

M. Bovenzi, M. Mauro, F. Ronchese, F. Larese Filon

## Patologie muscolo-scheletriche da esposizione combinata a fattori biomeccanici e vibrazioni trasmesse all'arto superiore

Unità Clinica Operativa di Medicina del Lavoro  
Dipartimento di Scienze di Medicina Pubblica  
Università degli Studi di Trieste

**Parole chiave:** patologie dell'arto superiore; vibrazioni mano-braccio, fattori biomeccanici.

**ABSTRACT.** *NECK AND UPPER LIMB DISORDERS CAUSED BY COMBINED EXPOSURES TO ERGONOMIC RISK FACTORS AND HAND-TRANSMITTED VIBRATION. A review of neck and upper limb disorders caused by combined exposures to hand-transmitted vibration and ergonomic risk factors (repetitiveness, force, posture) suggested the following conclusions: (1) hand-transmitted vibration has a dominant role in the etiopathogenesis of Raynaud's phenomenon and various forms of peripheral neuropathy with sensory impairment (digital, multifocal) in users of vibrating tools; (2) vibration of low frequency and high amplitude from percussive tools concur, together with adverse ergonomic factors, to produce degenerative changes in the bones and joints of the upper limbs, mainly in the wrist and elbow; (3) there is strong epidemiological and experimental evidence that combined exposures to hand-transmitted vibration and physical load are associated with an excess risk of carpal tunnel syndrome; (4) there is limited evidence for an association between Dupuytren's contracture and vibration exposure owing to the small number of currently available epidemiological studies; (5) there is insufficient evidence for a contribution of hand-transmitted vibration to the development of chronic pain and clinical syndromes in the neck and upper limb, while excessive physical load and ergonomic stress have a primary role in the etiopathogenesis of these disorders.*

**Key words:** *musculoskeletal disorders, hand-transmitted vibration, physical work load.*

### Introduzione

L'esposizione a vibrazioni generate da utensili portatili è associata ad un aumentato rischio di insorgenza di lesioni vascolari, neurologiche e osteoarticolari a carico del sistema mano-braccio (4). L'insieme di tali lesioni è definito *sindrome da vibrazioni mano-braccio*, caratterizzata dalle seguenti componenti:

- i) la componente vascolare della sindrome è rappresentata da una forma secondaria di fenomeno di Raynaud definita "vibration-induced white finger" (VWF) dagli autori anglosassoni;
- ii) la componente neurologica è caratterizzata da una neuropatia periferica prevalentemente sensitiva con distribuzione multifocale oppure confinata alle dita delle mani, i cui sintomi sono costituiti da parestesie, riduzione della sensibilità tattile e termica, e limitazione della destrezza manuale e della capacità di manipolazione fine;
- iii) la componente osteoarticolare comprende lesioni cronico-degenerative (prevalentemente osteoartrosiche) a carico dei segmenti ossei ed articolari degli arti superiori, in particolare a livello dei polsi e dei gomiti.

L'angiopatia e l'osteotropatia da vibranti sono riconosciute come malattie professionali dalla Commissione dell'Unione Europea (2003/670/CE, Allegato I, voci 505.01 e 505.02) e dalla legislazione del nostro Paese (D.P.R. 336/1994).

Nel D.M. 14 gennaio 2008, che riporta l'aggiornamento dell'elenco delle malattie per le quali è obbligatoria la denuncia ai sensi dell'articolo 139 del D.P.R. 1124/1965 e ss.mm., le patologie da vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio sono inserite nella lista I (gruppo 2 - malattie da agenti fisici), ovvero la lista contenente le malattie la cui origine lavorativa è considerata di elevata probabilità. In particolare sono citate le seguenti patologie: (i) sindrome di Raynaud secondaria (angioneurosi delle dita delle mani); (ii) osteoartropatie (polso, gomito, spalla); (iii) sindrome del tunnel carpale; (iv) altre neuropatie degli arti superiori; (v) tendiniti e tenosinoviti del segmento mano-polso.

L'inserimento delle patologie soggette a denuncia di cui alle voci (iii) e (v) sembrano riflettere i risultati di vari studi clinici ed epidemiologici che hanno riportato un au-

mentato rischio di lesioni muscolo-tendinee e di intrappolamento dei tronchi nervosi degli arti superiori nei lavoratori che usano utensili portatili con conseguente esposizione sia a fattori ergonomici sfavorevoli (movimenti ripetitivi e di forza, posture incongrue) sia a vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio.

Le patologie o "disordini" muscolo-scheletrici degli arti superiori rappresentano un gruppo eterogeneo di lesioni infiammatorie e/o degenerative che comprendono sia ben definiti quadri clinici (es. tenosinoviti, sindrome del tunnel carpale) o radiologici (es. osteoartrosi) sia disturbi aspecifici (dolore, rigidità articolare, parestesie) ai quali non è attribuita una precisa definizione nosologica.

Questo studio riporta una revisione della letteratura sulle possibili evidenze di un'azione sinergica dei fattori di rischio ergonomico e meccanico nell'insorgenza di disturbi o lesioni muscolo-scheletriche correlati con l'uso di utensili vibranti.

---

### Patologie del collo e del distretto collo-spalla

Vi sono scarse evidenze epidemiologiche per un ruolo autonomo delle vibrazioni oppure in sinergia con altri fattori di rischio biomeccanico nell'insorgenza sia di cervicografie o cervicobrachialgie aspecifiche sia di quadri clinici con caratteristici sintomi e segni obiettivi quali la sindrome tensiva nucale ("neck tension syndrome") e la sindrome cervicale (1, 10, 19). Una revisione della letteratura ha suggerito che vi sono insufficienti evidenze per un'associazione tra uso prolungato di utensili vibranti e sindrome dello stretto toracico (8). Si segnala, tuttavia, che nel D.M. 14 gennaio 2008 la sindrome dello stretto toracico (esclusa la forma vascolare) è inserita nella lista III tra le possibili malattie lavoro-correlate ed è associata ad una esposizione continuativa a microtraumi e a posture incongrue degli arti superiori per almeno la metà del turno di lavoro.

Vi è qualche evidenza, sebbene poco robusta, di un eccesso di rischio per lesioni della spalla nei lavoratori che usano utensili vibranti. Alcuni autori hanno riportato un'aumentata prevalenza di tendiniti del sovraspinato e del bicipite, nonché di sindrome acromion-claveare e della cuffia dei rotatori, in operatori forestali (3) e in lavoratori dell'industria delle costruzioni che utilizzavano martelli pneumatici (21). Anche se è stata riscontrata una modesta tendenza ad una positiva relazione esposizione-risposta in queste categorie di lavoratori, tuttavia la maggior parte degli Autori ritiene che le vibrazioni non abbiano un ruolo determinante nell'etiopatogenesi delle affezioni collo-spalla rispetto a quello ben più importante esercitato dalla postura e dai movimenti ripetitivi o di forza per il collo e dalla postura e dai movimenti ripetitivi per la spalla.

---

### Patologie del gomito

Vi è un limitato numero di studi epidemiologici che hanno indagato l'occorrenza di epicondilita mediale o laterale del gomito in esposti a vibranti (18). Rispetto ai

gruppi di controllo, un aumentato rischio è stato riscontrato in un campione di forestali (OR 4.9,  $p=0.02$ ), (3), e in una coorte di lavoratori addetti a pubblici servizi (gas e acqua) che usavano utensili vibranti (OR 3.8, IC 95% 1.1 - 12.8), (20). Data la scarsità della documentazione clinica ed epidemiologica vi è accordo nell'attribuire alle vibrazioni un'insufficiente evidenza per un ruolo causale nell'etiopatogenesi dell'epicondilita del gomito rispetto alla forte evidenza emersa da studi su lavoratori con esposizione combinata a posture sfavorevoli e movimenti ripetitivi e di forza (1, 18).

---

### Patologie del distretto mano-polso-avambraccio

Un'aumentata occorrenza di patologie dei segmenti mano-polso-avambraccio quali tendiniti, peritendiniti, tenosinoviti, malattia di De Quervain e dito a scatto sono state segnalate in operatori addetti alla macellazione e insaccatura di carne, lavori di sartoria e cucito, impacchettamento di prodotti vari e operazioni di assemblaggio, ovvero condizioni lavorative che comportano un'esposizione combinata a posture sfavorevoli e movimenti ripetitivi e di forza (1, 18). Studi epidemiologici sulla prevalenza di tenosinoviti del polso e dell'avambraccio in lavoratori che usano utensili vibranti sono pressoché assenti, con l'eccezione di un'indagine su forestali che riporta una prevalenza del 15% ( $p=0.04$  vs i controlli), (3). La cosiddetta "hypothernar hammer syndrome", caratterizzata da formazioni trombotiche, dilatazioni aneurismatiche o alterazioni stenotiche o occlusive dell'arteria ulnare in corrispondenza dell'osso uncinato del carpo, sembra essere il risultato di un trauma acuto singolo o di ripetuti traumi meccanici in soggetti che usano l'eminanza ipotenar come "utensile" percussorio piuttosto che l'effetto del microtraumatismo prodotto da strumenti vibranti (7).

Per contro, vi è una forte evidenza epidemiologica per un ruolo sia autonomo delle vibrazioni sia sinergico con altri fattori di rischio ergonomico (postura, ripetitività, forza) nell'etiopatogenesi della sindrome del tunnel carpale (STC), (1, 14, 17, 23). Non vi sono sufficienti informazioni di letteratura per quanto riguarda altre sindromi da intrappolamento dei tronchi nervosi dell'arto superiore (sindrome del pronatore, sindrome del tunnel cubitale, sindrome del canale di Guyon, sindrome del tunnel radiale). Nella tabella I è riportata una sintesi degli studi clinici e epidemiologici sull'associazione tra lavoro con utensili vibranti e STC rilevata con vari metodi diagnostici (solo anamnesi, sintomi e segni clinici, elettro-neuromiografia, o combinazione di vari strumenti diagnostici), (5, 14, 17). Nonostante le ben note limitazioni intrinseche al disegno degli studi trasversali, quasi tutte le indagini epidemiologiche di tipo cross-sectional riportano un rischio relativo > 2 per STC in esposti a vibranti. I risultati degli studi caso-controllo suggeriscono che l'esposizione a vibrazioni, quando associata con movimenti ripetitivi del polso o lavoro manuale pesante, aumenta da 5 a 10 volte il rischio di STC. Un effetto sinergico tra vibrazioni e movimenti ripetitivi è stato anche osservato in un nostro studio su cartegiatrici dell'industria della sedia che usavano levigatrici

**Tabella 1. Studi sulla possibile associazione tra sindrome del tunnel carpale (STC) ed esposizione combinata a fattori di rischio ergonomico e vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio (le referenze per i diversi studi sono riportate nelle voci bibliografiche no. 5, 14 e 17)**

Autore (data)	Disegno	Esposti a vibrazioni/casi di STC	Controlli	Criteri diagnostici	RR (IC 95%)/Prevalenza
Lukas (1970)	CS	108 lavoratori di vari settori industriali	Nessun controllo	Diagnosi clinica e ENMG	Prevalenza STC: 17%
Cannon <i>et al.</i> (1981)	CC	30 casi di STC nell'industria aeronautica	90 soggetti della medesima industria	Documentazione clinica	RR 7.0 (3.0 - 17.0) per uso di utensili vibranti
Chatterjee <i>et al.</i> (1982)	CS	16 utilizzatori di martelli perforatori	15 soggetti appaiati	ENMG	RR 10.9 (1.0 - 524)
Silverstein <i>et al.</i> (1987)	CS	652 lavoratori di vari settori industriali	157 lavoratori con esposizione a bassa forza/bassa ripetitività (controllo interno)	Diagnosi clinica	RR 5.3 (IC 95% non riportati) RR 1.9 (non significativo) per esposizione a elevata forza/elevata ripetitività + vibrazioni vs elevata forza/elevata ripetitività
Färkkilä <i>et al.</i> (1988)	CS	79 forestali	Nessun controllo	Diagnosi clinica e ENMG	Prevalenza STC: 26%
Nathan <i>et al.</i> (1988)	CS	471 lavoratori di vari settori industriali	Controlli interni	ENMG	RR 2.0 (1.3 - 3.4) in smerigliatori vs impiegati amministrativi
Wieslander <i>et al.</i> (1989)	CC	34 casi chirurgici di STC	143 controlli ospedalieri o di popolazione	Diagnosi clinica e ENMG	RR 3.3 (1.6 - 6.8) per uso di vibranti vs tutti i controlli RR 6.1 (2.4 - 15) per uso di vibranti vs controlli di popolazione
Koskimies <i>et al.</i> (1990)	CS	217 forestali	Nessun controllo	Diagnosi clinica e ENMG	Prevalenza STC: 20%
Cherniack <i>et al.</i> (1990)	CS	48 smerigliatori	Nessun controllo	Diagnosi clinica e ENMG	Prevalenza STC: 25%
Bovenzi <i>et al.</i> (1991)	CS	65 forestali	31 manutentori	Diagnosi clinica	RR 21.3 ( $p=0.002$ ) RR 13.6 ( $p<0.005$ ) per A(8) < 5 ms <sup>-2</sup> r.m.s. vs controlli RR 39.8 ( $p<0.0001$ ) per A(8) > 5 ms <sup>-2</sup> r.m.s. vs controlli
Bovenzi <i>et al.</i> (1994)	CS	570 lavoratori dell'industria dei lapidei	258 soggetti della medesima industria	Diagnosi clinica	RR 3.4 (1.4 - 8.3)
Nilsson <i>et al.</i> (1994)	CS	134 lavoratori metalmeccanici	61 impiegati amministrativi	ENMG	RR 1.4 - 2.0 per aumentata latenza distale del nervo mediano RR 0.9 - 1.7 per alterata VCS del nervo mediano
Dasgupta <i>et al.</i> (1996)	CS	65 utilizzatori di martelli perforatori	35 soggetti della medesima industria	Diagnosi clinica e ENMG	Prevalenza STC: 25% negli esposti vs 2% nei controlli
Stromberg <i>et al.</i> (1996)	CS	100 lavoratori di vari settori industriali	Nessun controllo	Diagnosi clinica	Prevalenza STC: 28%
Tanaka <i>et al.</i> (1997)	CS	Indagine campionaria con 44233 interviste (1988 National Health Interview Survey)		Diagnosi anamnestica	RR 1.9 (1.2 - 2.8) per esposizione a vibrazioni
Sakakibara <i>et al.</i> (1998)	CS	56 lavoratori di vari settori industriali	43 controlli	ENMG	Ridotta VCS del nervo mediano: 20% negli esposti vs 5% nei controlli
Giannini <i>et al.</i> (1999)	CS	20 forestali	20 forestali non esposti	ENMG	Prevalenza di STC certa o possibile 35% negli esposti, 15% nei controlli
Bovenzi <i>et al.</i> (2005)	CS	100 carteggiatrici nell'industria del legno	100 impiegate amministrative	Diagnosi clinica	RR 3.0 (1.3 - 6.9) RR 1.3 (1.1 - 1.5) per unità di incremento di A(8) in ms <sup>-2</sup> r.m.s. RR 1.1 (1.0 - 1.2) per unità di incremento dello Strain Index

Disegno dello studio: CS=cross-sectional, CC=caso-controllo. RR=rischio relativo (prevalence ratio, odds ratio). ENMG: elettro-neuromiografia. VCS=velocità di conduzione sensitiva. A(8): accelerazione equivalente delle vibrazioni normalizzata a 8 ore di lavoro (ms<sup>-2</sup> r.m.s.).

orbitali (5). In questo studio, l'analisi dei dati con un modello di tipo moltiplicativo (log-binomiale) ha evidenziato che l'occorrenza di STC era associata sia all'esposizione giornaliera alle vibrazioni (OR 1.3 (IC 95% 1.1 - 1.5) per unità di incremento di  $A(8)$  in  $\text{ms}^{-2}$  r.m.s.) sia alla frequenza dei movimenti ripetitivi del segmento mano-polso (OR 1.1 (IC 95% 1.0 - 1.2) per unità di incremento dello strain index di Moore & Garg), (5, 15). Esperimenti di biomeccanica hanno suggerito che le vibrazioni e il carico ergonomico esercitano una influenza reciproca le une sull'altro: vibrazioni di intensità crescente inducono una crescente forza di presa sull'impugnatura dell'utensile, e l'aumentata forza di prensione determina a sua volta un aumento della trasmissione delle vibrazioni al sistema mano-braccio e un maggior assorbimento di energia meccanica nei tessuti dell'arto superiore (5). Gli esperimenti sia su animali da laboratorio sia su esseri umani, infine, hanno fornito plausibilità biologica alle osservazioni epidemiologiche di un aumentato rischio di STC nei lavoratori che usano utensili vibranti. Le vibrazioni possono provocare edema nel perinevrio dei nervi periferici con aumento della pressione intraneurale e conseguenti fenomeni di ischemia locale (13), così come sforzi ripetuti con esagerata flessione e estensione del segmento mano-polso causano un aumento della pressione entro il tunnel carpale (17). Vibrazioni e stress ergonomico, pertanto, concorrono entrambi a causare una compressione del nervo mediano a livello del tunnel carpale. È sulla base di tali evidenze epidemiologiche e sperimentali che la STC nei lavoratori fanno uso regolare e prolungato di utensili vibranti è considerata malattia professionale indennizzabile in vari Paesi ed è stata inserita nella lista ad alta priorità delle malattie di origine occupazionale soggette a denuncia nella legislazione italiana.

### Malattia di Dupuytren

La malattia di Dupuytren è caratterizzata da proliferazione nodulare del tessuto fibroso dell'aponeurosi palmare con conseguente contrattura e flessione permanente delle dita delle mani, in particolare del IV e V segmento digitale. La malattia di Dupuytren è più frequente nei maschi e la prevalenza aumenta con l'età. Oltre alla familiarità, sono state riportate associazioni con il diabete mellito, l'epilessia e le malattie croniche di fegato (11). In campo occupazionale, la malattia di Dupuytren è stata associata ad eventi acuti, come esito di ferite penetranti, fratture o traumi vari a carico della mano (11). È tuttora materia di discussione se la malattia di Dupuytren possa essere associata all'esposizione cronica a fattori di rischio biomeccanico. In una revisione della letteratura, Liss e Stock (11) hanno identificato 23 studi sull'argomento. Di questi, solamente 4 sono stati considerati di qualità adeguata sulla base di alcuni criteri di selezione. Tre di questi studi, uno con disegno caso-controllo (Cocco *et al.*, 1987) e due con disegno trasversale (Thomas e Clarke, 1992; Bovenzi *et al.*, 1994), avevano indagato la possibile associazione tra malattia di Dupuytren e uso di utensili vibranti. Tutti e tre gli studi hanno riportato una significativa associazione tra

malattia di Dupuytren ed esposizione a vibrazioni mano-braccio con stime di OR di 2.3 (IC 95% 1.5 - 4.4) nello studio caso-controllo, e 2.1 (IC 95% 1.1 - 3.9) e 2.6 (IC 95% 1.2 - 5.5) negli studi trasversali. In due studi vi era evidenza per una positiva relazione esposizione-riposta con l'aumentare degli anni di esposizione o della dose cumulativa di vibrazioni. Gli autori della revisione della letteratura concludevano che gli studi epidemiologici disponibili, seppur di numero limitato, supportavano un'associazione tra malattia di Dupuytren e uso di utensili vibranti. Per contro, in uno studio su 97.537 minatori del Regno Unito, la prevalenza della malattia di Dupuytren non era correlata con gli anni di esposizione a vibrazioni mano-braccio, mentre associazioni significative sono state rilevate con l'età, il consumo di alcool e tabacco, e il diabete mellito (6). Peraltro, in un recente studio trasversale su 2.406 dipendenti pubblici maschi dell'amministrazione francese, la malattia di Dupuytren è risultata associata sia all'uso di utensili vibranti (OR grezzo: 1.7 (IC 95% 1.3 - 2.3)) sia ad esposizione combinata a lavoro manuale pesante e vibrazioni mano-braccio (OR aggiustato: 3.91 (IC 95% 2.24 - 6.80)), (12). Nel nostro Paese la problematica è ancora aperta in quanto nel D.M. 14 gennaio 2008 (obbligatorietà della denuncia delle malattie professionali) la malattia di Dupuytren è inserita nella lista III (gruppo 2 - malattie da agenti fisici), ovvero la lista contenente le malattie la cui origine lavorativa è considerata solo possibile, e gli agenti causali sono individuati nei "microtraumi e posture incongrue degli arti superiori per attività eseguite con ritmi continui e ripetitivi per almeno la metà del tempo del turno lavorativo".

### Disturbi muscolo-scheletrici aspecifici dell'arto superiore

Numerosi studi clinici ed epidemiologici hanno riportato un'elevata occorrenza di disturbi aspecifici a carico del collo e degli arti superiori in lavoratori esposti a vibrazioni e stress ergonomico, in particolare nei forestali (1, 3, 4, 10, 14). Tali disturbi sono caratterizzati da mialgie, artralgie, rigidità articolare, parestesie e sensazione soggettiva di gonfiore agli arti superiori, cui si associano all'esame obiettivo diminuita soglia del dolore alla palpazione dei vari distretti dell'arto superiore, riduzione dei movimenti articolari passivi e attivi, diminuzione della forza di prensione e della capacità di manipolazione fine. I sintomi insorgono gradualmente a partire dalle estremità distali e tendono a diffondersi a tutto l'arto superiore. Talora sono anche presenti disturbi della sfera psicosomatica quali ansietà, irritazione, alterazioni dell'umore, astenia e disturbi del sonno. Non vi sono criteri diagnostici ben definiti e validati per questa tipologia di disturbi aspecifici, per i quali sono stati conati termini quali "repetitive strain injury" per indicarne il substrato etiopatogenetico, ovvero fenomeni di usura dell'apparato muscolo-scheletrico degli arti superiori dovuti all'esecuzione di compiti lavorativi che comportano prolungate posture incongrue, movimenti ripetitivi e di forza ad elevata frequenza, eventualmente associati ad esposizione a stress vibratorio. In un nostro studio su lavoratori forestali (3), dolore persistente al collo

e agli arti superiori senza precisa definizione diagnostica era presente nel 72% degli operatori che usavano motoseghe vs il 39% nei controlli (OR 4.8,  $p=0.002$ ). In uno studio su carteggiatrici esposte a microtraumatismo vibratorio e movimenti ripetitivi (5), disturbi muscolo-scheletrici aspecifici erano presenti nel 30% (collo) e 25% (polso) delle lavoratrici esposte vs 46% (collo) e 8% (polso) nei controlli (impiegate amministrative), con stime di rischio relativo pari a 0.9 (IC 95% 0.6 - 1.3) per il collo e 3.6 (IC 95% 1.6 - 8.1) per il polso. I rispettivi ruoli delle vibrazioni e dello stress biomeccanico nella genesi dei disturbi aspecifici degli arti superiori sono di difficile definizione data la mancanza di chiari criteri diagnostici e il possibile intervento di fattori di ipersuscettibilità individuale e di natura psicosociale, anche se alcuni studi sperimentali hanno dimostrato che le vibrazioni possono indurre degenerazione e necrosi delle cellule muscolari e severe alterazioni delle fibre nervose periferiche quali demielinizzazione, perdita di microfilamenti assonali, e fibrosi perineurale (16, 22).

### Osteoartropatie dell'arto superiore

Le possibili alterazioni osteoarticolari causate da vibrazioni trasmesse all'arto superiore rappresentano un tema controverso. Vari autori ritengono che le lesioni cronico-degenerative dei segmenti ossei e delle articolazioni degli arti superiori osservate negli esposti a vibranti siano di tipo aspecifico e simili a quelle dovute al lavoro manuale pesante o ai processi di invecchiamento (9). Le prime indagini radiologiche avevano riscontrato una elevata prevalenza di cisti e vacuoli nelle ossa carpali e metacarpali degli esposti a vibranti, ma successivi studi non hanno confermato un eccesso di rischio per tali lesioni rispetto a gruppi di controllo costituiti da lavoratori manuali (2, 9). In Francia, la malattia di Kienbock (malacia del se-

milunare) e la malattia di Kohler (pseudoartrosi dello scafoide) sono considerate malattie professionali indenizzabili nei lavoratori esposti a vibranti. Alcuni studi clinico-radiologici hanno evidenziato un' aumentata prevalenza di artrosi del polso e di artrosi ed osteofitosi del gomito in minatori, cavatori, lavoratori edili e operatori dell'industria metalmeccanica e metallurgica esposti a vibrazioni di bassa frequenza ed elevata ampiezza generate da utensili a movimento percussorio o percussorio-rotatorio quali martelli perforatori, martelli da sbancamento e martelli scalpellatori ad alimentazione pneumatica (2, 9). Queste osservazioni epidemiologiche sono supportate da evidenze biomeccaniche in quanto le vibrazioni di bassa frequenza sono trasmesse lungo i segmenti ossei ed articolari della mano e dell'avambraccio, mentre l'energia delle vibrazioni ad alta frequenza (>200 Hz) tende ad essere assorbita a livello dei tessuti della mano. Inoltre, fenomeni di risonanza del polso e del gomito sono rilevabili nel range di frequenza tra 10 e 20 Hz, e l'attività elettrica del muscolo tricipite è fortemente influenzata dalle vibrazioni di bassa frequenza. Nella tabella II è riportata la distribuzione delle lesioni anatomo-radiologiche a carico degli arti superiori rilevate in un nostro studio su lavoratori di fonderia esposti a vibrazioni mano-braccio generate da scalpelli pneumatici e su controlli che svolgevano lavoro manuale pesante (2). È stato ipotizzato che, oltre allo stress vibratorio, vari altri fattori biomeccanici possano contribuire all'etiopatogenesi delle lesioni osteoarticolari negli esposti a utensili percussori, quali, ad esempio, il sovraccarico articolare, lo sforzo muscolare intenso e le posture incongrue (9). Anche se è stata rilevata una moderata tendenza all'aumento di lesioni degenerative del gomito con l'aumentare della dose di vibrazioni (tabella III), tuttavia non vi sono attualmente sufficienti dati epidemiologici per delineare, neppure in via provvisoria, una relazione tra esposizione a vibrazioni mano-braccio e alterazioni osteoarticolari degli arti superiori nei lavoratori che usano utensili vibranti.

**Tabella II. Lesioni anatomo-radiologiche a carico degli arti superiori in lavoratori di fonderia esposti a vibrazioni mano-braccio generate da scalpelli pneumatici e in controlli che svolgevano lavoro manuale pesante (2)**

Sede anatomica	Esposti a vibrazioni (n= 67)	Controlli (n=46)
	N (%)	N (%)
Polso	cisti o vacuoli ossei	12 (26.0)
	osteoartrosi	2 (4.3) <sup>a</sup>
	tutte le anomalie Rx-grafiche	13 (28.2)
Gomito	entesopatia (sperone olecranico)	13 (28.2) <sup>a</sup>
	osteoartrosi	4 (8.7)
	calcificazioni	3 (6.5)
	tutte le anomalie Rx-grafiche	17 (36.9) <sup>a</sup>
Spalla	osteoartrosi	6 (24.0)
	tutte le anomalie Rx-grafiche	8 (32.0)

Test  $\chi^2$ : <sup>a</sup> $p<0.025$ .

**Tabella III. Prevalenza di entesopatia del gomito (sperone olecranico) in lavoratori di fonderia esposti a vibrazioni mano-braccio generate da scalpelli pneumatici e in controlli che svolgevano lavoro manuale pesante, in rapporto all'età e all'esposizione giornaliera a vibrazioni espressa in termini di accelerazione equivalente normalizzata a 8 ore di lavoro (A(8) in ms<sup>-2</sup> r.m.s.), (2)**

Età (anni)	A(8) (ms <sup>-2</sup> r.m.s.)			Totale
	< 4	4 - 8	> 8	
	N (%)	N (%)	N (%)	
≤ 34	-	-	5 (45.4)	5 (29.4)
35 - 44	4 (57.1)	7 (77.7)	10 (58.8)	21 (63.6)
≥ 45	-	1 (20.0)	7 (63.6)	8 (47.1)
Totale	4 (36.4)	8 (47.0)	22 (56.4)	34 (50.7)

Test  $\chi^2$  per il trend con l'esposizione a vibrazioni, corretto per l'età:  $p > 0.1$ .

## Conclusioni

Il riesame della letteratura svolto nel presente studio consente di suggerire le seguenti conclusioni:

1. le vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio svolgono un ruolo autonomo e dominante nell'insorgenza del fenomeno di Raynaud e di varie forme di neuropatia periferica prevalentemente sensitiva nei lavoratori le cui mansioni comportano un regolare e prolungato uso di utensili vibranti;
2. vi sono evidenze biomeccaniche che le vibrazioni di bassa frequenza e elevata ampiezza generate da utensili a movimento percussorio causano, in concorso con altri fattori di stress ergonomico, alterazioni cronico-degenerative a carico dei segmenti ossei e delle articolazioni degli arti superiori, in particolare a livello del polso e del gomito;
3. vi sono forti evidenze epidemiologiche e sperimentali che l'esposizione combinata a vibrazioni mano-braccio e fattori di rischio biomeccanico (ripetitività, forza, postura) è associata ad un elevato e significativo aumento dell'occorrenza di sindrome del tunnel carpale;
4. vi è una limitata evidenza, documentata da un piccolo numero di studi epidemiologici, di una possibile associazione tra malattia di Dupuytren e uso professionale di utensili vibranti;
5. vi sono insufficienti evidenze che l'esposizione a vibrazioni mano-braccio svolga un ruolo indipendente rispetto ad altri fattori di rischio biomeccanico nell'insorgenza di patologie muscolo-scheletriche sia aspecifiche sia clinicamente ben definite a carico del collo e degli arti superiori. I risultati di numerosi studi clinici ed epidemiologici suggeriscono che i movimenti ripetitivi e di forza e le posture sfavorevoli, da soli o in combinazione, e la loro frequenza e durata, sono primariamente associati con varie patologie muscolo-scheletriche degli arti superiori, anche se un ruolo almeno concausale delle vibrazioni non può essere completamente escluso.

## Bibliografia

- 1) Bernard PB (ed). Musculoskeletal disorders and workplace factors. U.S. DHHS (NIOSH) Publication No. 97-141. Cincinnati (OH), 1997.
- 2) Bovenzi M, Fiorito A, Volpe C. Bone and joint disorders in the upper extremities of chipping and grinding operators. *Int Arch Occup Environ Health* 1987; 59: 189-198.
- 3) Bovenzi M, Zadini A, Franzinelli A, Borgogni F. Occupational musculoskeletal disorders in the neck and upper limbs of forestry workers exposed to hand-arm vibration. *Ergonomics* 1991; 34: 547-562.
- 4) Bovenzi M. Hand-transmitted vibration. In Stellman JM (ed): *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*, 4<sup>th</sup> ed. Vol II: 50.7 - 50.12. ILO, Geneva, 1998.
- 5) Bovenzi M, Della Vedova A, Nataletti P, Alessandrini B, Poian T. Work-related disorders of the upper limb in female workers using orbital sanders. *Int Arch Occup Environ Health* 2005; 78: 303-310.
- 6) Burke FD, Proud G, Lawson IJ, McGeoch KL, Miles JN. An assessment of the effects of exposure to vibration, smoking, alcohol and diabetes on the prevalence of Dupuytren's disease in 97,537 miner. *J Hand Surg Eur* 2007; 32: 400-406.
- 7) Cooke RA. Hypothenar hammer syndrome: a discrete syndrome to be distinguished from hand-arm vibration syndrome. *Occup Med* 2003; 53: 320-324.
- 8) Cooke RA. Thoracic outlet syndrome - aspects of diagnosis in the differential diagnosis of hand-arm vibration syndrome. *Occup Med* 2003; 53: 331-336.
- 9) Gemne G, Saraste H. Bone and joint pathology in workers using hand-held vibrating tools. An overview. *Scand J Work Environ Health* 1987; 13: 290-300.
- 10) Kuorinka I, Forcier L (eds). *Work related musculoskeletal disorders (WMSDs): a reference book for prevention*. Taylor & Francis, London, 1995.
- 11) Liss GM, Stock SR. Can Dupuytren's contracture be work-related?: review of the evidence. *Am J Ind med* 1996; 29: 521-532.
- 12) Lucas G, Brichet A, Roquelaure Y, Leclerc A, Descatha A. Dupuytren's disease: personal factors and occupational exposure. *Am J Ind Med* 2008; 51: 9-15.
- 13) Lundborg G, Dahlin LB, Danielsen N, Hansson HA, Necking LE, Pyykkö I. Intraneural edema following exposure to vibration. *Scand J Work Environ Health* 1987; 13: 326-329.
- 14) Mason H, Poole K. *Clinical testing and management of individuals exposed to hand-transmitted vibration. An evidence review*. Faculty of Occupational Medicine, London, 2004.
- 15) Moore JS, Garg A. The Strain Index: a proposed method to analyze

- jobs for risk of distal upper extremity disorders. *Am Ind Hyg Ass J* 1995; 56: 443-458.
- 16) Necking LE, Dahlin LB, Fridén J, Lundborg G, Lundström R, Thornell LE. Vibration-induced muscle injury. *J Hand Surg* 1992; 17B: 270-274.
- 17) Palmer KT, Harris EC, Coggon D. Carpal tunnel syndrome and its relation to occupation: a systematic literature review. *Occup Med* 2007; 57: 57-66.
- 18) Palmer KT, Harris EC, Coggon D. Compensating occupationally related tenosynovitis and epicondylitis: a literature review. *Occup Med* 2007; 57: 67-74.
- 19) Palmer KT, Smedley J. Work relatedness of chronic pain with physical findings – a systematic review. *Scand J Work Environ Health* 2007; 33:165-191.
- 20) Ritz BR. Humeral epicondylitis among gas- and water-works employees. *Scand J Work Environ Health* 1995; 21: 478-486.
- 21) Stenlund B, Goldie I, Hagberg M, Hogstedt C. Shoulder tendinitis and its relation to heavy manual work and exposure to vibration. *Scand J Work Environ Health* 1993; 19: 43-49.
- 22) Takeuchi T, Takeya M, Imanishi H. Pathological changes observed in the finger biopsy of patients with vibration-induced white finger. *Scand J Work Environ Health* 1986; 12: 280-283.
- 23) Viikari-Juntura E, Silverstein B. Role of physical load factors in carpal tunnel syndrome. *Scand J Work Environ Health* 1999; 25: 163-185.

**Richiesta estratti:** *Prof. Massimo Bovenzi - Unità Clinica Operativa di Medicina del Lavoro, Dipartimento di Scienze di Medicina Pubblica, Azienda Ospedaliero-Universitaria "Ospedali Riuniti di Trieste", Università di Trieste, Centro Tumori, Via della Pietà 19, I-34129 Trieste, Italy - Tel.: +39-040-3992313, +39-040-632797, Fax +39-040-368199, E-mail: bovenzi@units.it*