



Numero 39°/2014

Carrelli elevatori: rischio vibrazioni al corpo intero

Al recente Convegno dBA tenutosi a Modena lo scorso mese di settembre è stato presentato un interessante lavoro di indagine sulle vibrazioni alla guida dei carrelli elevatori realizzato da un gruppo di colleghi padovani capeggiati dal professor Peretti.

Di questo lavoro riportiamo le parti che possono essere utili nella nostra attività di tutela e di riconoscimento delle patologie correlate al lavoro.

Vibrazioni sui carrelli elevatori: esposizione e contenimento dei rischi **Alessandro Peretti, Francesco Bonomini, Anita Pasqua di Bisceglie**

I carrelli elevatori sono ampiamente impiegati negli stabilimenti industriali e nei magazzini per la movimentazione dei materiali e delle merci. In genere i conducenti svolgono esclusivamente la mansione di carrellista, risultando così esposti a vibrazioni spesso in misura quasi continua per l'intero turno di lavoro.

Dai dati di letteratura emerge che i conducenti dei carrelli accusano disturbi al rachide lombare e che tali disturbi possono essere determinati dalle vibrazioni; d'altra parte queste ultime assumono in diversi casi valori elevati.

È noto che a una esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo intero, prolungata nel tempo, è associato un maggiore rischio di insorgenza di disturbi e lesioni a carico del rachide, in particolare del tratto lombosacrale. Infatti, i dati epidemiologici attualmente disponibili depongono per una maggiore occorrenza di lombalgie, alterazioni degenerative precoci della colonna vertebrale, discopatie o ernie discali lombari e/o lombosacrali nei soggetti professionalmente esposti a vibrazioni rispetto ai controlli.

Anche per i carrellisti la maggior parte degli studi riporta come predominanti i sintomi riferiti al rachide lombare, mentre pochi evidenziano effetti su altri tratti della colonna vertebrale, come quello attinente le articolazioni cervicali [Druzhinin et al 1995]. Nei carrellisti le prevalenze di disturbi o patologie a carico del rachide lombare risultano statisticamente significative rispetto ai gruppi di controllo [Brendstrup, Biering-Sørensen, 1987;

Boshuizen et al., 1992; Bovenzi, Hulshof, 1999; Shinozaki et al., 2001; Bovenzi et al., 2002; Waters et al., 2005, 2008; Motmans, 2012; Ronchese, Bovenzi, 2012] e crescono all'aumentare degli anni di esposizione alle vibrazioni [Brendstrup, Biering-Sørensen, 1987; Bovenzi, Hulshof, 1999; Bovenzi et al., 2002; Ronchese, Bovenzi, 2012]. L'azione traumatica delle vibrazioni e il continuo compenso da parte dei muscoli paravertebrali costituiscono, infatti, dei fattori di rischio per l'insorgenza di disturbi a carico del rachide lombosacrale [Cristaudo, 2012].

Tuttavia il ruolo delle vibrazioni nell'eziopatogenesi delle alterazioni del rachide nei conducenti dei mezzi di trasporto e delle macchine semoventi non è ancora completamente chiarito; infatti, solo pochi studi riportano i valori delle accelerazioni con la conseguenza che le relazioni dose-risposta si basano su dati insufficienti [Wikström et al., 1994].

Inoltre la guida dei carrelli elevatori comporta non solo l'esposizione a vibrazioni, ma anche a fattori di stress ergonomico, quali ad esempio la postura assisa prolungata con mani e piedi impegnati sui dispositivi di guida, l'assenza di pause, i movimenti incongrui e ripetuti del tronco e del collo (rotazione e flessione) in particolare durante la retromarcia [Brendstrup, Biering-Sørensen, 1987; Bovenzi et al., 2002; Waters et al., 2005; Motmans, 2012]. In generale, tali fattori di rischio sono associati alla guida professionale della maggior parte dei mezzi di trasporto persone e merci [Cristaudo, 2012; Ronchese, Bovenzi, 2012].

Da uno studio emerge che le posture inadeguate si riferiscono più frequentemente al mantenimento del tronco in flessione laterale e per tempi minori del collo in flessione sagittale o laterale [Raffler et al., 2010].

Accanto a questi fattori che sono strettamente legati alla guida dei carrelli, alcune caratteristiche individuali quali età, BMI, abitudine al fumo, aspetti costituzionali, familiarità, nonché fattori di natura psicosociale o pregressi traumatismi sono riconosciuti come variabili predittive della comparsa di disturbi al rachide, in particolare di lombalgia. A proposito dell'età, va evidenziato che, all'aumentare della stessa, la differenza tra la prevalenza dei disturbi a carico del rachide nei carrellisti e nei controlli tende a ridursi, anche per il fatto che i lavoratori con mal di schiena abbandonano le attività lavorative che presuppongono esposizione alle vibrazioni [Boshuizen et al., 1992].

La ricerca è stata effettuata nell'ambito delle consuete attività di valutazione del rischio presso 15 aziende (stabilimenti di lavorazione o di produzione di lamiera e *coils*, lastre di marmo, banchi frigoriferi, elettrodomestici, impianti di condizionamento, sacchi di carta, *compounds* di materiale plastico).

Sono stati considerati 137 carrelli, così suddivisi o con le seguenti caratteristiche:

- 103 frontali (controbilanciati), 16 commissionatori, 7 da traino, 4 laterali, 3 a montante retrattile, 3 stocicatori, 1 *transpallet*; - 129 a motore elettrico e 8 a motore diesel;
- 120 dotati di sedile e 17 muniti di pedana per la guida in piedi;
- massa sino a 4 t e portata sino a 3 t;
- immatricolati tra il 1971 e il 2013.

Per ciascun carrello è stato eseguito un rilievo di durata pari a circa 10 minuti nelle normali condizioni di lavoro, seguendo in bicicletta o a piedi il mezzo e annotando le lavorazioni svolte, le aree attraversate e le caratteristiche della pavimentazione.

Esposizione alle vibrazioni

Ai sensi del DLgs.81/2008, per la valutazione dell'esposizione giornaliera normalizzata a 8 ore, $A(8)$, è stato considerato il valore massimo della terna delle accelerazioni quadratiche medie ponderate in frequenza, dopo aver moltiplicato per il coefficiente 1.4 le accelerazioni longitudinali e trasversali al fine di tener conto della maggiore sensibilità del corpo umano sul piano orizzontale. Se prima della correzione il valore più alto della terna si riscontra sugli assi verticale, longitudinale e trasversale, rispettivamente, nel 92, 7 e 1 % dei casi, dopo la correzione, il valore più alto si rileva sugli assi verticale, longitudinale e trasversale, rispettivamente, nel 69, 25 e 6 % dei casi. La correzione rende quindi significative le accelerazioni orizzontali.

Il valore massimo della terna corretta costituisce l'esposizione giornaliera normalizzata a 8 ore nel caso di 8 ore/giorno di esposizione alle vibrazioni; per durate di esposizione differenti, l'esposizione va calcolata in base alla relazione $A(8) = (a_2 t / 8)^{0.5}$ con t espresso in ore.

Dalla suddivisione percentuale dei dati nelle tre fasce ($< 0.5 \text{ m/s}^2$, $0.5 - 1.0 \text{ m/s}^2$, $> 1.0 \text{ m/s}^2$), emerge che $A(8)$ supera il valore di azione definito dal DLgs.81/2008 (0.5 m/s^2) nel 46, 32, 14 % dei casi per esposizioni, rispettivamente, di 8, 6, 4 ore/giorno.

Si può pertanto concludere che la mansione di carrellista è contraddistinta dai rischi associati all'esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo intero.

FATTORI RELATIVI AI MEZZI

Portata: la capacità di carico influenza le vibrazioni: i carrelli con portata superiore a 10 t sono caratterizzati da accelerazioni verticali pari alla metà di quelle dei carrelli con portata inferiore a 2 t [[Danière et al., 1992; Saint-Eve, Donati, 1993].

Motori: per quanto riguarda il tipo di motore, i carrelli a motore elettrico determinano

vibrazioni meno elevate rispetto a quelli a combustione interna perché permettono una guida più dolce [Saint-Eve, Donati, 1993].

Dalla presente indagine su 137 carrelli in normali condizioni di lavoro è emerso che le vibrazioni sui mezzi diesel sono più alte poiché essi lavorano all'aperto, in spazi più ampi, per cui operano a velocità maggiore.

Ruote: con riferimento alle ruote, quelle piene assicurano maggiore stabilità e garantiscono maggiore sicurezza rispetto a quelle pneumatiche non subendo forature: tra le ruote in gomma piena e dura (*cushion*) e le ruote in gomma piena con interno morbido e battistrada duro (superelastiche), sono da preferire queste ultime in quanto determinano vibrazioni minori, anche se vibrazioni ancora più basse sarebbero associate alle ruote a camera d'aria (pneumatiche) [Saint-Eve, Donati, 1993]. Sul fatto che le ruote superelastiche smorzano maggiormente le vibrazioni rispetto alle ruote *cushion* sono d'accordo anche altri autori [Tartara, 2012].

Sedili: è stato evidenziato che il sedile agisce solo sulle vibrazioni verticali e andrebbe scelto in considerazione della frequenza delle componenti dominanti del carrello (4 -6 Hz nel caso di portate tra 1 e 5 t; 2 - 3 Hz nel caso di portate superiori a 10 t)[Saint-Eve, Donati, 1993].

Da alcuni ricercatori sono stati confrontati due sedili nuovi di marca molto nota, uno con sospensione meccanica, l'altro con sospensione pneumatica. I sedili sono stati montati sullo stesso carrello condotto alternativamente da 12 conducenti su un percorso predefinito con superfici asfaltate e di calcestruzzo. Ambedue i sedili attenuano le vibrazioni verticali trasmesse dal basamento di circa la metà. Anche se le differenze non sono significative, i dati depongono per un migliore comportamento del sedile a sospensione pneumatica. Per quanto riguarda il peso del conducente, le attenuazioni maggiori si presentano nel caso dei soggetti più pesanti, in particolare nel caso dei sedili a sospensione meccanica [Blood et al., 2010].

Un altro ricercatore ha posto a confronto due sedili di marca molto nota, uno con sospensione meccanica, l'altro con sospensione pneumatica, montati su esemplari di carrello diversi ma di uguale modello, condotti dai rispettivi conducenti su due percorsi predefiniti con superfici di calcestruzzo in condizioni buone o mediocri a due velocità (pari o inferiore a 8 km/h, pari o inferiore a 15 km/h). Tra i due sedili, quello a sospensione pneumatica riduce maggiormente le vibrazioni verticali rispetto a quello a sospensione meccanica: ciò si verifica in particolare sulle superfici mediocri, indipendentemente dalla velocità [Motmans, 2012].

Per quanto riguarda la rigidità della sospensione del sedile, essa dovrebbe essere regolata in funzione del peso del conducente [Tartara, 2012].

Facendo riferimento ai carrelli portuali realizzati prima dell'anno 2000, è stato sottolineato che i sedili non attenuano le vibrazioni verticali nell'intervallo di frequenza in cui esse sono più lesive; è stato osservato che da molti anni carrelli e sedili non hanno subito migliorie per quanto riguarda le vibrazioni; inoltre le sospensioni dei sedili non sono in genere oggetto di manutenzione, né vengono riparate [Tsujimura et al., 2005].

La presente indagine su 137 carrelli in normali condizioni di lavoro ha dimostrato la notevole influenza dei sedili sulle vibrazioni cui sono esposti i conducenti. Mentre in 2/3 dei casi i sedili attenuano le vibrazioni sino a ridurle a meno della metà, in 1/3 dei casi le amplificano sino a più di una volta e mezza. Il sedile assume quindi una notevole importanza in termini igienistici. Poiché i produttori dei sedili non forniscono indicazioni sufficienti (ad esempio la curva di trasmissibilità delle vibrazioni), i tecnici dovrebbero valutare l'adeguatezza dei sedili nelle aziende in cui svolgono la loro attività di consulenza.

Si è visto che in 1/4 dei casi le vibrazioni determinanti il rischio si presentano lungo l'asse longitudinale, parallelo alla direzione del moto; è verosimile che disaccoppiando meccanicamente il sedile dal telaio del carrello anche sul piano orizzontale si ottenga una riduzione delle vibrazioni cui il conducente è esposto. In questo caso potrebbero però sorgere nuovi problemi associati alla guidabilità del mezzo in particolare durante le fasi di accelerazione e decelerazione. Anche se alcune aziende (Grammer, Isringhausen, Sears, ecc.) producono validi sedili per carrelli, sono auspicabili innovazioni progettuali finalizzate all'ottimizzazione dei sistemi di sospensione dei sedili.

Aspetti ergonomici: in letteratura sono riportate interessanti osservazioni circa gli aspetti ergonomici. La postura del carrellista è caratterizzata da una posizione assisa prolungata nel tempo. Il posto di guida non è confortevole. Lo spazio è generalmente limitato in particolare in altezza. La visibilità in avanti è ridotta a causa delle guide per le forche e a causa del carico per cui spesso il carrellista deve inclinarsi di lato; per questo motivo è talvolta preferita la traslazione indietro, anche se essa comporta la rotazione del busto. I sedili sono spesso degradati (imbottitura lacerata, regolazioni non funzionanti, giochi tra i diversi elementi, ecc.). Il sedile risulta a volte inadeguato: schienale troppo poco alto per offrire sostegno alla schiena, profilo non avvolgente, assenza di regolazioni in altezza e di inclinazione dello schienale, cuscini lombari inesistenti, rivestimento dell'imbottitura scivoloso [Saint-Eve, Donati, 1993].

Alcune di queste osservazioni sono riprese da altri ricercatori sulla base delle indicazioni dei conducenti in uno studio svolto in laboratorio. I piani dei sedili sono generalmente considerati poco profondi, scarsamente morbidi e troppo poco inclinati all'indietro. Gli schienali sono troppo piatti. Piani dei sedili e schienali dovrebbero essere dotati di supporti laterali maggiormente pronunciati in modo da garantire una migliore postura. La possibilità di inclinare lo schienale è reputata importante [Donati P, Patel, 1999].

A proposito degli aspetti ergonomici è stato evidenziato che sul mercato sono presenti oggi carrelli tecnologicamente avanzati. Grazie a sistemi idraulici accoppiati a dispositivi elettronici, complessivamente più compatti, da un lato lo spazio riguardante il posto di guida è aumentato e dall'altro i carrelli possono essere controllati mediante comandi tipo *joystick* o *finger tips*, non vincolati meccanicamente al telaio e quindi collocabili in posizioni ergonomiche, ad esempio all'estremità del bracciolo del sedile [Tartara, 2012].

FATTORI RELATIVI ALLE CONDIZIONI DI LAVORO:

Carico: dai rilievi su 2 carrelli in condizioni controllate illustrati in questo lavoro è emerso che il carico influisce sulle vibrazioni: nel caso di superfici asfaltate in condizioni buone, passando da un carrello carico allo stesso carrello scarico, l'accelerazione verticale aumenta di un fattore 1.1 - 1.4 nell'intervallo 6 -12 km/h.

Velocità: per quanto riguarda la velocità di traslazione, è stato osservato che un carrello senza carico opera generalmente a maggiore velocità con la conseguenza che le vibrazioni sono più elevate [Saint-Eve, Donati, 1993].

Nella ricerca già citata riguardante un sedile meccanico e uno pneumatico esaminati su superfici di calcestruzzo in condizioni buone o mediocri a due velocità (pari o inferiore a 8 km/h, pari o inferiore a 15 km/h) è stato osservato che l'aumento di velocità determina vibrazioni verticali più elevate di un fattore 1.3 - 1.4, indipendentemente dalle condizioni della superficie [Motmans, 2012].

I rilievi su 5 carrelli in condizioni controllate svolti nell'ambito di questa ricerca su superfici asfaltate in condizioni buone e su lastre in calcestruzzo in condizioni mediocri hanno evidenziato che la velocità può influenzare, anche notevolmente, le vibrazioni: a un raddoppio della velocità, da 6 a 12 km/h, l'accelerazione verticale sullo stesso mezzo aumenta di un fattore 1.3-2.1.

La velocità dei carrelli dovrebbe quindi essere limitata: indagini sulla correlazione tra velocità e vibrazioni potrebbero essere svolte dai tecnici igienisti nelle effettive condizioni in cui mezzi operano (superfici, carico, ecc.), al fine di individuare la velocità massima (in

sostanza, la velocità che determina un'esposizione pari a 0.5 m/s^2). Questa potrebbe essere impostata sulla centralina dei carrelli in modo che non possa essere superata.

Superficie: con riferimento alla superficie su cui i carrelli traslano, è stato sottolineato che essa svolge un ruolo determinante in particolare nel caso di carrelli con portata inferiore a 2 t; essendo privi di sospensioni e dotati di ruote di diametro contenuto, i carrelli sobbalzano in corrispondenza delle irregolarità superficiali [Saint-Eve, Donati, 1993].

Nella ricerca già citata riguardante un sedile meccanico e uno pneumatico esaminati su superfici di calcestruzzo in condizioni buone o mediocri a due velocità è stato osservato che l'aumento di irregolarità superficiali determina vibrazioni verticali più elevate di un fattore 1.7, indipendentemente dalla velocità [Motmans, 2012].

Sulla base dei dati raccolti in questo studio su 2 carrelli si può affermare che la non uniformità delle superfici asfaltate o in calcestruzzo può influenzare in misura significativa le vibrazioni: sullo stesso mezzo e sul medesimo tipo di superficie, passando da condizioni migliori a condizioni peggiori, l'accelerazione verticale aumenta di un fattore 1.1 - 1.7 a 10 km/h.

A proposito della superficie va osservato che la pavimentazione industriale è generalmente costituita da lastre di calcestruzzo, caratterizzate da giunti che tendono a deteriorarsi nel tempo; tra una lastra e l'altra vengono a crearsi, infatti, dei gradini che si sbrecciano a causa del passaggio dei carrelli. Proprio tali gradini, insieme a crepe, fessure, riparazioni mal eseguite, tombini, ecc. sono la causa principale delle vibrazioni che si trasmettono al sedile del carrello. Ne deriva che una pavimentazione senza soluzioni di continuità (già in opera in alcune aziende), rivestita o impregnata con uno strato in resina epossidica o poliuretanica, può garantire uniformità della superficie e quindi bassi valori di vibrazioni. Il manto asfaltato dei piazzali degli stabilimenti dovrebbe essere tenuto in condizioni ottimali, mediante continua manutenzione e frequenti rifacimenti.

Particolare attenzione andrebbe posta in corrispondenza dei portoni, laddove l'alternanza tra le due tipologie di superfici (lastre all'interno dello stabilimento, asfalto all'esterno) crea generalmente un evidente scalino.

Livelli sonori: nei carrelli elettrici il rumore non dipende dal motore, bensì dalle aree in cui i carrelli operano: i livelli equivalenti di pressione sonora minimo, mediano e massimo dei 131 mezzi elettrici esaminati sono pari, rispettivamente, a 66.2, 77.9 e 85.6 dB(A).

Nei carrelli diesel, il rumore determinato dal motore può essere significativo: sui mezzi fermi sono stati riscontrati livelli equivalenti compresi tra 65.0 e 77.4 dB(A) al minimo re-

gime di giri e compresi tra 78.7 e 80.2 dB(A) a metà regime di giri. I livelli equivalenti minimo, mediano e massimo degli 8 carrelli diesel in condizioni operative sono pari, rispettivamente, a 75.6, 81.6 e 86.0 dB(A).

In ambedue le tipologie di carrello non vi è significativa differenza tra i livelli rilevati in corrispondenza dell'orecchio destro e dell'orecchio sinistro.

Conclusioni

Le vibrazioni trasmesse dai carrelli elevatori possono costituire un rischio per i conducenti.

Tutti i soggetti interessati dovrebbero quindi affrontare questo problema con maggiore concretezza. I produttori dei carrelli e dei relativi accessori (sedili, ruote, ecc.) dovrebbero svolgere maggiore attività di ricerca e proporre soluzioni innovative. Le aziende che realizzano sedili dovrebbero fornire maggiori dettagli tecnici sui loro prodotti.

I datori di lavoro dovrebbero scegliere i carrelli che offrono le migliori garanzie in termini igienistici, considerando le caratteristiche e le esigenze della propria azienda.

Dovrebbero inoltre garantire la manutenzione dei carrelli e dei sedili; le ruote usurate andrebbero sostituite. La pavimentazione all'interno degli stabilimenti dovrebbe essere continua. Sia all'interno, sia all'esterno, la pavimentazione dovrebbe essere esente da irregolarità superficiali e oggetto di scrupolosa manutenzione.

I tecnici igienisti dovrebbero abbandonare procedure volte a valutazioni del rischio finì a sé stesse; dovrebbero invece porsi l'obiettivo di individuare i problemi e di proporre soluzioni. L'adeguatezza dei sedili e la velocità massima da impostare sulla centralina dei mezzi potrebbero essere valutate strumentalmente. Inoltre, indagini effettuate ponendo i carrelli sugli stessi percorsi in condizioni controllate potrebbero consentire il confronto dei mezzi; l'ottenimento di graduatorie potrebbe risultare molto utile prima dell'acquisto di nuovi carrelli da parte dell'azienda.

I medici competenti dovrebbero evidenziare i disturbi a carico del rachide dei carrellisti o un loro eventuale peggioramento in modo che i tecnici possano prestare maggiore attenzione ai mezzi utilizzati e alle aree di lavoro attraversate da questi addetti.

È noto che il rapporto tra tecnici igienisti e medici competenti è, nella realtà degli stabilimenti industriali, pressoché inesistente [Peretti et al., 2009]; esso dovrebbe invece costituire le fondamenta per una nuova strategia di prevenzione, non più fondata sull'adempimento burocratico delle diverse disposizioni di legge, ma su interventi concreti.

Il Servizio di Prevenzione e Protezione potrebbe, non solo coordinare le diverse attività inerenti alla prevenzione, accogliendo i suggerimenti e le osservazioni dei lavoratori, ma

anche giocare un ruolo importante nel realizzare una proficua interazione tra tecnici e medici.

Infine da citare la formazione e l'informazione che assumono, come sempre, un ruolo decisivo. I carrellisti dovrebbero maturare comportamenti che consentano di garantire sicurezza per sé, gli altri carrellisti e i lavoratori a terra. Essi dovrebbero operare in modo da ridurre le vibrazioni cui sono esposti, evitando urti violenti tra forche e pallet, nonché velocità elevate in particolare in corrispondenza di aree caratterizzate da irregolarità superficiali.

Tutta la documentazione citata può essere richiesta alla Consulenza Medico-Legale Nazionale via e-mail all'indirizzo m.bottazzi@inca.it, r.bottini@inca.it