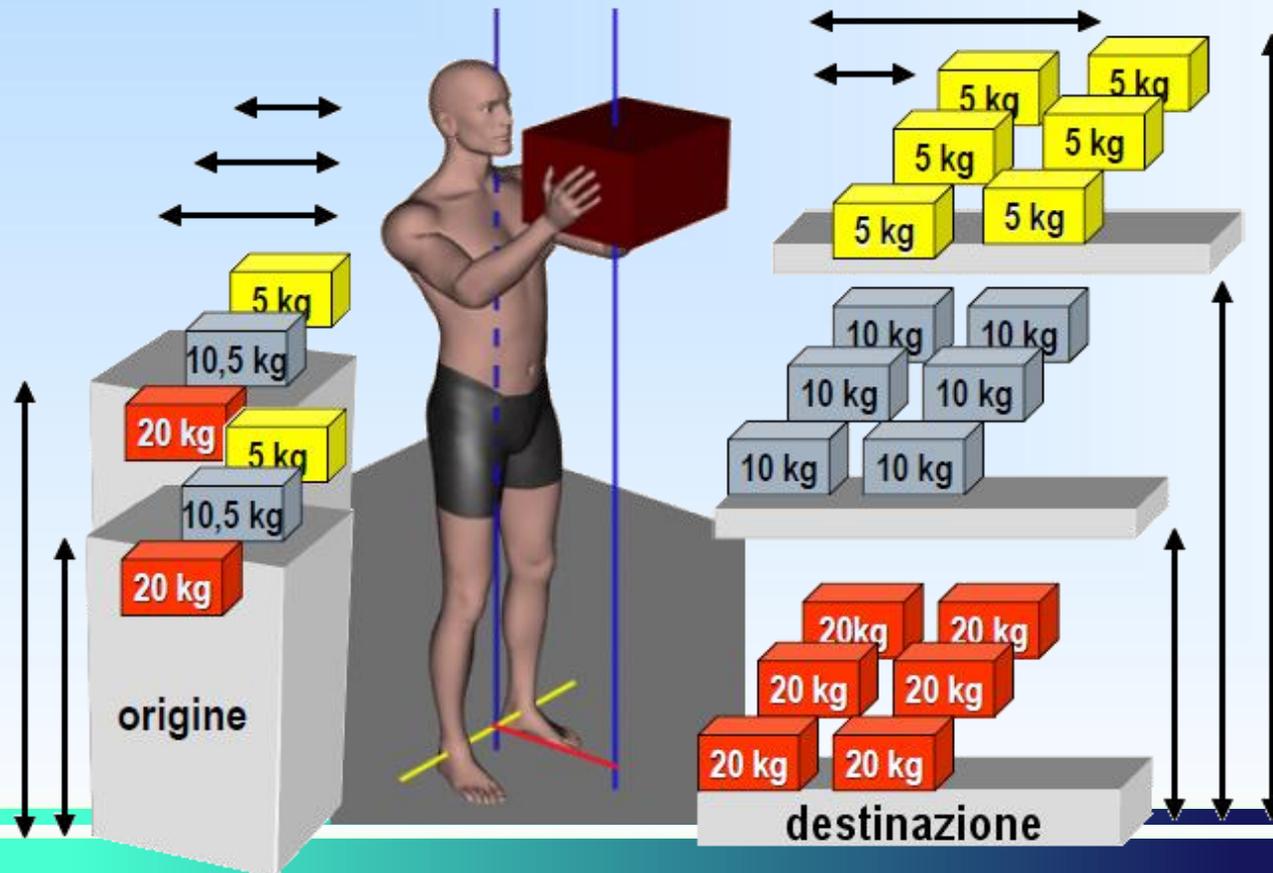


# METODO

# NIOSH (VLI Variable Lifting Index)

Quando si sollevano/depositano oggetti con pesi diversi ad altezze e/o distanze orizzontali diverse.

Il software suddivide i carichi sollevati in 5 categorie di peso per poi calcolare l'indice di sollevamento di ciascuna.



# Condizioni di sollevamento NON IDEALI

## Masse di riferimento

Età	Maschi	Femmine
18 - 45	25	20
< 18 e > 45	20	15

TR-12295 ISO 11228-1 e UNI-EN 1005-2

	M	F
18-45	Kg 25	20
< >	Kg 20	15

Peso Massimo raccomandato in condizioni ottimali di sollevamento

Fattore Altezza

X

Altezza da terra delle mani all'inizio del sollevamento

Fattore Orizzontale

X

Distanza massima del peso dal corpo durante il sollevamento

Fattore Frequenza

X

Frequenza del sollevamento in atti al minuto (=0 se >12 volte/minuto)

Fattore Asimmetria

X

Dislocazione angolare del peso rispetto al piano sagittale del soggetto

Fattore Presa

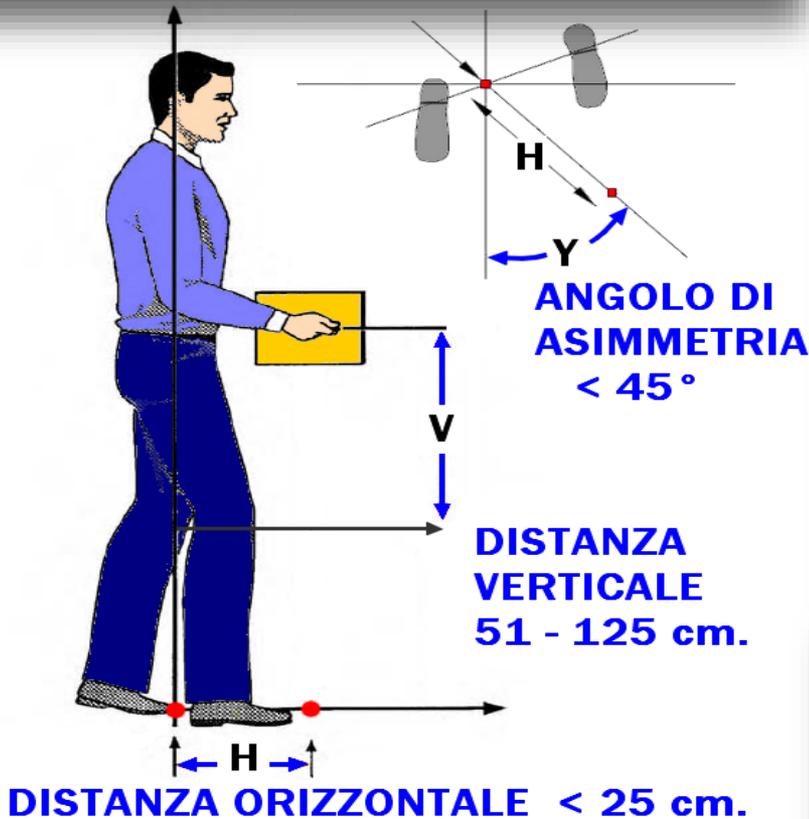
X

Giudizio sulla presa del carico

=

**PESO LIMITE RACCOMANDATO**

$$LI = \frac{\text{PESO REALMENTE SOLLEVATO}}{\text{PESO LIMITE RACCOMANDATO}}$$



# METODO

# NIOSH (VLI Variable Lifting Index)

Alla fine sceglie LI (lifting Index) più elevato tra tutte le 5 categorie di peso e lo incrementa di una quota aggiuntiva.



Maschi 18 - 45 anni

Femmine 18 - 45 anni

Maschi < 18 o > 45 anni

Femmine < 18 o > 45 anni

**VLI**

# Interpretazione del LIFTING INDEX

**NIOSH**

**ISO TR 12295**

<b><math>LI \leq 1,0</math></b>	<b>Accettabile</b>
<b><math>1,0 &lt; LI \leq 2,0</math></b>	<b>Rischio presente</b>
<b><math>2,0 &lt; LI \leq 3,0</math></b>	<b>Rischio presente; Livello alto</b>
<b><math>LI &gt; 3,0</math></b>	<b>Rischio presente; Livello molto alto</b>



**È un processo in 2 tempi.**

### **1** *Caution Zone checklist*

Attraverso tre “**Segnalatori di rischio**”:  
screening tra situazioni  
a rischio assente o presente.

**In presenza anche di un solo segnalatore si  
dovrà procedere ad un’analisi  
più approfondita.**



## Caution Zone Checklist Use one sheet for each position evaluated.

Movements or postures that are a regular and foreseeable part of the job, occurring more than one day per week, and more frequently than one week per year.	If done in this job position <input checked="" type="checkbox"/> the box	Job Position evaluated:  Date:	No. of employees in these jobs?
---	---	--------------------------------------	---------------------------------

<b>Heavy, Frequent or Awkward Lifting (A simple scale can be used to determine the weight of materials)</b>		<b>Comments/Observations</b>	
	<b>10.</b> Lifting object weighing more than 75 pounds once per day or more than 55 pounds more than 10 times per day.	<input type="checkbox"/>	34 kg 24 kg
	<b>11.</b> Lifting objects weighing more than 10 pounds if done more than twice per minute, more than 2 hours total per day.	<input type="checkbox"/>	4,5 kg
	<b>12.</b> Lifting objects weighing more than 25 pounds above the shoulders, below the knees or at arms length more than 25 times per day.	<input type="checkbox"/>	11 kg



## Analisi di secondo livello

### **2** Hazard Zone checklist

**Evidenzia situazioni a rischio elevato  
che necessitano di immediati  
interventi di riduzione**

# METODO

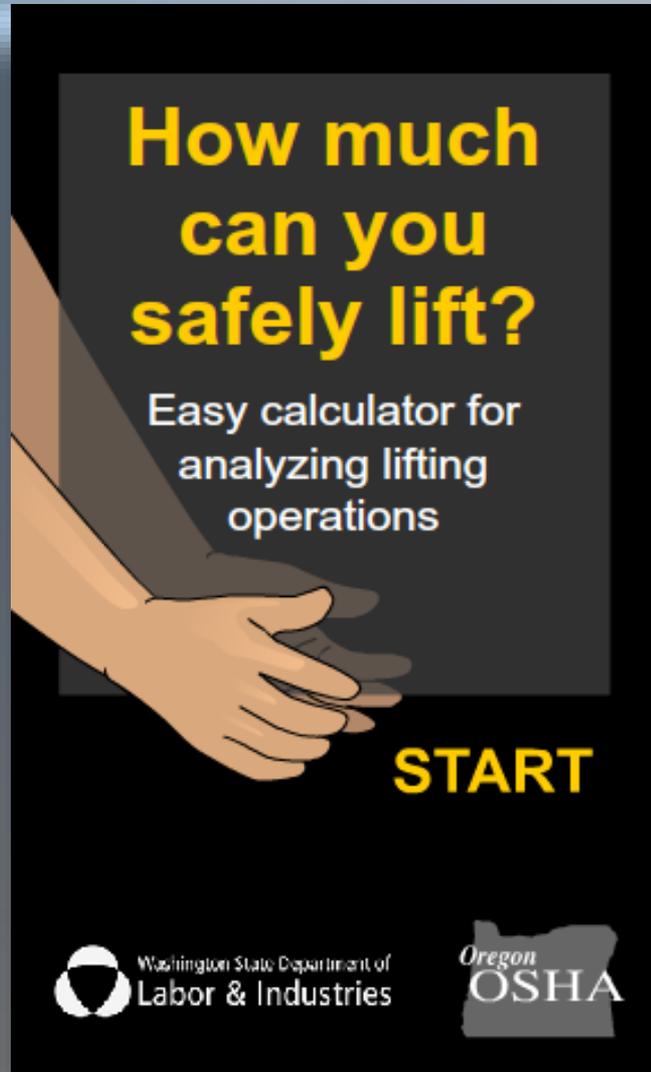
# dello STATO di WASHINGTON

Department of  
**LABOR AND  
INDUSTRIES**



 Washington State Department of  
Labor & Industries

*Oregon*  
**OSHA**



**How much  
can you  
safely lift?**

Easy calculator for  
analyzing lifting  
operations

**START**

 Washington State Department of  
Labor & Industries

*Oregon*  
**OSHA**

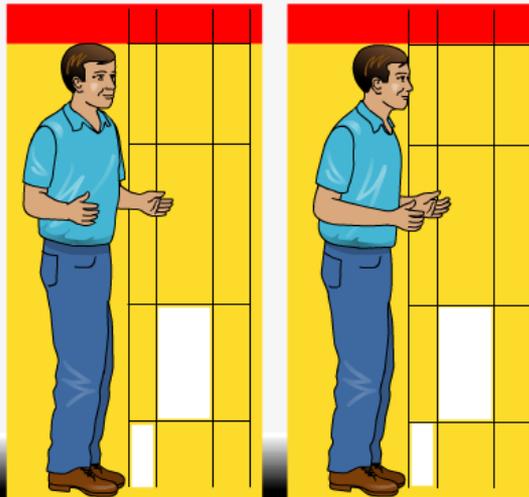
The poster features a central illustration of two hands, one larger than the other, with the larger hand supporting the smaller one. The background is dark with yellow and white text. At the bottom, there are logos for the Washington State Department of Labor & Industries and Oregon OSHA.

### 3. Your lifting limit is affected by the amount of twisting.

4-5 lifts every minute for over 2 hours

Over 45 degrees

Under 45 degrees



White boxes indicate all lift areas applicable to this weight and repetition.

12 lbs.

15 lbs.

Return to start

# HAZARD ZONE JOBS CHECKLIST

For each "caution zone job" find any physical risk factors that apply. If a hazard exists, it must be reduced below the hazard level or to the degree technologically and economically feasible.

Movements or postures that are a regular and foreseeable part of the job, occurring more than *one day per week*, and more frequently than *one week per year*.

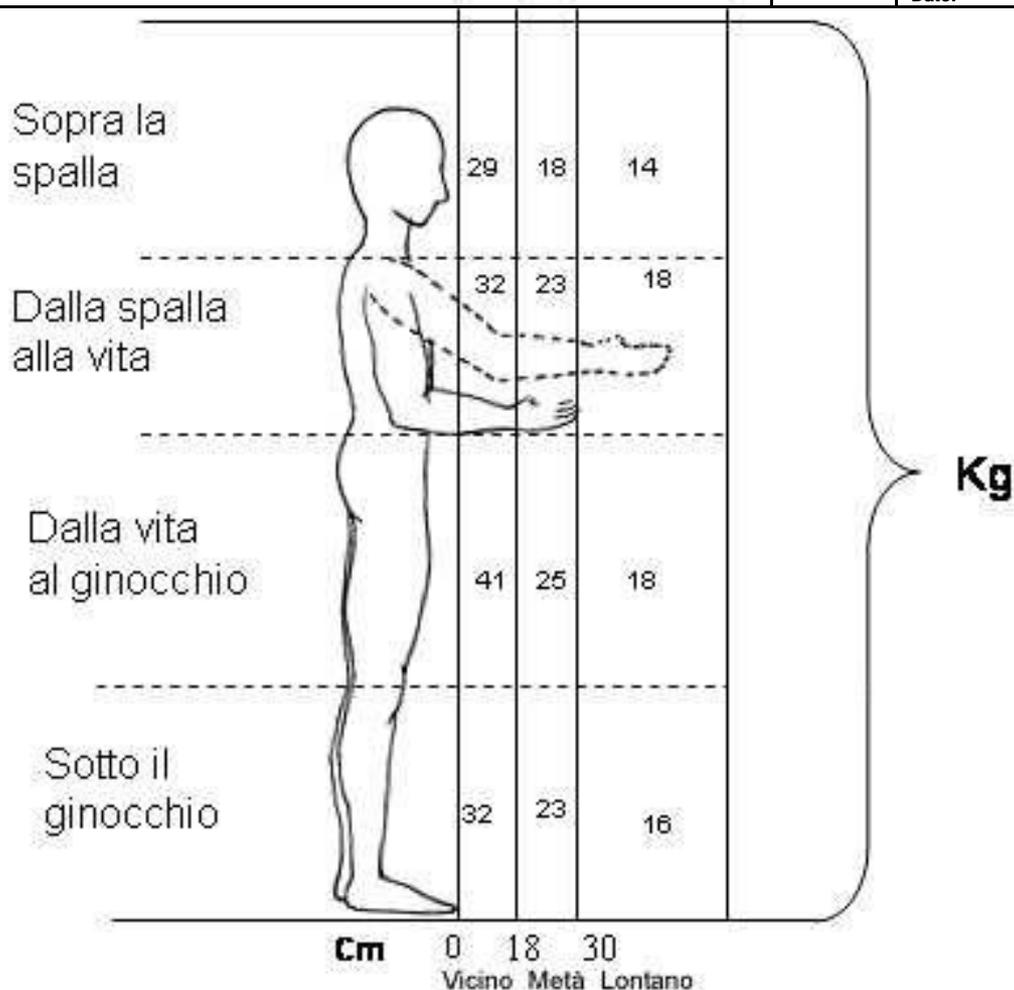
Hazard  
Exists



Job Position  
evaluated:

Date:

No. of  
employees in  
these jobs?





Se il lavoro comporta movimentazione di oggetti diversi per peso o per collocazione:



a) Analizzare la movimentazione con carico più pesante.



b) Analizzare la movimentazione con postura più incongrua.



c) Analizzare il tipo di movimentazione più comune.

# RISULTATI

Postazioni	Età	Genere	VLI	Washington	
<b>15 (20%) non a rischio in ogni genere ed età</b>	18 - 45 anni	Maschi	■	15 negative alla Caution Zone	
		Femmine	■		
	< 18 o > 45 anni	Maschi	■		
		Femmine	■		
<b>7 (9,3%) non a rischio per i maschi di ogni età e per le femmine 18-45 aa</b>	18 - 45 anni	Maschi	■	7 negative alla Caution Zone	
		Femmine	■		
	< 18 o > 45 anni	Maschi	■		
		Femmine	■		
<b>18 (24%) non a rischio solo per maschi 18-45 aa</b>	18 - 45 anni	Maschi	■	18 negative alla Caution Zone	
		Femmine	■		
	< 18 o > 45 anni	Maschi	■		
		Femmine	■		
<b>35 (46,6%) a rischio in ogni genere ed età</b>	18 - 45 anni	Maschi	■	5 positive alla Caution Zone	30 negative alla Caution Zone
		Femmine	■		
	< 18 o > 45 anni	Maschi	■		
		Femmine	■		
<b>Tot. postazioni 75 (100%)</b>				<b>Tot. postazioni 75</b>	

# RISULTATI

**Ampia DISCORDANZA tra i due**

**metodi?** Presenza di frequenze definite **“occasionali”** è l'item che più ha inciso sull'esito della valutazione:  
**< 0,2 atti/minuto** (meno di una volta ogni 5 minuti).

## **Caution Zone**

checklist **negativa** per gran parte delle lavorazioni = rischio accettabile.



# Calcolo dell'indice di rischio escludendo la valutazione preliminare con la Caution Zone checklist

Per poter meglio confrontare i 2 metodi, abbiamo simulato una situazione che escludesse la Caution Zone per le 75 postazioni; soprattutto per aggirare la restrizione della bassa frequenza di sollevamento.

Caution Zone Checklist Use one sheet for each position evaluated.			
Movements or postures that are a regular and foreseeable part of the job, occurring more than _____ per week, and more frequently than _____ per year.	If done in this job position <input checked="" type="checkbox"/> the box	Job Position evaluated: _____ Date: _____	No. of employees in _____ jobs?
Heavy, Frequent or Repetitive Lifting (A simple scale can be used to determine the weight of materials)			
 10. Lifting object weighing more than 75 pounds per day or more than _____ more than 10 _____ per day.	<input type="checkbox"/>		
 11. Lifting objects weighing more than 10 pounds if done more than twice per minute, more than 2 hours total per day.	<input type="checkbox"/>		
 12. Lifting objects weighing more than 25 pounds above the shoulders, below the knees or at arms length more than 25 times per day.	<input type="checkbox"/>		



Oregon-OSHA , ideatore del nuovo calcolatore assieme allo Stato di Washington, utilizza questo strumento senza checklist pre-valutative.

# RISULTATI

Postazioni	Età	Genere	VLI	Washington revisionato		Washington originale	
15 (20%) non a rischio in ogni genere ed età	18 - 45 anni	Maschi		1 rischio	14 non rischio	15 non rischio	
		Femmine					
	< 18 o > 45 anni	Maschi					
		Femmine					
7 (9,3%) a rischio solo per le femmine < 18 o > 45 aa	18 - 45 anni	Maschi		4 rischio	3 non rischio	7 non rischio	
		Femmine					
	< 18 o > 45 anni	Maschi					
		Femmine					
18 (24%) a rischio solo per maschi < 18 o > 45 aa e per le femmine	18 - 45 anni	Maschi		17 rischio	1 non rischio	18 non rischio	
		Femmine					
	< 18 o > 45 anni	Maschi					
		Femmine					
35 (46,6%) a rischio in ogni genere ed età	18 - 45 anni	Maschi		33 rischio	2 non rischio	16 rischio	19 non rischio
		Femmine					
	< 18 o > 45 anni	Maschi					
		Femmine					
<b>Tot. postazioni 75 (100%)</b>				<b>Tot. postazioni 75</b>	<b>Tot. postazioni 75</b>		

# CRITICITÀ

Durante l'analisi da noi condotta sono emerse alcune criticità riguardo al metodo valutativo aggiornato dello Stato di Washington.

**Caution Zone immodificata rispetto alla prima versione del metodo con zone di movimentazione non corrispondenti a quelle del nuovo calcolatore.**

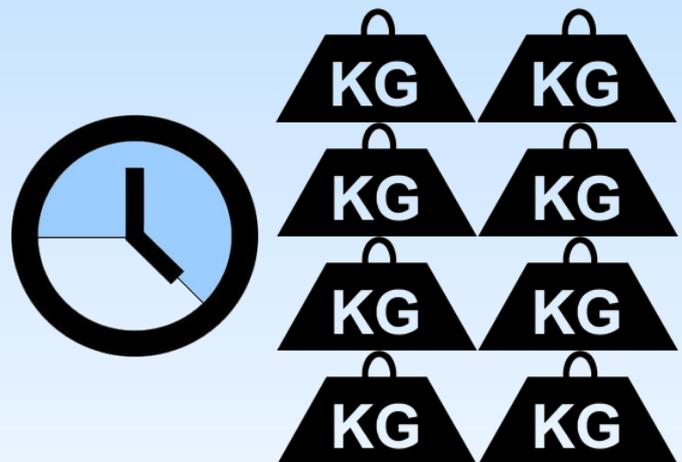
**Altri aspetti della Caution Zone sono discordanti con elementi presenti nel Safe Lifting Calculator.**

Abbiamo sottoposto le nostre perplessità agli stessi Autori i quali concordano con la nostra segnalazione e rispondono che probabilmente appronteranno opportune modifiche.



# CONCLUSIONI: fondamentale la frequenza

Per il m. Washington (per categorie di peso tra 4,5-11 Kg) sono necessarie **frequenze medio-elevate** per considerare la lavorazione a rischio.



Per il VLI, anche per **frequenze "occasionali"** la lavorazione può essere a rischio, a condizione di posture non ideali di movimentazione.



# CONCLUSIONI



VLI è un metodo analitico che calcola un indice di sollevamento che tiene conto delle differenze di **genere ed età**, in accordo al **D.Lgs 81/2008 (art.28)**.

Può essere applicato anche per sollevamenti effettuati da **2 operatori**.

Richiede tempi lunghi per l'acquisizione delle variabili necessarie al calcolo dell'indice di sollevamento e il valutatore deve conoscere bene il metodo per saperlo interpretare, anche in previsione di possibili interventi per la riduzione del rischio.



# CONCLUSIONI



Washington State Department of  
Labor & Industries

Il metodo dello Stato di Washington si è rivelato un sistema **semplice** e **veloce** per la valutazione del rischio da MMC.

Applicato nella sua interezza è apparso complessivamente **discordante** con il metodo VLI.



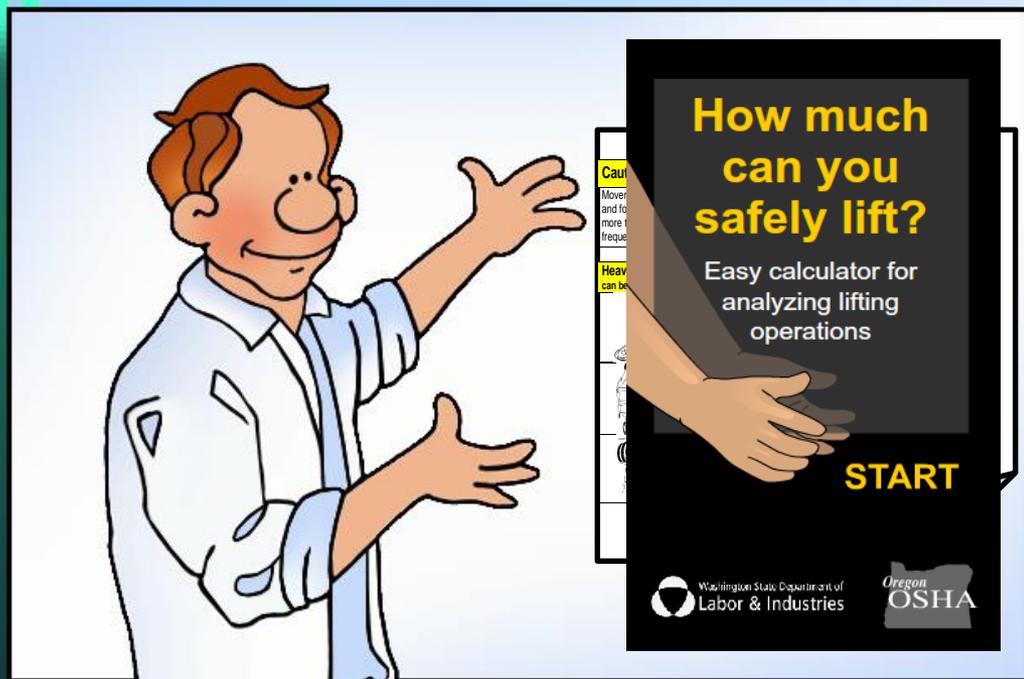
# CONCLUSIONI



Se si utilizza come singolo strumento valutativo il nuovo calcolatore proposto dallo Stato di Washington in collaborazione con Oregon-OSHA, vi è una **buona concordanza** con il metodo VLI.

Per certi aspetti da un punto di vista preventivo è apparso **più cautelativo** del metodo VLI.

**Non è applicabile** se i sollevamenti sono effettuati da 2 operatori e **non distingue** per genere ed età.



Attendiamo comunque la revisione del metodo nella parte relativa alla Caution Zone che potrebbe anche essere del tutto eliminata.



Il nuovo Safe Lifting Calculator, usato come singolo metodo di valutazione, può essere, a nostro avviso, un ottimo e facile strumento a disposizione del Medico Competente che necessita di valutare il rischio da MMC in tempi brevi.