

# Traumi da cadute dall'alto: quale ruolo per i dispositivi di protezione?

di **Luca Rossi**

ricercatore, Dipartimento Tecnologie di Sicurezza - ISPESL

**ISPESL**

*Le cadute dall'alto nel settore delle costruzioni provocano da anni il maggior numero di infortuni mortali, assume particolare importanza, pertanto, l'utilizzo di dispositivi di protezione individuale (DPI) idonei. L'impiego dei sistemi di arresto caduta, che limitano la caduta nel vuoto del lavoratore decelerandola e fermando il corpo in spazi brevi, ha avuto inizio in Inghilterra e negli Stati Uniti. In Italia la materia è stata inizialmente regolata dal D.P.R. n. 547/1955, riportando gli adempimenti generali per le scale, i ponti sospesi, i parapetti ecc. con l'obbligo di impiego delle cinture di sicurezza. Ulteriori richiami sono presenti nel D.P.R. n. 164/1956 con il quale vengono proposti, per la prima volta, gli elementi costitutivi della cintura di sicurezza.*

## Osservatorio a cura dell'Ufficio Relazioni con il Pubblico

Le cadute dall'alto nel settore delle costruzioni rappresentano da anni la causa principale di infortunio mortale, questo rischio specifico deve essere evitato e/o ridotto attraverso l'adozione di sistemi di prevenzione e di protezione collettivi e individuali.

La protezione contro le cadute dall'alto nasce in Inghilterra e negli Stati Uniti con l'utilizzo dei sistemi di arresto caduta (*fall arrest system*, FAS); questi dispositivi, con il loro intervento, limitano la caduta nel vuoto del lavoratore tramite un dispositivo che lo decelerava e lo ferma in poco spazio.

In Italia, la materia è stata disciplinata inizialmente dal D.P.R. n. 547/1955 che indicava gli adempimenti di massima riguardanti le scale, i ponti sospesi, i parapetti, i macchinari e le palificazioni, e imponeva l'obbligo di usare le "cinture di sicurezza" negli interventi che espongono i lavoratori a «*pericolo di caduta dall'alto o entro vano o che devono prestare la loro opera all'interno di pozzi, cisterne e simili*» (art. 386). Ulteriori richiami sono presenti nel D.P.R. n. 164/1956 sulla prevenzione degli infortuni nelle costruzioni all'interno del quale, per la prima volta, vengono proposti gli elementi costitutivi del presidio e l'obbligo di ricorrere alle cinture di sicurezza nell'effettuare lavorazioni in posizione sopraelevata o entro cavità (art. 10). Un contributo importante è stato dato dal decreto del Ministero del Lavoro e della Previdenza sociale 22 maggio 1992, n. 466, «*Regolamento recante il rico-*

*noscimento di efficacia di un sistema individuale per gli addetti al montaggio ed allo smontaggio dei ponteggi metallici*»; il legislatore insiste sull'obbligo di indossare una cintura di sicurezza di tipo speciale, comprendente sia l'imbragatura sia l'organo di trattenuta provvisto di freno a dissipazione di energia.

### Danni sul corpo umano

Una imbragatura ben avvolgente il corpo riduce gli effetti delle decelerazioni nell'arresto della caduta; la letteratura precisa che, in un corpo ben sostenuto da una imbragatura, le vertebre presentano una migliore resistenza, in quanto la massa muscolare e i tessuti del corpo forniscono un supporto idoneo ad azioni agenti per brevi periodi di tempo. Inoltre, una colonna vertebrale sollecitata con una forza frenante il più allineata con la verticale, presenta un minore rischio di danno; quando l'individuo non è ben imbracato o il corpo forma un elevato angolo con la verticale, infatti, il rischio di flessione della spina dorsale è maggiore. Il carico dovuto alla rapida frenata deve essere distribuito, quindi, sulla massima area del corpo ed essere trasmesso per quanto possibile direttamente allo scheletro, preferibilmente via struttura pelvica e non via colonna vertebrale, per evitare concentrazioni di forze con il risultato di sottoporre il corpo a

sollecitazioni di flessione e taglio.

Ulteriori rischi sono a carico degli organi interni a causa della loro inerzia durante l'arresto. La spina dorsale è trattenuta dalla massa muscolare, ma il cuore, i polmoni, l'intestino e gli altri organi formano un insieme, contenuto nella gabbia toracica, libero di muoversi come in sospensione e che risulta più influenzato dagli effetti del *jolt*. Il *jolt* rappresenta la rapidità con cui l'assorbitore dissipa l'energia di caduta; una decelerazione molto rapida produce seri danni al corpo umano che può tollerare livelli di *jolt* molto alti solo per brevissimi periodi di tempo.

Un attacco dorsale del dispositivo contro le cadute dall'alto posizionato sopra la spalla, simile a quello di un paracadute, è la migliore soluzione possibile per ottenere un allineamento ottimale con la spina dorsale e per ridurre il rischio di un suo danno. Questa soluzione, attacco sopra la spalla, non è di pratica fattibilità per un lavoratore dei cantieri edili, in quanto questa realizzazione creerebbe diversi inconvenienti di mobilità e potrebbe essere causa di rischi aggiuntivi nei confronti della nuca. L'attacco sternale è generalmente utilizzato quando l'altezza di caduta è limitata ( $\leq 60$  cm) e il rischio principale consiste nell'espore il lavoratore all'urto contro eventuali ostacoli frontali con conseguenti danni alla testa e al torace. Alla luce delle considerazioni esposte, appare evidente come le tipologie di imbraga-

Normativa di riferimento

EN 353/1: 2002	«Personal protective equipment against falls from a height - Guided type fall arresters including a rigid anchor line.»
EN 353/2: 2002	«Personal protective equipment against falls from a height - Guided type fall arresters including a flexible anchor line.»
EN 354: 2002	«Personal protective equipment against falls from a height - Lanyards.»
EN 355: 2003	«Personal protective equipment against falls from a height - Energy absorbers.»
EN 358: 2001	«Personal protective equipment against falls from a height - Belt for work positioning and restraint and work positioning lanyards.»
EN 360: 2003	«Personal protective equipment against falls from a height - Retractable type fall arresters.»
EN 361: 2003	«Personal protective equipment against falls from a height - Full body harnesses.»
EN 362: 2004	«Personal protective equipment against falls from a height - Connectors.»
EN 363: 2002	«Personal protective equipment against falls from a height - Fall arrest system.»
EN 364: 1992	«Personal protective equipment against falls from a height - Test methods.»
EN 365: 2002	«Personal protective equipment against falls from a height - General requirements for instruction for use, maintenance, periodical examination, repair, marking and packaging.»
EN 795: 2002	«Personal protective equipment against falls from a height - Anchor devices. Requirements and testing.»

ture più adoperate nelle costruzioni per ridurre il rischio di caduta dall'alto siano quelle con l'attacco dorsale e/o sternale.

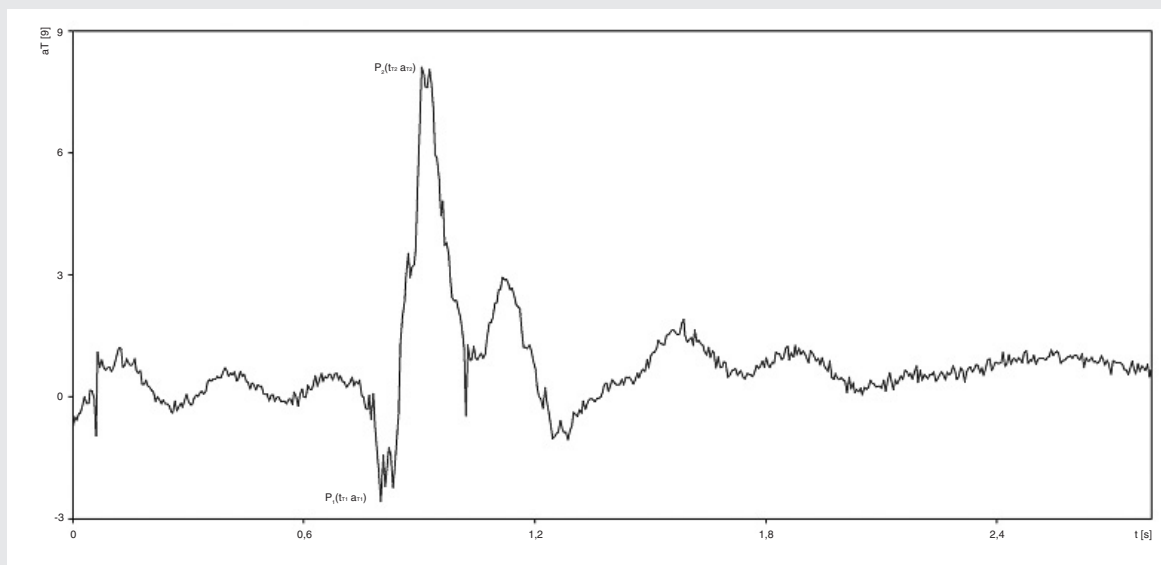
Anche le imbragature normalmente utilizzate nelle costruzioni presentano degli in-

convenienti. Un attacco dorsale posizionato in una zona più bassa rispetto alle scapole assieme ad un eccessivo rilassamento dell'imbragatura, determina un angolo di sospensione maggiore di 50° e provoca una

sollecitazione di flessione della spina dorsale. Quando l'attacco dorsale è posizionato troppo in alto rispetto alle scapole e vi è un eccessivo rilassamento dell'imbragatura, si determina un angolo di sospensione picco-

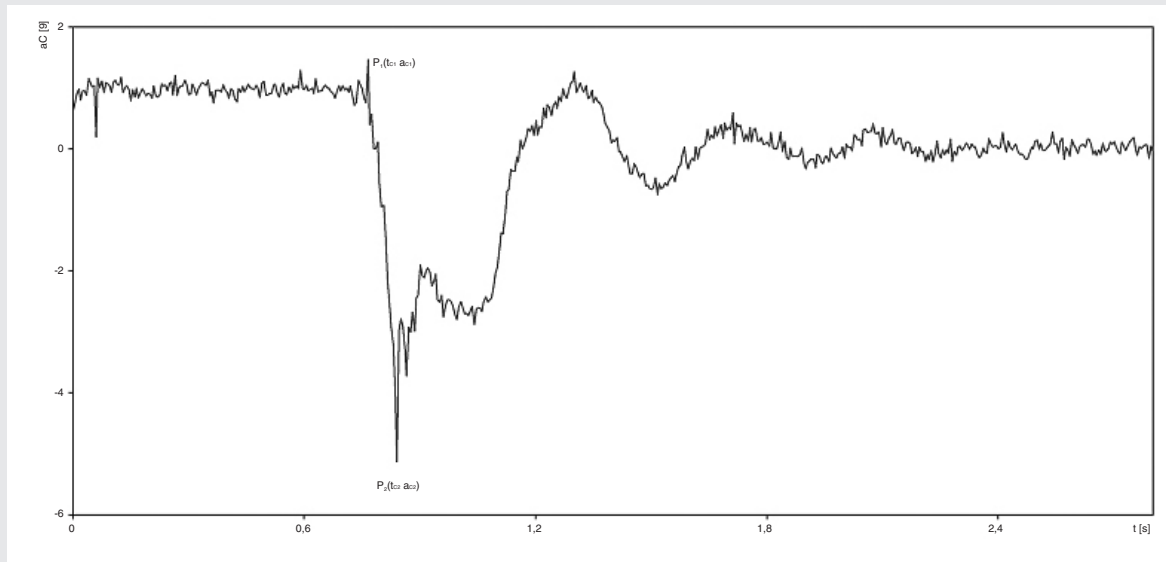
Curva accelerazione-tempo per la testa

Grafico 1



## Curva accelerazione-tempo per il tronco

Grafico 2



lo, con avvicinamento delle cinghie dell'imbragatura al collo e con un conseguente rischio di garrottaggio dello stesso. I test condotti dall'ISPESL hanno evidenziato che l'angolo di sospensione dipende anche dalla presenza o meno, nella parte posteriore dell'imbragatura, di un elemento posizionato all'incrocio delle cinghie dorsali.

Una imbragatura che si adatta meglio al corpo, come l'imbragatura elastica, e può essere calzata e stretta con maggiore rapidità, riduce il rischio di scivolamento con conseguente minor pericolo di garrottaggio.

### I sistemi di arresto caduta

Un sistema di arresto caduta è costituito da una serie di componenti, connessi in serie, che collegano fisicamente il lavoratore e la struttura di ancoraggio. Nello schema classico è così composto:

- una imbragatura di sicurezza, indossata dal lavoratore;
- un sistema di collegamento, composto da un cordino e un assorbitore di energia, che unisce l'imbragatura a un punto di ancoraggio sicuro;
- due connettori che uniscono il sistema di collegamento, nella parte di sotto, con

l'imbragatura e, nella parte di sopra, con la struttura di ancoraggio.

In caso di caduta nel vuoto l'arresto viene assicurato dall'ultima connessione del DPI al punto di ancoraggio sicuro. L'energia cinetica accumulata dal corpo durante la caduta libera viene dissipata dal sistema di collegamento, con una capacità intrinseca più o meno grande di disperdere energia, migliorabile con l'introduzione di un assorbitore di energia che fa sì che la decelerazione conseguente alla caduta sia controllata e limitata nei valori.

Per avere un quadro sufficientemente esauritivo degli effetti dinamici sul corpo prodotti in seguito alla caduta dovrebbero essere eseguite delle sperimentazioni con volontari umani; le conseguenze fisiche derivanti dalla caduta, che potrebbero essere gravi o addirittura letali, sconsigliano questo tipo di prove. Molte metodologie sono state sviluppate e documentate nella letteratura tecnica al fine di valutare le prestazioni dei componenti costituenti il sistema di arresto caduta, esse utilizzano come masse di prova:

- solidi e pesi rigidi di forma regolare;
- sacchi di sabbia di forma regolare;
- torsi rigidi di forma quasi umana senza testa e arti;

- manichino antropomorfo, *dummy* articolato, che assomiglia all'essere umano.

### Il drop test

La prova che viene utilizzata di più è il cosiddetto *drop test*. Il *drop test* consiste nella caduta di un manichino antropomorfo articolato, collegato al punto di ancoraggio fisso mediante il sistema di arresto caduta, avente caratteristiche dimensionali e distribuzione delle masse confrontabili con quella del corpo di un adulto di sesso maschile di taglia media.

I *drop test* effettuati nell'attività di ricerca dell'ISPESL hanno permesso, fra l'altro, di effettuare degli studi sulla accelerazione e sul *jolt* che subiscono testa (in avanti e indietro) e corpo (verso il basso); essi sono stati eseguiti facendo cadere il manichino da due posizioni diverse, verticale a testa in su e orizzontale.

Nei grafici 1 e 2 è rappresentata l'accelerazione, espressa in g, in funzione del tempo, in secondi.

### Curva accelerazione-tempo per la testa

Il grafico 1 è relativo alla accelerazione in avanti e indietro che subisce la testa del

manichino antropomorfo; in esso sono stati scelti due punti significativi che individuano il primo picco  $P_1$  ( $t_{T1}$ ,  $a_{T1}$ ) e il picco massimo  $P_2$  ( $t_{T2}$ ,  $a_{T2}$ ). Successivamente sono stati calcolati l'accelerazione massima  $\Delta a_T$  dal punto  $P_1$  al punto  $P_2$ , il tempo relativo  $\Delta t_T$  ed il *jolt*  $j_T$ .

### Curva accelerazione-tempo per il tronco

Il grafico 2 relativo alla accelerazione che subisce il tronco verso il basso è riportato successivamente; in esso sono stati scelti due punti significativi  $P_1$  ( $t_{C1}$ ,  $a_{C1}$ ) e il picco massimo  $P_2$  ( $t_{C2}$ ,  $a_{C2}$ ); successivamente sono stati calcolati l'accelerazione massima  $\Delta a_C$  dal punto  $P_1$  al punto  $P_2$ , il tempo relativo  $\Delta t_C$  ed il *jolt*  $j_C$ .

### Conclusioni

I test effettuati mostrano che l'accelerazione e il *jolt* risultano fortemente influenzati dalla tipologia di caduta eseguita, infatti, in

quelle con manichino in posizione orizzontale, i valori sono sensibilmente più elevati rispetto a quelle con manichino in posizione verticale a testa in su.

L'accelerazione in avanti e in ritorno per la testa e quella in basso per il tronco sono in grado di provocare danni a tutto il corpo, compresi gli organi interni e, in particolare, alle vertebre cervicali. I dati dell'attività di ricerca ISPESL mostrano che la risultante dell'accelerazione per la testa è circa il doppio di quella del tronco.

Il confronto con i dati ricavati dai test e i dati di tollerabilità provenienti da ricerche e prove a carattere medico della NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) per il tronco verso il basso, permette di stabilire che i valori sperimentali per l'accelerazione (compresa tra 8 e 12 g) rientrano nelle tolleranze ricavabili dai grafici 1 e 2. I valori del *jolt* calcolati durante i test sono

decisamente inferiori (30 g/s) a quelli proposti (60 g/s).

Per l'accelerazione e il *jolt* relativi alla testa in avanti e indietro non è disponibile in letteratura tecnica uno studio che permetta di effettuare un confronto con i dati ricavati dai test ISPESL. Appare, tuttavia, possibile confermare che i valori riscontrati (accelerazione compresa tra 5 e 15 g e *jolt* tra 20 e 160 g/s) sono in linea con quelli desumibili dalla letteratura stessa.

Qualche riflessione merita anche il lavoratore che subisce le cadute; le sollecitazioni trasmesse durante la caduta dipendono anche dalle caratteristiche fisiche del lavoratore stesso, peso incluso; l'addetto edile ha una "attitudine" fisica non sempre idonea a sopportare il tipo di azioni esaminate e descritte. Appare, quindi, opportuno richiamare l'attenzione su queste problematiche, non meno importanti, delle caratteristiche tecniche intrinseche dei sistemi di arresto caduta. ●

## Glossario

<b>Manichino antropomorfo:</b>	manichino che ha la forma dell'uomo avente caratteristiche dimensionali e distribuzione delle masse confrontabili con quelle del corpo, di taglia media, di un adulto di sesso maschile.
<b>Test surrogato:</b>	massa di prova che consente di valutare l'efficacia di un sistema di arresto caduta; essa può essere costituita da: - solidi e pesi rigidi di forma regolare, - sacchi di sabbia di forma regolare, - torsi rigidi di forma quasi umana senza testa e arti, - manichino antropomorfo - dummy articolato - che assomiglia all'essere umano. I test surrogate consentono di non utilizzare l'uomo per valutare gli effetti dinamici indotti sul corpo umano dall'intervento dei sistemi di arresto caduta.
<b>Accelerazione:</b>	variazione della velocità rispetto al tempo, espressa in metri al secondo per secondo ( $m/s^2$ ). L'accelerazione viene espressa anche in unità "g" (1 g è equivalente ad una volta l'accelerazione di gravità che è pari a $9,81 m/s^2$ ).
<b>Accelerazione di gravità (g):</b>	accelerazione naturale a cui è sottoposto un grave durante la caduta libera (nessuna altra forza agente sul corpo se non quella dovuta alla attrazione della terra). L'accelerazione di gravità varia da punto a punto, ma viene internazionalmente fissata ( $45^\circ$ di latitudine), ai fini dei calcoli, uguale a $9.81 m/s^2$ , pari ad 1 g.
<b>Forza frenante:</b>	forza massima $F_{max}$ in kilonewton (kN), misurata sul punto di ancoraggio o sulla linea di ancoraggio durante il periodo di frenatura della prova delle prestazioni dinamiche. [EN 363]
<b>Jolt (o anche Jerk):</b>	variazione della accelerazione rispetto al tempo, espressa in metri per secondo al cubo ( $m/s^3$ ). Il <i>jolt</i> può essere espresso anche in "g/s": un <i>jolt</i> di 300 g/s corrisponde a 300 volte l'accelerazione di gravità per secondo, pari a $2.943 m/s^3$ .
<b>Dispositivo di ancoraggio:</b>	elemento, o serie di elementi o componenti, contenente uno o più punti di ancoraggio. [EN 795]
<b>Cordino:</b>	elemento di collegamento o componente di un sistema anticaduta. Un cordino può essere costituito da una corda di fibra sintetica, una fune metallica, una cinghia o una catena. [EN 354]
<b>Dissipatore di energia:</b>	elemento o componente di un sistema anticaduta che è progettato per dissipare l'energia cinetica sviluppata durante la caduta dall'alto. [EN 355]
<b>Connettore:</b>	elemento di collegamento o componente di un sistema anticaduta dotato di sistema di chiusura automatico e sistema di bloccaggio automatico o manuale. [EN 362]
<b>Imbragatura per il corpo:</b>	supporto per il corpo che ha lo scopo di arrestare la caduta, cioè un componente di un sistema di arresto di caduta. L'imbragatura per il corpo può comprendere cinghie, accessori, fibbie o altri elementi montati opportunamente per sostenere tutto il corpo di una persona e tenerla durante la caduta e dopo l'arresto. [EN 361]