

## I determinanti degli infortuni sul lavoro nella costruzione della linea ferroviaria «Treno ad Alta Velocità» Bologna-Firenze

## Determinants of occupational injuries in the construction of the «High Speed Train» Bologna-Florence

Venere Leda Mara Pavone,<sup>1</sup> Catuscia Lisi,<sup>2</sup> Danilo Cinti,<sup>3</sup> Daniela Cervino,<sup>1</sup> Adele Seniori Costantini,<sup>4</sup> Francesco Forastiere<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di sanità pubblica, Azienda USL di Bologna

<sup>2</sup> Consulente statistico-informatico della regione Emilia-Romagna

<sup>3</sup> Consulente statistico della regione Emilia-Romagna

<sup>4</sup> CSPO UO di epidemiologia ambientale occupazionale, Firenze

<sup>5</sup> Dipartimento di epidemiologia, ASL Roma E, Roma

Corrispondenza: Venere L.M. Pavone, AUSL di Bologna, Area tutela della salute in ambienti di lavoro e sicurezza, Via Seminario 1, 40068 San Lazzaro di Savena (Bologna); e-mail: v.pavone@ausl.bologna.it

### Cosa si sapeva già

■ Gli studi epidemiologici sui determinanti degli infortuni nei lavori in sotterraneo sono molto limitati: riguardano prevalentemente miniere di carbone e non la costruzione di gallerie. Alcuni individuano nell'inesperienza, nell'età e nella formazione ricevuta i fattori di rischio principali.

### Cosa si aggiunge di nuovo

■ L'analisi condotta su dati raccolti dal sistema di sorveglianza attivato per i lavori di costruzione della linea «Treno Alta Velocità», ha permesso di individuare nella mansione, nella fase di lavoro e nell'età alcuni dei fattori determinanti degli infortuni nella costruzione di gallerie. Suggestisce inoltre l'approfondimento dell'effetto dell'esperienza e di esposizioni transitorie a fattori inusuali.

### Riassunto

**Obiettivo:** approfondire la ricerca sui determinanti degli infortuni nella costruzione di gallerie, utilizzando i dati del sistema di sorveglianza attivato dalle Regioni Emilia-Romagna e Toscana e dalle Aziende sanitarie locali, territorialmente competenti, per indirizzare le azioni di prevenzione.

**Disegno:** studio di coorte retrospettivo.

**Setting:** 16 cantieri di scavo attivi per la costruzione di 14 gallerie della linea ferroviaria «Treno Alta Velocità» tratta Bologna-Firenze.

**Partecipanti:** 1.602 lavoratori, di età compresa tra 18 e 67 anni, addetti allo scavo e rivestimento di gallerie nel periodo 1999-2002; 385 lavoratori hanno subito 549 infortuni.

**Outcome principali:** rapporto tra i tassi di incidenza (RR o *incidence rate ratio*) con i rispettivi intervalli di confidenza (IC) al 95%. L'analisi è stata condotta separatamente per «tutti» gli infortuni, gli infortuni «gravi» (inabilità >30gg) e i soli «primi» infortuni, utilizzando un modello di regressione multivariata. Il tempo a rischio è calcolato utilizzando le ore effettivamente lavorate.

**Risultati:** considerando fattori di rischio l'età, la provenienza geografica, la mansione e la fase di lavoro, i risultati

mostrano un rischio aumentato per i più giovani e per le mansioni di carpentiere (RR<sub>«tutti»</sub>=2,33; IC 95% 1,85-2,94; RR<sub>«primi»</sub>=2,12; IC 95% 1,62-2,77) e minatore (RR<sub>«tutti»</sub>=1,76; IC 95% 1,39-2,24; RR<sub>«primi»</sub>=1,71; IC 95% 1,30-2,24) *vs* conduttori di macchine operatrici; la realizzazione dell'arco rovescio presenta un rischio circa tre volte superiore alla fase di scavo (RR<sub>«tutti»</sub>=2,79; IC 95% 2,27-3,43; RR<sub>«primi»</sub>=2,98; IC 95% 2,33-3,81). La probabilità di infortuni «gravi» risulta più elevata nei minatori (RR<sub>gr</sub>=2,45; IC 95% 1,65-3,64) e nei carpentieri (RR<sub>gr</sub>=2,31; IC 95% 1,53-3,49).

**Conclusioni:** lo studio ha evidenziato alcuni determinanti degli infortuni (età, mansione, fase di lavoro) nella costruzione di gallerie, contesto poco studiato in letteratura. I risultati emersi sono importanti per azioni di controllo, prevenzione e protezione dei lavoratori e suggeriscono la necessità di approfondire l'effetto dell'esperienza e di fattori transitori, lavorativi e individuali, «scatenanti» l'infortunio, attraverso un disegno *case-crossover*.

(*Epidemiol Prev* 2007; 31(2-3): 109-16)

**Parole chiave:** epidemiologia infortuni, infortuni nelle costruzioni, sistemi di sorveglianza, fattori di rischio in galleria.

### Abstract

**Objective:** to study determinants of occupational injuries in tunnel construction using data from the surveillance system which had been implemented in order to monitor accidents dur-

ing the construction of the «high speed train track» in the Italian Regions Emilia-Romagna and Tuscany.

**Design:** retrospective cohort study.

**Setting:** 16 sites for the construction of 14 tunnels of the high

speed railway-tract Bologna-Firenze, in Italy.

**Participants:** 1,602 workers (of 3,000 employed in the underground tunnelling), aged 18 - 67 years, operating during excavation with traditional method in 1999-2002. A total of 549 injuries occurred among 385 workers. The number of worked hours were used as time at risk.

**Main outcome measures:** incidence rate ratios (IRR) and 95% confidence intervals for all injuries, serious injuries and first injuries were considered in separate multiple regression analyses (Poisson).

**Results:** residence, task and working phase were taken into consideration. An increased risk was found for younger workers, for carpenters (IRR<sub>«all-events»</sub> = 2.33; 95% CI = 1.85-2.94; IRR<sub>«first-events»</sub> = 2.12; 95% CI 1.62-2.77) and miners (IRR<sub>«all-events»</sub> = 1.76; 95% CI 1.39-2.24; IRR<sub>«first-events»</sub> = 1.71; 95% CI 1.30-2.24) vs. machinery operators. Construction of inverted arch turns out to have an incidence rate ratio three times higher

than digging out (IRR<sub>«all-events»</sub> = 2.79; 95% CI 2.27-3.43; IRR<sub>«first-events»</sub> = 2.98; 95% CI 2.33-3.81). The probability of «serious» injuries (>30 days) is higher for miners (IRR = 2.45; 95% CI 1.65-3.64) and for carpenters (IRR = 2.31; 95% CI 1.53-3.49).

**Conclusion:** this study pointed out to indicate some determinants (age, task and work phase) of injuries in tunneling about which little had been published previously. These results are useful for addressing preventive measures, for control and prevention activities and point to the need to explore the effect of experience and to study, through a case crossover design, transient working and individual risk factors for traumatic injury within these working sites.

(Epidemiol Prev 2007; 31(2-3): 109-116)

**Key words:** injury rates; occupational injuries; safety surveys; tunnel construction; injury risk factors.

## Introduzione

Gli infortuni in ambito lavorativo costituiscono un importante problema di sanità pubblica e nell'Unione Europea prevalgono nel settore delle costruzioni, che registra anche la quota più alta d'infortuni mortali (24% del totale).<sup>1</sup> All'interno del settore, il comparto dei lavori di scavo in sotterraneo è ritenuto tra i più pericolosi, ma gli studi epidemiologici in tale ambito sono molto limitati e riguardano prevalentemente miniere di carbone.<sup>2-4</sup>

Alcuni studi associano l'inesperienza nel contesto<sup>2,3</sup> e la formazione ricevuta<sup>5</sup> con la maggiore frequenza di eventi; l'effetto dell'età risulta controverso.

Negli Stati Uniti le miniere in sotterraneo e in superficie hanno registrato nell'anno 2000 un tasso di incidenza annuale per 100 lavoratori equivalenti, rispettivamente di 6,1 e di 5,6.<sup>6</sup> Le statistiche correnti nazionali (INAIL) riportano, per il periodo 2001-2003, tassi di incidenza, stimati sul numero complessivo di occupati nel comparto «costruzioni di strade e ferrovie», pari a 60 eventi ogni 1.000 addetti.

Dal 1996, in Emilia-Romagna sono attivi i cantieri per la realizzazione della linea ferroviaria «Treno Alta Velocità» tratta Bologna-Firenze (TAV Bo-Fi) che prevede la costruzione di circa 92 Km di gallerie naturali e di numerose altre infrastrutture: è un'opera complessa per le difficoltà di natura ingegneristica e geotecnica legate sia alle imponenti dimensioni sia alle caratteristiche dell'ammasso roccioso da attraversare.

Dal 2001 è stata avviata anche la costruzione della Variante autostradale di Valico, opera che analogamente alla linea TAV comporta lavorazioni in sotterraneo; è prevista l'attivazione di altri grandi cantieri simili e quindi i Dipartimenti di sanità pubblica delle Aziende sanitarie locali (ASL) sono sempre più chiamati a intervenire con azioni di promozione, regolazione e controllo a tutela della salute di questa tipologia di lavoratori.

L'elevata pericolosità attesa e la durata dei lavori TAV hanno indotto le regioni Emilia-Romagna e Toscana a sviluppare un progetto di sorveglianza<sup>7</sup> degli infortuni, attivo dal 1998, per accrescere le conoscenze sui fattori di rischio in tali contesti e orientare meglio gli interventi di prevenzione.

Il sistema di sorveglianza si avvale di un flusso informativo integrato: le informazioni provengono in parte dai Servizi di vigilanza delle ASL e in parte dalle imprese.

Il monitoraggio degli eventi<sup>7,8</sup> nella tratta Bo-Fi ha coinvolto 16 imprese, impegnate in 22 cantieri di scavo di gallerie naturali e occupanti un numero medio annuale (calcolato sulle presenze medie mensili) di 1.829 lavoratori di età media 41 anni (DS=10,3 range 18-67 anni); i lavoratori in forza, intesi come tutti i lavoratori presenti per almeno un giorno in cantiere, sono stati 3.533 per l'intero periodo. Al 31 dicembre 2002 si erano verificati 2.110 infortuni con inabilità superiore a 3 giorni, di questi 1.453 erano avvenuti all'interno delle gallerie in costruzione (70% del totale infortuni).

Per descrivere l'andamento del fenomeno infortunistico, nell'ambito del sistema erano stati utilizzati due indicatori: l'indice di frequenza (IF; IF annuale medio è stato di 144 eventi per milione di ore lavorate) e l'indice di gravità, risultati entrambi elevati con una tendenza alla riduzione dal 1998 al 2004; l'IF più alto si è riscontrato nella fase di costruzione dell'arco rovescio<sup>8</sup> e nei lavoratori più giovani; inoltre si è rilevata l'occorrenza di infortuni multipli in 1/3 degli infortunati. Il fenomeno della ricorrenza degli eventi infortunistici ha posto problemi metodologici nell'analisi di esiti potenzialmente correlati.<sup>9,10</sup>

L'infortunio visto secondo il modello probabilistico multi-causale, rappresenta un evento negativo collocato in una rete in cui interagiscono, con differente livello di probabilità, numerosi fattori: questi afferiscono a livelli diversi (sociale, aziendale, situazionale, individuale) del sistema organizzati-

vo, tecnico e umano, e possono concorrere, come determinanti e/o modulatori, al verificarsi degli eventi e a condizionarne gli esiti.<sup>11-13</sup> La distribuzione osservata degli indici di frequenza, l'esigua letteratura disponibile, l'esigenza di esplorare meglio alcuni dei fattori indagabili e i limiti del sistema di sorveglianza, rispetto alla capacità di identificare e misurare fattori specifici di esposizione e fattori di rischio a livello individuale, hanno posto l'esigenza di approfondire lo studio sulle componenti causali. Da queste motivazioni originano gli obiettivi del presente lavoro che ha sviluppato un approfondimento mirato a:

- valutare, con un'analisi multivariata, il ruolo indipendente di diversi possibili determinanti, inclusa la mansione lavorativa, non valutata in precedenza;
- evidenziare eventuali differenze nei risultati dell'analisi, applicando il modello sia a tutti gli eventi ricorrenti nella stessa persona che ai soli «primi» infortuni.

### Materiali e metodi

Sono stati utilizzati i dati raccolti dal sistema di sorveglianza e riferiti al periodo 1 gennaio 1999 - 31 dicembre 2002; sono stati esclusi quelli raccolti nel 1998 perché risultati incompleti e poco accurati. Le informazioni sui lavoratori (anagrafica, data di assunzione, data dimissione, mansione svolta all'assunzione, cambio mansione) e quelle sulle ore lavorate per fase produttiva e per mansione, provengono al sistema direttamente dalle imprese. Le fonti informative sugli eventi sono le denunce INAIL e i registri infortuni, riportanti informazioni dettagliate su dinamica e luogo di accadimento, con riferimento a una codifica (WBS ovvero Work Breakdown Structure: sistema di codifica che consente di individuare cantiere, tipologia e fase di lavoro) concordata preventivamente con le imprese e utilizzata anche per l'attribuzione

delle ore lavorate. Dal data-base del sistema di sorveglianza, è stato estratto il tracciato record individuale della coorte dei lavoratori in studio.

### Popolazione

L'indagine retrospettiva riguarda una coorte di lavoratori dipendenti dell'impresa principale (occupante il 70% del totale addetti), unica con disponibilità delle ore lavorate a livello individuale. La coorte di partenza era di 2.317 lavoratori impegnati in 16 cantieri di scavo per un totale di 6.623.588 ore lavorate.

La selezione dei lavoratori si è basata sulla confrontabilità dei dati relativi all'esposizione, sulla completezza, accuratezza e pertinenza delle ore lavorate con le fasi di lavoro in esame.

Sono stati inclusi solo lavoratori operanti in cantieri utilizzando una tecnologia di scavo «tradizionale» (scavo con martellone e/o esplosivo) e assunti con mansioni che tipicamente operano in sotterraneo (tabella 1).

Pertanto, sono stati esclusi 583 lavoratori assunti come amministrativi, addetti ai servizi, magazzinieri, staff e altro (categorie che possono intervenire saltuariamente in galleria per compiti di contorno alle operazioni di scavo, per esempio controlli, rilievi, approvvigionamenti) e 132 lavoratori per i quali non risultavano, nel periodo di osservazione, ore lavorate nei cantieri con scavo tradizionale. È da sottolineare che in questo caso popolazione e contesto lavorativo sono molto dinamici; non esiste, infatti, la logica di reparto dei settori manifatturieri e risulta complessa l'attribuzione dei tempi di esposizione a rischio riferiti alle singole possibili variabili meritevoli di studio. L'elevata mobilità e interscambiabilità del personale tra un cantiere e l'altro, ad esempio, non sempre accompagnata da una registrazione differenziata e puntuale delle relative ore di lavoro, non ha permesso un'analisi di sottogruppi di popolazione per cantiere di costruzione.

	Lavoratori	Infortunati nelle macro-fasi AB-C-E	Infortuni totali	Primi infortuni	Mansioni	Fasi di lavoro
popolazione in origine	2.317	393	560	393	10	11
esclusi	715	8	10	8	5 amministrativi, magazzinieri, addetti ai servizi, staff, altro. Lavoratori con ore solo in fasi non analizzate	4 impermeabilizzazione; smarino; manutenzione; altre fasi minori.
popolazione in studio	1.602	385 *	549 (di cui 189 >30gg)	384*	5 operatori macchine, carpentieri, addetti realizzazione impianti, minatori, operai generici	3 macro-fasi (date da 7 fasi delle 11 originarie)

\*Un lavoratore s'infortuna la prima volta in una fase non inclusa nell'analisi fase D= impermeabilizzazione. In questo caso sono stati considerati solo gli infortuni successivi al primo

Tabella 1. Popolazione esaminata: lavoratori di 1 consorzio di imprese, costruzione gallerie, periodo 01.01.1999-31.12.2002, infortuni >3gg; sede galleria.  
Table 1. Analyzed population: employees in a pool of builders, tunnel construction, period. 01.01.1999-31.12.2002, injuries >3 days; inside tunnels.

Tabella 2. Distribuzione lavoratori per mansione ed età media.

Table 2. Distribution of workers according to task and mean age.

Mansione inizio osservazione	n.	%	Età media	Deviazione standard	Min - max
conduttori macchine operatrici	541	33,8	39,8	9,9	19,5 - 62,9
carpentieri	428	26,7	41,8	10,1	19,0 - 63,5
addetti realizzaz impianti	247	15,4	39,8	11,3	17,8 - 61,1
minatori	349	21,8	43,4	9,0	21,7 - 64,5
operai generici	37	2,3	43,3	11,2	20,2 - 60,4
totale	1.602	100,0	41,2	10,1	17,8 - 64,5

N. infortuni per singolo lavoratore	Lavoratori		Mansioni				
	n.	%	Operat. macchine	Carpentieri	Addetti impianti	Minatori	Operai generici
0	1.217	76,0	439	276	238	237	27
1	275	17,2	82	99	8	79	7
2	76	4,7	17	31	1	25	2
3	20	1,2	2	14	0	4	0
4	11	0,7	1	5	0	4	1
5	1	0,1	0	1	0	0	0
7	2	0,1	0	2	0	0	0
totale	1.602	100,00	541	428	247	349	37

Tabella 3. Eventi ripetuti: numero d'infortuni per lavoratore e mansione.

Table 3. Recurrent events: number of injuries by worker and task.

### Variabili in studio

Il diverso livello di disaggregazione delle ore lavorate per le variabili potenzialmente di interesse (per esempio: cantiere, fronte di scavo, operazioni di manutenzione) e la difficoltà nell'attribuzione dell'esposizione individuale alle singole fasi di lavoro, hanno condizionato la scelta delle variabili in studio e la selezione di tre aggregati delle principali fasi lavorative:

- preconsolidamento + scavo del fronte + pririvestimento (macrofase AB);
- scavo e getto arco rovescio + costruzione murette (macrofase C);
- rivestimento definitivo (macrofase E).

Si descrivono brevemente le fasi di lavoro esaminate.

Lo scavo, che consiste nell'asportazione del terreno per generare la cavità, è preceduto da un consolidamento del fronte con chiodi in vetroresina (preconsolidamento) a causa della natura argillosa dei terreni che lo rendono instabile. Allo scavo segue il pririvestimento: messa in opera di sostegni (profilati d'acciaio detti centine) e conglomerato cementizio lanciato a pressione (spritzz beton). Il completamento delle strutture di sostegno del cavo avviene con la realizzazione dell'arco rovescio, uno scavo sottostante al piano di calpestio che viene successivamente armato e «gettato» in calcestruzzo, per dare alla galleria una forma che si avvicini a quella di un cerchio (forma che garantisce maggiore resistenza alla struttura). Infine si esegue il rivestimento definitivo (getto delle murette, getto piedritti e calotta).

L'età e la mansione sono state considerate come variabili indipendenti fisse nel periodo. L'età è calcolata all'entrata del lavoratore nello studio (inizio osservazione), quindi per quel-

li assunti prima del 1999 l'età considerata è al 31 dicembre 1999; per chi è stato assunto dopo il 1999 l'età è al momento dell'entrata nello studio; per chi è stato assunto e dimesso più volte, si è considerata l'età alla prima assunzione. Sono state definite quattro classi: età <30; 30-39; 40-49; ≥50. Per la flessibilità dell'organizzazione, dei compiti e delle operazioni da svolgere, la mansione assegnata dall'impresa, con le relative ore lavorate, fa riferimento alla «mansione prevalente». La mansione utilizzata nell'analisi è quella risultante dai libri matricola all'inizio dell'osservazione del soggetto, senza tenere conto delle variazioni successive.

La scelta è basata su alcune considerazioni. I cambi mansione formalizzati (per i quali meno precisa è la data di decorrenza) sono stati relativamente poco frequenti: il 88% dell'intera popolazione e il 92,2% degli infortunati non ha cambiato mansione. In diversi casi la variazione riguarda operai generici inquadrati successivamente in mansioni di qualifica superiore. Tenendo conto dei cambi mansione formalizzati, le distribuzioni dei tempi di esposizione e degli infortuni per mansione sono simili a quelle ottenute utilizzando la mansione assegnata al momento dell'inizio osservazione. Inoltre, l'esame della congruenza tra mansione svolta al momento dell'infortunio (rilevata da registri infortuni e denunce INAIL compilati da personale amministrativo) e quella assegnata all'inizio osservazione (libri matricola), fornisce indicazioni sulla frequenza di compiti afferenti a mansione diversa da quella formalizzata. Sebbene solo il 7,8% degli infortunati ha avuto un cambio mansione, l'incongruenza, tra mansione svolta al momento dell'infortunio e quella assegnata all'inizio osservazione, è stata rilevata in 54 casi (14,0%) ed è attribuibile a un reale cambio mansione formalizzato so-

lo per 20 lavoratori; i restanti 34 al momento dell'infortunio svolgevano compiti attribuiti ad altra mansione rispetto a quella formalizzata che, per 24, era quella dell'inizio osservazione e per 10 era quella assegnata dopo un cambio mansione. L'informazione sul compito inusuale è però disponibile solo per gli infortunati. Esaminando tutti i casi incongruenti, indipendentemente dalla formalizzazione o meno del cambio mansione, la percentuale degli eventi per mansione all'infortunio, presenta scostamenti nei carpentieri (38,5% di tutti gli eventi vs 39,6%) e nei minatori (30,7%

vs 28,9%), rispetto a quella ottenuta con la mansione svolta all'inizio osservazione.

Se si utilizzano le mansioni assegnate dopo cambio mansione, permane un piccolo scostamento della frequenza di eventi per i minatori (29,5% vs 28,9%). Nel modello di analisi quindi:

■ per chi è stato assunto prima del 1999 e non ha mai cambiato mansione, la mansione assegnata è quella registrata alla prima assunzione anche se al momento dell'infortunio ne svolgeva un'altra;

Variabile	Totale infortuni							Primi infortuni				
	tot. ore lavorate	n.	IF	RR (IC 95%)	n. inf >30 gg «gravi»	IF inf >30 gg	RR (IC 95%) inf >30 gg	n.	ore lavorate	IF	RR (IC 95%)	
<b>Età</b>												
< 30 anni	644.348	85	131,91	1	24	37,25	1	64	529.965	120,76	1	
30-39 anni	1.350.150	155	114,80	0,77 (0,59-1,01)	50	37,03	0,83 (0,51-1,37)	108	1.079.229	100,07	0,73 (0,53-1,00)	
40-49	1.589.489	205	128,97	0,83 (0,64-1,07)	70	44,03	0,95 (0,59-1,53)	135	1.278.743	105,57	0,74 (0,54-0,99)	
≥50	1.064.604	104	97,69	0,61 (0,46-0,82)	45	42,27	0,92 (0,56-1,52)	77	888.219	86,69	0,58 (0,41-0,81)	
totale	4.648.591	549	118,10		189	40,65		384	3.776.156	101,69		
<b>Mansione</b>												
conduttori macchine operatrici	1.666.919	126	75,59	1	39	23,40	1	102	1.450.486	70,32	1	
carpentieri	1.316.106	242	183,87	2,33 (1,85-2,94)	71	53,95	2,31 (1,53-3,49)	152	938.184	162,01	2,12 (1,62-2,77)	
addetti realizzazione impianti	323.766	10	30,89	0,40 (0,21-0,77)	4	12,35	0,54 (0,19-1,54)	9	307.707,5	29,24	0,39 (19-0,78)	
minatori	1.220.806	156	127,78	1,76 (1,39-2,24)	69	56,52	2,45 (1,65-3,64)	111	979.893	113,27	1,71 (1,30-2,24)	
operaio generico	120.994	15	123,97	1,57 (0,91-2,70)	6	49,59	2,15 (0,89-5,14)	10	99.886	100,11	1,28 (0,66-2,48)	
<b>(Macro)fase</b>												
prerivest+ scavo fronte	2.690.793	234	86,96	1	87	32,33	1	168	2.286.709	73,46	1	
costruzione arco rovescio e murette	606.078	169	278,84	2,79 (2,27-3,43)	63	103,94	2,95 (2,10- 4,14)	114	470.559	242,26	2,98 (2,33-3,81)	
rivestimento	1.351.720	146	108,01	0,97 (0,77-1,21)	39	28,85	0,75 (0,49-1,14)	102	1.018.889	100,10	1,13 (0,86-1,48)	
<b>Residenza</b>												
Nord+ Emilia Romagna	334.735	31	92,61	1	6	17,92	1	26	291.083	89,32	1	
Centro+ Toscana	1.462.455	192	131,29	1,35 (0,92-1,97)	65	44,45	2,34 (1,01-5,40)	34	1.185.809	113,00	1,17 (0,77-1,79)	
Sud	2.851.401	326	114,32	1,17 (0,81-1,70)	118	41,38	2,27 (1,00-5,17)	224	2.299.264	97,42	1,01 (0,67-1,52)	

Tabella 4. Indici di frequenza (IF= $n^{\circ}$  inflorelavorate \* milione di ore lavorate) e risultati (RR) dell'analisi multivariata (regressione di Poisson) per tutti gli infortuni, per i «gravi» e per i primi infortuni, periodo 01.01.1999-31.12.2002.

Tabella 4. Total injuries, serious injuries (inability >30 days) and first events with incidence density rate (IF=  $N^{\circ}$ injuries/worked hours\*1000000) and results (IRR) regression multivariate analysis (Poisson), period 01.01.99-31.12.2002.

■ a chi è stato assunto prima del 1999 e ha cambiato mansione entro l'anno 1999, è stata attribuita la mansione svolta nel 1999 (anno di inizio del periodo in studio);

■ per quelli assunti per la prima volta dopo il 1999, è stata considerata la prima mansione.

Le mansioni indagate sono: conduttore macchine operatrici, carpentiere, addetto realizzazioni impianti, minatore, operaio generico.

La residenza in aree più distanti dai cantieri, è stata inserita come possibile surrogato di condizione di «disagio» e di fattore favorente lavoro straordinario in cambio di periodi di recupero più prolungati (per accordi sindacali i riposi settimanali «non goduti» possono essere accumulati). La bassa numerosità del gruppo di lavoratori residenti nelle due Regioni interessate dai lavori (8%), ha poi orientato nella scelta di sole tre categorie: Emilia-Romagna+Nord, Toscana+Centro e Sud.

#### *Eventi in studio e modelli di analisi.*

L'esito considerato è l'infortunio avvenuto in galleria e con durata di inabilità superiore a 3gg. Il parametro di interesse è l'Indice di frequenza (incidence density rate), dato dal rapporto:  $IF = n^{\circ} \text{ eventi / ore lavorate (nel periodo considerato)} \times 1 \text{ milione}$ .

L'infortunio è un evento tipicamente «episodico» con possibilità di ricorrenza in uno stesso lavoratore nel periodo in studio. Sono stati condotti pertanto tre tipi di analisi: la prima ha considerato tutti gli infortuni accaduti dal 1 gennaio 1999 al 31 dicembre 2002 (549 eventi); la seconda è stata condotta su tutti gli infortuni che hanno determinato un'inabilità temporanea superiore ai 30gg (infortuni «gravi»); la terza analisi ha preso in considerazione solo i «primi» eventi. Quest'ultima è quindi costruita sulla frequenza di un «outcome» più aderente al concetto di incidenza classicamente utilizzato in epidemiologia, permettendo di superare la difficoltà metodologica posta dalla possibile correlazione tra gli eventi ripetuti che contravviene all'assunto di indipendenza richiesto dai modelli statistici per le analisi di rischio.

Nell'analisi dei «primi» infortuni, l'insieme dei soggetti in studio comprende tutti i lavoratori nel periodo in esame, ma il tempo a rischio è stato calcolato sommando le ore lavorate nelle fasi di interesse, fino al mese del primo infortunio per gli infortunati e quelle lavorate nell'intero periodo per i non infortunati. Le variabili indipendenti inserite nel modello, sono le stesse che per tutti gli infortuni.

L'analisi riferita a tutti gli infortuni e agli infortuni «gravi» ha riguardato 385 lavoratori mentre quella dei soli primi infortuni del periodo in esame sono riferiti a 384 infortunati perché viene escluso un soggetto che subisce il primo infortunio in una fase di lavoro diversa da quelle in studio; di questi, 275 (71,6%) hanno avuto un solo infortunio nel quadriennio.

Per le analisi è stato utilizzato il modello di regressione di Poisson in cui sono state inserite le seguenti variabili: residenza, età, mansione, macrofasi (AB,C,E). Le categorie so-

no state individuate garantendo una buona numerosità delle classi. Il tempo a rischio (variabile di *offset*) è stato espresso in ore lavorate al 31 dicembre 2002 in ciascuna macrofase. Sono stati stimati i tassi di infortunio (indici di frequenza IF) e il rapporto tra tassi (RR).

Le analisi sono state eseguite con il software STATA 8.

#### **Risultati**

Sono stati selezionati, applicando i criteri di esclusione descritti, 1.602 lavoratori (lavoratori in forza, che hanno cioè lavorato almeno un giorno nei cantieri TAV) per un tempo complessivo di 4.648.591 ore lavorate. Nella tabella 1 sono descritti la popolazione e gli eventi in studio.

Si tratta di una popolazione estremamente dinamica: solo il 33% contribuisce allo studio per l'intero periodo (1999-2002) e il 22% dei lavoratori contribuisce per almeno tre anni. L'età media è di 41 anni (DS=10,1) con predominanza di lavoratori nella classe di età 40-49 (35,0%) e nella classe 30-39 (28,3%). Tra le mansioni esaminate prevalgono i conduttori macchine operatrici 34%, seguiti da carpentieri 27% e minatori 22% (tabella 2). Gli eventi totali esaminati nel periodo sono 549, occorsi a 385 lavoratori; di questi, 110 (28,6%) hanno subito più di un infortunio e in particolare: 76 (20%) ne hanno subito 2 nel quadriennio e 34 (8,8%) ne hanno subito più di 2 (tabella 3).

La distribuzione per classi di età della frequenza dei soggetti con infortuni multipli è piuttosto omogenea (range 27,4%-29,7%). I lavoratori nati all'estero rappresentano il 2,6% della popolazione e il 2% degli infortunati, con un totale di 9 infortuni (1,6%). Gli IF per tutti gli infortuni e per i primi infortuni sono risultati sovrapponibili.

L'analisi multivariata (regressione di Poisson) relativa a tutti gli infortuni conferma il risultato delle analisi effettuate nell'ambito del sistema di sorveglianza: un aumentato rischio nella fase «arco rovescio» (macrofase C). Gli addetti a questa fase presentano una probabilità di infortunio circa 3 volte superiore alla fase di riferimento (fase AB: preconsolidamento, scavo e priverimento) (rischio relativo RR=2,79; IC 95% 2,27-3,43) (tabella 4).

La mansione presa come riferimento è quella di conduttore macchine operatrici perché più numerosa. Il carpentiere e il minatore hanno un rischio di infortunio maggiore (RR=2,33 e RR=1,76, entrambi statisticamente significativi); risultano avere un rischio dimezzato gli addetti agli impianti (RR=0,40; IC 95% 0,21-0,77).

Differenze di rischio non risultano associate alla residenza. La classe di età <30 anni è associata a un maggiore rischio, mentre un rischio ridotto d'infortunio presentano i lavoratori ≥50anni sia se si esaminano tutti gli infortuni che i soli «primi» infortuni (RR<sub>tutti</sub>=0,61; IC 95% 0,46-0,82; RR<sub>primi</sub>=0,58; IC 95% 0,41-0,81).

Il rischio di infortuni «gravi» risulta quasi 3 volte più alto nella fase C (RR<sub>gr</sub>=2,95; IC 95% 2,10-4,14), è maggiore per

chi risiede al centro o al sud rispetto ai residenti al nord; è doppio per minatori e carpentieri ( $RR_{gr}=2,45$ ; IC 95% 1,65-3,64 e  $RR_{gr}=2,31$ ; IC 95% 1,53-3,49); non si evidenziano differenze di rischio all'interno delle classi di età.

L'analisi dei soli primi infortuni (tabella 4) conferma il maggior rischio per carpentieri ( $RR=2,12$ ; IC 95% 1,62-2,77) e minatori ( $RR=1,71$ ; IC 95% 1,30-2,24) e un minore rischio per gli addetti alla realizzazione di impianti; sovrapponibile risulta, rispetto all'analisi con tutti gli eventi, l'associazione della macrofase C con il rischio di infortunarsi ( $RR_{«primi»}=2,98$ ;  $RR_{«tutti»}=2,79$ ).

### Discussione

L'applicazione del modello di analisi multivariata per la stima del rischio infortunistico è stata condizionata dai dati disponibili provenienti dal sistema di sorveglianza: il controllo di qualità e delle incongruenze dei dati ha, infatti, fortemente limitato il numero di variabili utilizzabili. Altre fasi di lavoro rispetto a quelle considerate, quali lo smarino, la manutenzione di impianti e mezzi, e altre mansioni dovrebbero essere indagate.

L'esame di ulteriori variabili di interesse presenta però anche delle difficoltà connesse all'estrema dinamicità della popolazione in studio: il cantiere è un'entità produttiva fluttuante in cui le esigenze contingenti provocano una continua ridefinizione dell'organizzazione. In tale contesto la mansione attribuita formalmente rappresenta quella «prevalente», caratterizzata per assunto da una certa flessibilità dei compiti: se ne ha conferma dall'esame delle incongruenze tra mansione formalizzata e compito attribuito al momento dell'infortunio che, nella maggior parte dei casi (34/54 pari al 63%), trovano giustificazione più nell'organizzazione che non nei cambi mansione registrati. L'analisi delle ore lavorate per mansione, utilizzando come variabili fisse, quella assegnata dopo il primo cambio mansione alla popolazione con variazioni e quella dell'inizio osservazione alla restante parte, mostra un aumento del tempo di esposizione per conduttori macchine operatrici (circa 20.000 ore) e minatori (circa 50.000 ore) e una riduzione per operai generici (74.000 ore in meno). La riduzione del tasso d'infortunio (IF) per la categoria di riferimento e l'incremento dello stesso per i minatori, fa ritenere che l'eventuale bias introdotto, considerando la mansione come variabile fissa all'inizio osservazione, sia non differenziale e di entità contenuta, e che può aver determinato una sottostima dell'eccesso di rischio riscontrato nei minatori.

I risultati ottenuti, per tutti gli infortuni, per quelli con inabilità temporanea >30 gg e per i soli primi eventi, convergono nel riscontro di una maggiore probabilità d'infortunio per le mansioni di carpentiere e minatore, per la fase di costruzione dell'arco rovescio e per i lavoratori più giovani. Il maggior rischio riscontrato per la classe d'età <30 potrebbe trovare spiegazione nella maggiore esperienza dei più anziani e/o in un'adeguata formazione dei più giovani.

Sulla base di queste evidenze, è possibile indirizzare interventi sull'organizzazione tecnica e umana del lavoro: esempi ne sono l'attivazione della verifica dell'efficacia della formazione ricevuta dai più giovani e un piano mirato di vigilanza sulle modalità operative adottate nella fase di costruzione dell'arco rovescio.

Lo studio, inoltre, suggerisce approfondimenti sotto diversi profili; sarebbe auspicabile analizzare la mansione come variabile *time-varying* e i compiti inusuali come possibili determinanti; andrebbe indagato l'effetto dell'esperienza nei lavori in sotterraneo integrando il modello con la variabile «anzianità lavorativa specifica nel comparto» attualmente non disponibile. I dati raccolti con il sistema di sorveglianza contengono solo l'informazione sull'anzianità in TAV, che nel 2002 raggiungeva un massimo di 6 anni e solo per un esiguo numero di lavoratori. A distanza di qualche anno, valutare l'effetto anche della sola anzianità in TAV può essere importante per verificare se, indipendentemente dall'età, esiste un rischio relativo maggiore nel primo anno d'attività nel contesto specifico.

Meritevole d'approfondimento appare anche l'effetto del risiedere lontano dai cantieri sulla probabilità di infortunio, in relazione al fatto che questo potrebbe comportare un prolungamento dell'orario di lavoro oltre il regolare turno.

Interessante sarebbe inoltre indagare la correlazione del fenomeno con il tipo di formazione, di base e specifica, ricevuta all'interno di imprese diverse.

Infine, i dati del sistema di sorveglianza non permettono di identificare procedure ad alto rischio, compiti inusuali, difetti di performance di macchine, tempi di produzione, pause e riposo individuale e altri aspetti dell'organizzazione del lavoro. Tutti i metodi e i modelli di studio proposti in letteratura sottolineano la necessità di condurre analisi a diversi livelli (macroscopico, mesoscopico e microlivello) e verso insiemi di fattori e non di cause uniche. Esplorare, tra i possibili fattori eziologici, le esposizioni transitorie a fattori di breve durata, più vicini all'individuo e che possono contribuire a «scatenare» (*trigger*) l'infortunio, potrebbe rivelarsi di particolare utilità. Da alcuni anni la letteratura epidemiologica<sup>14-24</sup> incentiva l'adozione del disegno case-crossover per lo studio degli infortuni occupazionali, si sta pertanto valutando la sua fattibilità nel contesto descritto.

In conclusione, i dati raccolti con il sistema di sorveglianza, seppure con alcuni limiti, hanno consentito di individuare nella mansione, nella fase di lavoro e nell'età alcuni dei fattori determinanti degli infortuni nel contesto dei lavori in galleria e di attivare alcuni interventi di prevenzione.

Lo studio suggerisce la necessità di indagare l'effetto dell'esperienza lavorativa, della formazione sul campo e di altri fattori connessi sia all'organizzazione sia all'individuo. L'applicazione dell'approccio *case-crossover* nello studio dell'epidemiologia degli infortuni rappresenta un'interessante prospettiva.

**Conflitti di interesse:** nessuno

**Ringraziamenti.** Si ringraziano Marinella Natali e Alba Carola Finarelli dell'Assessorato alla sanità della regione Emilia Romagna per aver permesso l'utilizzo dei dati del sistema di sorveglianza e l'effettuazione dello studio, realizzato nell'ambito del Master Universitario di II livello in epidemiologia, svoltosi presso l'Università di Bologna (AA2003/2004).

## Bibliografia

- Istituto nazionale per l'assicurazione contro gli infortuni sul lavoro. Sito web: <http://www.bancadati.inail.it/prevenzionale>.
- Hunting KL, Weeks JL. Transport injuries in small coal mines: an exploratory analysis. *Am J Ind Med* 1993; 23: 391-406.
- Lee T, Anderson C, Kraus JF. Acute traumatic injuries in Underground Bituminous coal miners. *Am J Ind Med* 1993; 23: 407-15.
- Bell JL, Gardner LI, Landsittel DP. Slip and Fall-Related injuries in relation to environmental cold and work location in above-ground coal mining operations. *Am J Ind Med* 2000; 38: 40-48.
- Spangenberg S, Baarts C, Dyreborg J, Jensen L, Kines P, Mikkelsen KL. Factors contributing to the differences in work related injury rates between Danish and Swedish construction workers. *Safety Science* 2003; 41: 517-30.
- Mining Industry Accident, Injuries, Employment, and production Data Historical Statistics <http://www.msha.gov/STATS/PART50/WQ/1978/wq78sto7.asp>.
- Monitor-Osservatorio Sicurezza Grandi Opere – Report periodici T.A.V. – Tratta Bo-Fi. AA.VV. Sito web: <http://www.infomonitor.it>.
- Cervino D, Cinti D, Lisi C et al. Surveillance of injuries in workers involved in the tunnelling construction of the "High speed train tract": a project in Emilia-Romagna and Tuscany. *La Medicina del Lavoro* 2002; 93: 406.
- Bellini A, Braga M, Duca P. Considerazioni su alcuni indicatori di rischio di infortunio sul lavoro. *Epidemiol Prev* 1990; 12(44):12-18.
- Einsen EA. Methodology for analyzing episodic events. *Scand J Environ Health* 1999; 25(4): 36-42.
- Arduini L, Lonzo R, Pianosi G, Scinaro M. *Sbagliando s'impara: guida alla conduzione delle inchieste infortuni*. Legnano, USL 70, Regione Lombardia, 1992.
- Laflamme L. *Modelli e metodi per l'analisi degli infortuni sul lavoro. Dall'organizzazione del lavoro alle strategie di prevenzione*. Firenze, ARPAT, 2000.
- Shannon HS, Robson LS, Sale JEM. Creating Safer and Healthier Workplaces: Role of Organizational Factors and Job Characteristics. *Am J Ind Med* 2001; 40: 319-34.
- Mittleman MA, Maldonado G, Gerberich SG, Smith GS, Sorock GS. Alternative approaches to analytical designs in occupational injury epidemiology. *Am J Ind Med* 1997; 32(2): 129-41.
- Park RM. Hazard identification in occupational injury: reflections on standard epidemiologic methods. *Int J Occup Environ Health* 2002; 8(4): 354-62.
- Sorock GS, Lombardi DA, Gabel CL, Smith GS, Mittleman MA. Case-crossover studies of occupational trauma: methodological caveats. *Inj Prev* 2001; 7(1): 38-42.
- Gabel CL, Gerberich GG, Maldonado G. Potential use of case-crossover study designs in injury epidemiologic studies. *Am J Epidemiol* 1999; 149.
- Burdorf A, Sorock GS, Herrick RF, Courtney TK. Advancing epidemiologic studies of occupational injury-approaches and future directions. *Am J Ind Med* 1997; 32(2): 180-83.
- Maclure M. The case-crossover design: a method for studying transients effects on the risk of acute events. *Am J Epidemiol* 1991; 133: 144-53.
- Maclure M, Mittleman MA. Should we use a case crossover design? *Annu Rev Public Health* 2000; 21: 193-221.
- Sorock GS, Lombardi DA, Hauser R, Eisen EA, Herrick RF, Mittleman MA. A Case-Crossover Study of Occupational Traumatic Hand Injury: Methods and Initial Findings. *Am J Ind Med* 2001; 39: 171-79.
- Lombardi DA, Sorock GS. A reliability study of potential risk factors for acute traumatic hand injuries. *Am J Ind Med* 2003; 42(4): 336-43.
- Lombardi DA, Sorock GS, Hauser R et al. Temporal factors and the prevalence of transient exposures at the time of an occupational traumatic hand injury. *J Occup Environ Med* 2003; 45(8): 832-40.
- Sorock GS, Lombardi DA, Hauser R, Eisen EA, Herrick RF, Mittleman MA. A case-crossover study of transient risk factors for occupational acute hand injury. *Occup Environ Med* 2004; 61: 305-11.

## IN BREVE

### ● Quanto fumano gli italiani?

In occasione della Giornata mondiale contro il fumo (31 maggio) si è tenuto a Roma il IX Convegno nazionale «Tabagismo e servizio sanitario nazionale». Durante il convegno sono stati resi noti i risultati dell'indagine sull'abitudine al fumo degli italiani realizzata dalla Doxa e dall'Osservatorio fumo, alcol e droga dell'Istituto superiore di sanità.

Secondo il rapporto, in Italia i fumatori sono il 23,5% della popolazione di 15 anni e oltre (per un totale di 12 milioni di tabagisti, di cui 7 milioni sono uomini e 5 milioni donne). Nel 2005 erano il 25,6% e nel 2006 il 24,3%,

con una diminuzione dello 0,8% nell'ultimo anno. Tuttavia, il numero medio di sigarette giornaliere è aumentato: da 13,6 a 14,1. Questo dato risulta interessante soprattutto alla luce della legge Sirchia. Infatti, sebbene esista una leggera flessione nel numero di fumatori, la legge sembra non essere un incentivo per i fumatori a diminuire il numero di sigarette consumate giornalmente. Questo è confermato dal fatto che, nonostante i divieti sanciti dall'entrata in vigore della legge, l'82,8% dei fumatori dichiara di non aver modificato le proprie abitudini. Un altro dato allarmante, messo a

fuoco dal rapporto e anche dal Ministro della salute Livia Turco, riguarda la diffusione dell'abitudine al fumo tra i giovani. Infatti, la percentuale dei giovani, soprattutto maschi, che inizia a fumare prima dei 14 anni è in continua crescita (+60% tra il 2000 e il 2005) e il 58,2% dei giovani fumatori accende la prima sigaretta tra i 15 e i 17 anni. I distributori automatici vengono scelti come canale distributivo privilegiato soprattutto dai giovani anche se l'84,8% della popolazione tra i 15 e i 24 anni e dichiara di non aver mai visto un tabaccaio chiedere un documento per verificare l'età dell'acquirente.