



Club Alpino Italiano

Commissione Centrale Materiali e Tecniche

Le tecniche di assicurazione in parete

a cura di:

Vittorio Bedogni, Giuliano Bressan, Claudio Melchiorri,
Gigi Signoretti, Carlo Zanantoni

Indice

Premessa	1
1 Le basi fisiche della catena di sicurezza	3
1.1 Elementi della catena di sicurezza	3
1.1.1 La corda	3
1.1.2 La sosta	5
1.1.3 I freni	5
1.2 L'assicurazione dinamica: generalità	8
1.2.1 Il "fattore di caduta" nell'assicurazione dinamica	8
1.2.2 L'effetto del rinvio	8
1.2.3 La funzione della mano e del freno	9
1.3 Le tecniche di assicurazione dinamica	12
1.3.1 Le tecniche che non coinvolgono il corpo dell'assicuratore: l'assicurazione classica	12
1.3.2 Le tecniche che coinvolgono il corpo dell'assicuratore	14
1.4 Le tecniche a confronto: caratteristiche tecniche	18
2 Aspetti pratici della catena di sicurezza	23
2.1 La catena di sicurezza nella pratica	23
2.1.1 Quale sosta usare	23
2.1.2 Quali freni usare	25
2.1.3 La presenza di rinvii	26
2.1.4 Quali corde usare	27
2.2 Assicurazione: con sollevamento dell'operatore o senza?	28
3 Conclusioni	29
A Appendice A: L'utilizzo di due mezze corde	31
B Appendice B: Confronto tra le tecniche di assicurazione al primo di cordata	33
Bibliografia	35

Premessa

È con una certa soddisfazione che la Commissione Centrale Materiali e Tecniche (CCMT) del Club Alpino Italiano presenta questo quaderno, frutto del lavoro svolto in più di due anni da decine di tecnici e di esperti alpinisti. Il lavoro qui descritto è probabilmente il primo svolto sull'argomento con questa attenzione e con questo dettaglio, e rappresenta il sunto di una notevolissima mole di dati sperimentali raccolti su centinaia di prove svolte in diverse condizioni operative: su ghiaccio, roccia, strutture artificiali e in laboratorio.

In particolare, questo quaderno presenta in dettaglio un'analisi comparativa delle tecniche di assicurazione in parete ed è parte esplicativa del film *“Tecniche di assicurazione: confronto tra classica e ventrale”*, anch'esso prodotto a cura della CCMT. Gli scopi del filmato e di questo quaderno sono:

1. spiegare in modo dettagliato ed esauriente i complessi fenomeni fisici che stanno alla base della trattenuta di una caduta
2. capire se esistono elementi che fanno preferire una tecnica di assicurazione rispetto ad un'altra in dipendenza delle circostanze.

Nelle analisi effettuate, particolare attenzione è stata data ai carichi generati nella catena di sicurezza dalle varie tecniche adottate, che si ritiene siano uno dei criteri principali, anche se non il solo, per il confronto delle tecniche.

La materia è molto complessa e per tale motivo si deve puntualizzare il fatto che su alcuni aspetti non sono ancora state tratte conclusioni definitive. Inoltre, la complessità dell'argomento fa sì che le caratteristiche fondamentali dell'assicurazione dinamica siano di fatto ancora poco note alla maggior parte degli alpinisti; ancor più negativo è poi il fatto che si assiste spesso, da parte di alcune categorie di arrampicatori, a prese di posizione non sempre basate su considerazioni razionali e dati oggettivi.

La CCMT ha da tempo affrontato il complesso problema ed ha prodotto, negli anni, vari documenti [1] e alcuni filmati [2]. Nel lavoro svolto, la CCMT si è basata sia su esperienze sperimentali sia su considerazioni teoriche: sono state realizzate numerose campagne di prove su differenti terreni sia su roccia [4, 5], sia su ghiaccio [3] e di “laboratorio”, come per esempio alla Torre di San Lazzaro (PD) [6, 7] e presso l'Università di Padova.

Per dare un'idea del lavoro svolto, basta ricordare le varie centinaia di prove eseguite, nelle quali sono stati misurati e registrati i principali parametri della tenuta di una caduta nelle più svariate situazioni. È stato inoltre sviluppato un modello matematico [8] per la cui validazione sono stati usati i dati sperimentali; esso è stato utilizzato per interpretare i punti più critici e per fare confronti tra le varie tecniche di assicurazione in modo “asettico”, cioè non viziato da comportamenti umani non sempre perfettamente ripetibili. Infatti, in molte occasioni alcuni fenomeni non sono facilmente comprensibili a partire dai soli dati sperimentali in quanto spesso essi sono messi in ombra da comportamenti differenti dell'assicuratore, come si avrà modo di vedere nel seguito.

Per maggiore chiarezza, questo documento è diviso in due parti.

Nella prima (Capitolo 1) vengono analizzate le basi fisiche della catena di sicurezza e si spiegano i fenomeni che si sviluppano durante la trattenuta di una caduta.

Nella seconda (Capitoli 2 e 3) vengono illustrati gli aspetti pratici della catena di sicurezza, con

alcuni suggerimenti derivati dall'analisi presentata nella prima parte.

In particolare, nel capitolo 1, è stato affrontato il difficile problema della comprensione dei fenomeni fisici che stanno alla base della meccanica della trattenuta di una caduta con differenti tecniche. Per semplicità di esposizione, è stato qui trattato prevalentemente il caso di una catena di assicurazione che prevede un unico rinvio.

Nel capitolo 2 sono stati considerati più nel merito gli aspetti pratico-operativi e vengono quindi dati suggerimenti, informazioni e, ove possibile, risposte alle domande più comuni in questo ambito. Verranno anche considerati, oltre che in Appendice A, alcuni casi in cui la catena di sicurezza presenta più rinvii.

Nel capitolo 3 verranno infine riassunte le considerazioni a cui si è giunti e riportate alcune osservazioni conclusive.

Viene anche riportata in Appendice B la posizione della Scuola Centrale di Alpinismo e della Commissione Nazionale Scuole di Alpinismo e Sci-alpinismo derivata dal confronto tra le tecniche di assicurazione al primo di cordata.

A conclusione di questo lavoro, durato più di due anni, si desidera ringraziare la Commissione Nazionale Scuole di Alpinismo e Sci Alpinismo e la Scuola Centrale di Alpinismo per l'aiuto e la collaborazione fattiva su diversi aspetti del lavoro svolto, la Scuola Alpina della Guardia di Finanza di Passo Rolle per la collaborazione e l'aiuto logistico in alcune delle prove effettuate ed infine tutti i colleghi e gli amici che si sono adoperati sia sul campo per le prove pratiche in condizioni non sempre facili sia, compito non meno semplice, "a tavolino" per lo sviluppo delle parti più metodologiche.

Luglio 2001

La Commissione Centrale Materiali e Tecniche

Capitolo 1

Le basi fisiche della catena di sicurezza

1.1 Elementi della catena di sicurezza

Per maggior completezza del tema trattato, verranno qui analizzati i principali componenti della catena di sicurezza, considerando soprattutto le loro caratteristiche fisiche e il loro funzionamento nella catena dinamica di assicurazione e quindi in definitiva le implicazioni che hanno sulle varie tecniche di assicurazione.

In particolare, verranno descritte le caratteristiche fisiche della corda (o delle corde), del freno e del punto di sosta, in quanto elementi principali attivi durante il processo di trattenuta. Non verranno invece considerati, in quanto elementi passivi, altri elementi della catena di sicurezza come imbracatura, ancoraggi, moschettoni, “preparati”, ecc..

1.1.1 La corda

La corda è l'elemento principale della catena di sicurezza non solo per il ruolo che ha nell'arresto della caduta, ma anche perchè le sue caratteristiche contribuiscono in maniera rilevante a determinare le sollecitazioni sui diversi componenti della catena di assicurazione. Tra questi hanno particolare interesse il freno, sia esso collegato alla sosta come nell'assicurazione classica o all'imbracatura come nell'assicurazione ventrale, e l'ultimo rinvio. Questo è infatti un elemento particolarmente critico in quanto su di esso, a causa del ben noto “effetto carrucola”, viene a gravare quasi il doppio della tensione che si genera nella corda.

Oggi sono disponibili sul mercato tre tipi di corde e precisamente:

- *corde semplici*
- *mezze corde*, da usarsi accoppiate ma non necessariamente passanti nello stesso moschettone
- *corde gemellari*, da usarsi accoppiate e passanti necessariamente nello stesso moschettone.

Senza addentrarci negli aspetti costruttivi delle corde, che esulano dalla presente trattazione, basta qui riportare alcune considerazioni sulle implicazioni che le caratteristiche fisiche della corda hanno nella catena di sicurezza.

L'aspetto principale è costituito dalla deformabilità assiale (*allungamento*) che ha un ruolo importante nella generazione delle tensioni nella corda (vedi anche il punto 1.2.3). L'importanza di questa caratteristica deriva dal seguente principio fisico:

nella caduta si genera energia cinetica che, al termine del volo, è dissipata principalmente dalla catena di sicurezza; parte di questa energia è assorbita durante la caduta, anche se come deformazione prevalentemente elastica, dalla corda; l'aspetto importante è che, a parità di energia assorbita, quanto più la corda è deformabile tanto minori sono le forze da essa generate (infatti, dette K_a e K_b le costanti elastiche di due diverse corde, con $K_a < K_b$, è facile ricavare che le forze da esse generate a parità di energia elastica ($E_a = \frac{K_a x_a^2}{2} = E_b = \frac{K_b x_b^2}{2}$) sono $F_a = K_a x_a < F_b = K_b x_b = \sqrt{K_a K_b} x_a$).

Le norme UIAA-CEN definiscono da un lato le specifiche di resistenza delle corde e dall'altro ne limitano la deformabilità, in quanto un eccessivo allungamento le renderebbe non adatte a varie manovre, come per esempio una calata in doppia.

Val la pena di sottolineare che le caratteristiche di deformabilità di una corda rivestono un ruolo chiave in una caduta a "corda bloccata", soprattutto in assenza di rinvii (cioè nel caso peggiore). Infatti, in questo caso tutta l'energia cinetica derivante dal volo viene assorbita dalla corda e quindi le sollecitazioni che si vengono a creare dipendono solo dalla corda stessa. Quando invece viene messa in atto un'assicurazione dinamica, l'allungamento della corda (e quindi la forza da essa generata) è tanto minore quanto maggiore è l'entità della corsa¹ della corda nel freno. Questo argomento verrà ripreso in seguito.

Il dato che indirettamente caratterizza la deformabilità assiale di una corda è la forza d'arresto, misurata nelle prove al Dodero (apparecchiatura di omologazione delle corde alla cui descrizione [10] si rimanda anche per una più circostanziata definizione della *forza d'arresto*). Infatti, come già detto, quanto più la corda è deformabile (generando quindi tensioni minori a parità di energia assorbita), tanto più la forza d'arresto è bassa.

Nella tabella 1.1 sono riportati i valori di alcune caratteristiche richieste dalle norme UIAA-CEN e i valori correnti delle stesse relativi a corde in commercio. Si ricorda che il daN (decaNewton) è l'unità di forza nel Sistema Internazionale, ed è praticamente equivalente al chilogrammo peso (kp)².

Tipo di corda	Massa di prova (kg)	F_{max} (UIAA-CEN) (daN)	F_{max} misurata (daN)	Peso (g/m)
semplice	80	< 1200	680 – 780	70 – 72
mezza	55	< 800	480 – 550 (singola)	85 – 90 (coppia)
gemellare	80	< 1200	770 – 940	80 – 85

Tabella 1.1: Alcune caratteristiche meccaniche delle corde.

Come si può notare dalla tabella 1.1, la corda semplice offre le migliori caratteristiche in termini di minore forza generata e minore peso unitario (per unità di lunghezza). Due mezze corde risultano, rispetto alla corda semplice, più "rigide" quando scorrono entrambe nello stesso rinvio mentre, alternando il passaggio nei rinvii, risultano più "deformabili"; esse inoltre presentano

¹Si parlerà qui indifferentemente di *corsa* e di *scorrimento* della corda nel freno, intendendo con entrambi questi termini la lunghezza di corda che passa nel freno durante la fase di trattenuta di una caduta. Una definizione più precisa di *scorrimento* (o *slip ratio*) esula dagli obiettivi di questo lavoro.

²Risulta infatti che $1 \text{ kp} = 9.81 \text{ N} = 0.981 \text{ daN}$

un peso unitario (riferito alla coppia) maggiore. Torneremo sull'argomento nel seguito. Le corde gemellari, che devono essere usate come se si trattasse di una unica corda, hanno caratteristiche intermedie e offrono il vantaggio derivante da una maggior operabilità, come ad esempio nel caso di calate.

1.1.2 La sosta

La sosta costituisce il punto chiave della catena di sicurezza, in quanto dalla sua affidabilità dipende l'incolumità dell'intera cordata. Data l'importanza rivestita dagli ancoraggi della sosta, essi devono essere quanto più solidi possibile compatibilmente con il tipo di terreno.

Gli ancoraggi devono essere *bidirezionali*, cioè in grado di reggere una trazione sia verso il basso che verso l'alto, o collegati in maniera tale che il complesso risultante lo sia. Qualora, in casi limite, la bidirezionalità non fosse possibile, si dovranno prendere opportuni provvedimenti: se ne riparerà al punto 2.2.

Dando per scontato la presenza di più di un ancoraggio, questi devono essere collegati tra di loro tramite un cordino o una fettuccia di resistenza nominale opportune in modo da ripartire al meglio il carico tra gli ancoraggi. Si hanno così il collegamento degli ancoraggi in *parallelo*, nel quale un anello di cordino o fettuccia di lunghezza opportuna viene utilizzato per distribuire in modo idealmente uguale il carico sugli ancoraggi (il modo "classico"), e *in serie*, in cui gli ancoraggi sono collegati in modo tale che uno solo sia direttamente interessato al carico. Quest'ultimo tipo di collegamento ha alcuni pregi ed alcuni difetti rispetto a quello in parallelo, ed è tutt'ora in fase di valutazione.

1.1.3 I freni

Il freno è quell'attrezzo che, pilotato dalla mano dall'assicuratore, permette di rallentare ed arrestare la caduta. Vari possono essere i freni utilizzati per l'assicurazione. Tra i più comuni vi sono: il classico *nodo mezzo barcaiolo*, riconosciuto in sede UIAA quale 'italian hitch', l'*Otto*, il *secchiello* o *Tuber*, la *piastrina Sticht*, Fig. 1.1. Questi attrezzi, al di là della loro conformazione e del loro modo di operare, hanno una caratteristica in comune: essi si comportano come *moltiplicatori di forze*, cioè come amplificatori della forza applicata dalla mano, e generano in questo modo la forza frenante che agisce, attraverso la corda, sulla massa che cade, Fig. 1.2.

La capacità frenante è espressa dal *fattore di moltiplicazione* della forza, definito come rapporto tra la forza nella corda a valle e a monte del freno. Un confronto del valore del fattore di moltiplicazione di vari freni è dato in tabella 1.2, in cui si riportano valori qualitativi e differenziati a seconda che i rami entrante ed uscente della corda nel freno siano paralleli oppure disposti a 180 gradi.

Tipo di freno	Fattore di moltiplicazione Rami paralleli	Fattore di moltiplicazione Rami a 180°
Mezzo barcaiolo	8 - 12	6 - 8
Otto	2 - 3	4 - 6
Tuber	1,5 - 2	3 - 5
Piastrina Sticht	1,5 - 2	3 - 5

Tabella 1.2: Caratteristiche dei freni: fattore di moltiplicazione delle forze.

Dalla tabella si nota che, ad esempio per il mezzo barcaiolo, i valori tipici sono tra 8 e 12: questo significa che forze della mano (a monte del freno) dell'ordine di 15-30 daN generano



Figura 1.1: Tipi di freni più comuni.

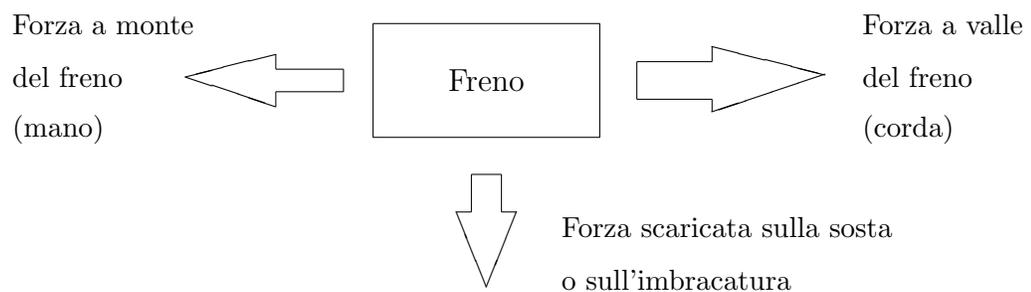


Figura 1.2: Funzionamento schematico del freno.

tensioni nella corda a valle del freno di 120-360 daN. Inoltre, dalla tabella risulta evidente come il mezzo barcaiolo sia l'unico che presenti la massima capacità frenante quando i due rami di corda sono tra loro paralleli come nel caso di trattenuta di una caduta in assenza di rinvii. E' quindi importante notare che:

il mezzo barcaiolo è l'unico freno che fornisce la massima capacità frenante quando questa è richiesta come presupposto di sicurezza, mentre essa si riduce in presenza di rinvii; gli altri freni si comportano in modo diametralmente opposto.

Va rilevato che il mezzo barcaiolo è l'unico freno in cui l'attrito si sviluppa "corda su corda": questo comporta una maggiore usura delle corde in caso di trattenute ripetute; gli altri tipi di freno sviluppano invece attriti "corda su metallo".

Alcuni aspetti "minori" del comportamento dei freni sono tuttora oggetto di studio, quali per esempio la variazione della capacità frenante con l'entità del carico istante per istante durante l'azione d'arresto e l'influenza esercitata dalla velocità di scorrimento della corda nel freno. Si ricordi che anche la scorrevolezza della corda, data dalle caratteristiche della calza, influenza il comportamento del freno.

Tutti questi aspetti hanno comunque un ruolo secondario nel modo di operare dell'attrezzo, che rimane sostanzialmente, come già detto, un moltiplicatore di forze.

A questo punto bisogna insistere su un fatto ovvio ma spesso dimenticato, tanto da far talvolta apparire contraddittori i risultati sperimentali:

l'efficacia della frenatura è data dall'effetto combinato:

- della forza esercitata dalla mano dell'assicuratore
- della capacità frenante dell'attrezzo.

Ciò significa che si può ottenere lo stesso effetto di frenata sia con una 'debole' forza della mano combinata con un freno molto efficace sia, viceversa, con una elevata forza applicata della mano con un freno meno efficiente. A questo proposito però, poichè la forza esercitata dalla mano ha un limite superiore, val la pena di sottolineare che:

è meglio avere un freno efficace che può essere modulato morbidamente in caso di richiesta di basse forze frenanti piuttosto che un freno poco efficace che non permette di trattenere opportunamente cadute importanti.

Un'altra considerazione fondamentale è la seguente:

le forze che si generano nella catena di sicurezza sono determinate principalmente dal comportamento di colui che assicura, unito alle caratteristiche del freno e della corda, piuttosto che dalla tecnica di assicurazione usata.

L'importanza di questo aspetto dell'azione frenante è spesso sottovalutata. Risulta essenziale fare un confronto ragionato su vari aspetti delle tecniche di assicurazione, oggetto spesso di prese di posizione aprioristiche.

È necessario sottolineare un altro aspetto dell'azione dei freni: l'assicurazione dinamica, che deve il proprio nome al fatto di permettere uno scorrimento della corda nel freno dissipando parte dell'energia di caduta in attrito, riduce l'energia assorbita dalla corda e pertanto abbassa

le tensioni nella catena di sicurezza. Ne consegue che:

quanto minore è la forza generata dal sistema mano-freno tanto maggiore risulta la corsa della corda nel freno; inoltre, quanto maggiore è la corsa della corda nel freno, tanto minori risultano le tensioni nella catena di sicurezza.

Si può pertanto dedurre che è possibile ottenere bassi carichi nella catena di sicurezza al prezzo di maggiori corse della corda nel freno. Si ritornerà sull'argomento nel seguito.

1.2 L'assicurazione dinamica: generalità

Si parla ora dell'assicurazione dinamica, cioè dell'insieme delle tecniche di assicurazione che permettono la dissipazione per attrito di una parte rilevante dell'energia sviluppata in una caduta in parete. Vengono illustrati i fenomeni caratteristici di questo modo di arrestare una caduta, analizzandone le varie fasi e cercando di dare una giustificazione fisica alle risultanze sperimentali.

1.2.1 Il "fattore di caduta" nell'assicurazione dinamica

Prima di addentrarci nelle problematiche dell'assicurazione dinamica, vale la pena di ricordare un aspetto importante nella trattenuta, spesso usato a sproposito: il *fattore di caduta*.

È noto il ruolo svolto dal fattore di caduta nella comprensione degli aspetti fisici quando la corda risulta bloccata a una estremità, come nel caso di assicurazione statica. In tali circostanze, la forza di arresto risulta indipendente dall'altezza di caduta ed è direttamente legata a tale fattore. Parlando invece di assicurazione dinamica, va rimarcato che l'applicazione del concetto di fattore di caduta non ha più significato in quanto in questo caso le caratteristiche della corda non sono l'elemento principale che determina l'entità delle sollecitazioni che si vengono a creare. Si consideri inoltre che anche nel caso di assicurazione statica la definizione di fattore di caduta va rivista se sono presenti rinvii, ma non è qui il caso di entrare in dettagli. In ogni caso, il fattore di caduta perde il suo significato quando:

- nella trattenuta si introduce una dissipazione di energia per attrito, come nel caso di assicurazione dinamica;
- nella catena di sicurezza sono presenti rinvii che dissipano energia per attrito generando tensioni diverse nei vari tratti di corda fra i rinvii.

Quindi, in presenza di freni e/o di rinvii, per dare un'idea della pericolosità di una caduta non si deve fare riferimento al fattore di caduta ma è meglio riferirsi all'entità della caduta stessa, poichè aumentano con essa le energie in gioco e i tempi d'arresto.

1.2.2 L'effetto del rinvio

Vale la pena di soffermarsi sul ruolo rivestito dal rinvio per quanto riguarda la parte di energia da esso assorbita a causa dell'attrito, tutt'altro che trascurabile nella gran parte dei casi come si può vedere al successivo punto 1.2.3. Infatti, anche il rinvio può essere considerato come un moltiplicatore di forze alla stregua del freno, anche se con un fattore di moltiplicazione decisamente inferiore: la tensione nella corda a valle del rinvio (verso il corpo che cade) risulta solo di poco superiore a quella entrante (verso il freno). A supporto di questa affermazione sono

stati raccolti numerosi dati durante le innumerevoli campagne di prova, e ne sono state anche eseguite di specifiche.

Test eseguiti in condizioni semistatiche, con rami della corda entrante ed uscente dal rinvio tra loro paralleli, hanno evidenziato per una corda semplice un rapporto tra le forze di circa 1,7. Lo stesso rapporto, in condizioni dinamiche, assume valori inferiori. Dall'elaborazione dei dati sperimentali, ottenuti in condizioni dinamiche, si possono dedurre i seguenti valori indicativi:

- $F_2/F_1 = 1.47$ **corda semplice, diametro 10,5 mm**
- $F_2/F_1 = 1.50$ **coppia di mezze corde, diametro 8,5 mm**
- $F_2/F_1 = 1.35$ **singola mezza corda, diametro 8,5 mm**

essendo F_2 la forza a valle del rinvio (verso chi cade) e F_1 quella a monte (verso il freno). Va comunque sottolineato come questi rapporti dipendano molto, come pure nel caso del freno, dalla rugosità della corda e del moschettone oltre che dalla geometria di quest'ultimo.

1.2.3 La funzione della mano e del freno

Entriamo ora nel merito della questione principale: *come funziona un'assicurazione dinamica?* Per semplicità, nella discussione seguente prendiamo come riferimento il caso di una catena di sicurezza con un unico rinvio e con freno direttamente collegato all'ancoraggio di sosta. Consideriamo questa configurazione "semplificata" allo scopo di evidenziare gli aspetti fondamentali dell'assicurazione dinamica, senza l'influenza di effetti spuri introdotti dal triangolo di sosta e dal coinvolgimento del corpo dell'assicuratore. A chiarimento dei fenomeni che verranno analizzati va inoltre ricordato che

nell'assicurazione dinamica, per tutta la fase di trattenuta fino all'arresto della caduta, si ha una corsa della corda nel freno che dissipa energia; tale corsa è tanto maggiore quanto minori sono gli attriti (roccia, rinvii, ecc.) presenti nella catena di sicurezza.

Il fenomeno della trattenuta può essere schematicamente suddiviso in due fasi.

Prima fase. In questa fase, che chiameremo *inerziale*, la stimolazione alla frenata arriva al freno dalla corda che scorre con la stessa velocità del corpo che cade e quindi tanto più rapidamente quanto maggiore è l'altezza di caduta. La mano dell'assicuratore, che impugna la corda, tende quindi ad acquistare la stessa velocità di questa, subendo una brusca accelerazione.

Questa accelerazione, che coinvolge prima la mano, poi il braccio, la spalla e parte del corpo dell'assicuratore (attraverso un irrigidimento dei muscoli relativi), genera la forza d'inerzia frenante tipica di questa fase. Va pure sottolineato che in questa fase anche l'elasticità della corda esercita un ruolo non trascurabile, in quanto essa rientra nel meccanismo di generazione della forza d'inerzia. La forza così generata viene amplificata prima dall'effetto del freno, che agisce come moltiplicatore di forze, e poi dall'attrito sul rinvio.

La forza applicata dalla mano, aumentata dagli effetti sopra descritti, va infine a decelerare, attraverso la corda, la massa che cade fino ad arrestarla. Durante questa fase la parte della massa corporea dell'operatore messa in movimento acquista velocità e può succedere che essa arrivi a muoversi con una velocità anche superiore a quella del corpo che cade: a questo punto, venendo ad annullarsi la forza d'inerzia, viene meno la capacità frenante della mano.

Questa analisi si basa sulle riprese osservate al rallentatore, sull'interpretazione fornita del modello matematico e sulle registrazioni sperimentali dell'andamento delle forze nel tempo presenti nella catena di sicurezza. L'analisi dei dati ha messo in luce che il picco di tensione (cioè la

forza di arresto) si crea proprio grazie a questo meccanismo. Viene pertanto confermato quanto già accennato a proposito dei freni:

l'azione frenante della mano, in questa fase in cui prevale la forza d'inerzia, è proporzionale all'entità della massa degli arti coinvolta e determina, con il contributo del freno, il picco di tensione nella catena di sicurezza; il tipo di assicurazione messo in atto ha in questa fase una importanza secondaria.

Seconda fase. Chiameremo questa: *fase di scorrimento*. Dai filmati analizzati al rallentatore risulta come in questa fase le parti del corpo subiscano solo piccoli spostamenti e come l'assicuratore opponendo resistenza con parte del proprio peso mantiene bloccata la corda o la lascia scorrere in modo più o meno controllato, come succede ad esempio quando la mano viene ad interferire con il freno o la forza supera il limite di tenuta della mano stessa.

In questa fase, dunque, la forza non è più di tipo inerziale e l'entità della tensione nella catena di sicurezza dipende dal fatto che l'assicuratore eserciti una forza più o meno elevata. Da questo comportamento dipende anche l'entità della corsa della corda nel freno fino al completo arresto della caduta.

Ritorniamo alla “fase inerziale” durante la quale, come si è già visto, si genera il picco di tensione: per dare un'idea quantitativa di quanto sopra affermato, si può dire che:

la forza massima esercitata dalla mano dell'assicuratore varia dai 15 ai 30 daN ed è generata dall'inerzia di una massa di circa 2-3 Kg; questa parte dell'azione frenante ha una durata estremamente breve, dell'ordine di due o tre decimi di secondo.

Questa informazione è stata desunta, con l'aiuto del modello matematico, dai dati sperimentali. Si può notare che, vista la brevità dei tempi, la reazione dell'assicuratore (e quindi la forza in gioco) è influenzata essenzialmente da un maggior o minor irrigidimento iniziale dei muscoli del braccio e quindi da un atteggiamento più o meno rilassato.

Dopo aver analizzato l'assicurazione dinamica per quanto concerne i carichi, passiamo ora ad analizzare quanto succede allo scorrimento della corda nel freno, cioè alla quantità di corda che scorre in modo controllato nel freno.

Per la comprensione di questo aspetto, risultano utili alcune considerazioni energetiche. Si consideri il caso ideale di assicurazione dinamica in cui, una volta raggiunta la soglia di scorrimento della corda nel freno, la forza frenante applicata dal freno si mantenga costante: un elementare bilancio energetico porta ad affermare che in queste condizioni forza frenante e corsa della corda sono inversamente proporzionali, cioè maggiore è la forza minore risulta la corsa (e viceversa). Peraltro, non va dimenticato un ulteriore assorbimento di energia di attrito da parte del rinvio che, dalle analisi fatte, risulta tutt'altro che trascurabile.

In realtà le cose sono più complesse poichè la forza frenante nella corda non resta costante ma, dopo il picco di tensione, la maggior parte delle volte legato all'inerzia generata dall'irrigidimento muscolare dell'assicuratore, tende generalmente a diminuire (anche se teoricamente potrebbe pure aumentare, dipendendo dal comportamento dell'operatore). È proprio il valor medio della forza nel periodo successivo al picco che determina la maggior parte dell'entità della corsa: il picco di tensione è già avvenuto, come si può vedere dalla Fig. 1.3, mentre d'altra parte la maggior parte della corsa della corda deve ancora avvenire.

Da queste considerazioni si può affermare che

l'entità della corsa della corda nel freno dipende prevalentemente dal valore medio della forza frenante messa in atto durante la seconda parte della trattenuta: tanto minore è la forza media dopo il picco quanto maggiore è la corsa della corda e viceversa; il tipo di assicurazione utilizzato condiziona l'entità della corsa.

Inoltre, poichè l'azione frenante della mano non varia molto durante la fase di "scorrimento", si ha che

l'entità della corsa risulta essere una conseguenza diretta della forza frenante applicata e non viceversa (cioè la forza frenante non dipende dalla corsa della corda).

In Fig. 1.3 sono riportati due grafici che mostrano l'andamento e i valori delle forze, degli spostamenti e della corsa della corda nel freno.

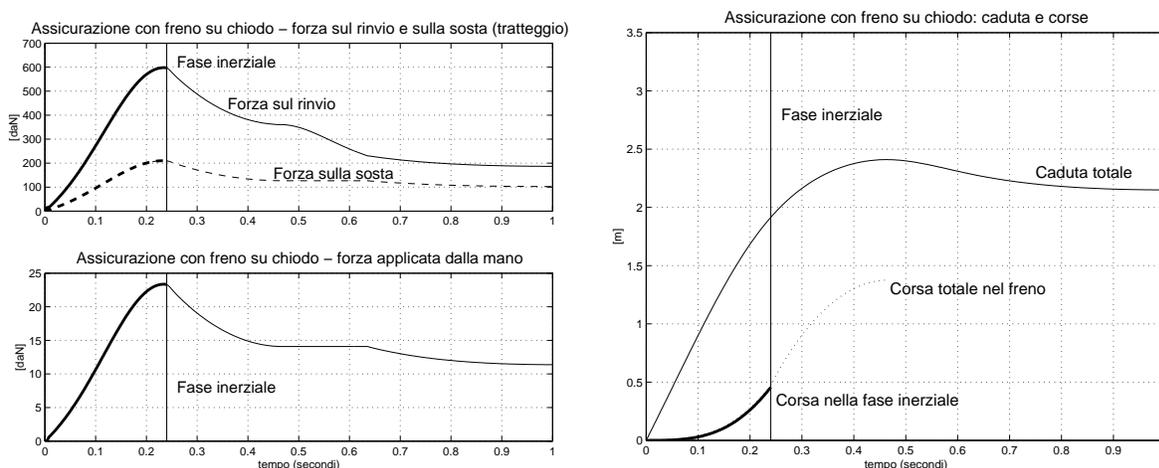


Figura 1.3: Assicurazione con freno sul chiodo: andamento temporale delle forze (all'ultimo rinvio, in sosta e applicata dalla mano); andamento della caduta e della corsa della corda nel freno. Viene evidenziata la durata della fase inerziale.

Si può notare come il picco di tensione si verifichi dopo circa 2,5 decimi di secondo e che questo avvenga prima dell'arresto della massa che cade (si veda il suo massimo spostamento, di circa 2,2 m dopo 0,95 secondi). Si può notare, come già detto che la corsa della corda nel freno prosegue fino all'arresto della caduta anche dopo il raggiungimento del picco di carico. Si ribadisce quindi che il picco di tensione generalmente si sviluppa al termine o comunque durante la fase inerziale in cui la forza applicata dalla mano è generata principalmente dalla sua inerzia. Da questa analisi risulta che

è erroneo correlare il picco di tensione e la corsa totale in quanto essi avvengono in due istanti di tempo differenti.

Questo è un errore frequente quando si cerca di spiegare fatti sperimentali mediante bilanci energetici approssimati.

Tornando a considerare le corse della corda nel freno, va detto che è comunque impensabile, indipendentemente dalla forza frenante e dal tipo di freno utilizzato, arrestare una caduta im-

portante senza una corsa della corda nella mano, se non nei casi in cui la catena di sicurezza presenti alcuni rinvii abbastanza angolati e forte attrito sulla roccia. Diventa pertanto quasi indispensabile usare i guanti, a meno di essere pronti a resistere fino a bruciarsi le mani!

Allo scopo di dare un'idea della suddivisione percentuale delle energie messe in gioco in una caduta con una massa di 80 kg, in tabella 1.3 vengono riportati i valori percentuali delle energie all'istante del picco di tensione (massimo allungamento della corda), in questo caso dopo 0,392 s. Le percentuali sono state ricavate dal modello matematico e i dati si riferiscono ad una altezza di caduta di 8 m ed una lunghezza di corda interessata di 15 m.

energia assorbita per attrito dal freno	45%
energia assorbita per attrito dal rinvio	31%
energia elastica nella corda in quell'istante	19%
energia cinetica derivante dal moto della mano	5%

Tabella 1.3: Suddivisione percentuale dell'energia in una caduta con massa di 80 kg all'istante del picco di tensione.

Va fatto rilevare che in questo caso il modello (in coerenza coi dati sperimentali) ha calcolato un carico massimo al rinvio di 730 daN all'istante 0,212 s ed una corsa della corda nel freno (fino all'arresto definitivo della caduta) di 165 cm.

1.3 Le tecniche di assicurazione dinamica

Passiamo ora a trattare le diverse modalità di assicurazione dinamica. Per facilità di esposizione, queste tecniche vengono divise in due categorie:

- tecniche che non consentono il sollevamento dell'assicuratore, che rimane auto-assicurato alla sosta;
- tecniche che, invece, hanno in tale sollevamento la caratteristica più evidente.

In questo capitolo tali tecniche vengono analizzate con l'intento di evidenziare la meccanica dei fenomeni che le caratterizzano, allo scopo di trarre elementi certi di confronto. Nel capitolo 2 verranno invece trattati gli aspetti applicativi e pratici e riportati alcuni suggerimenti.

1.3.1 Le tecniche che non coinvolgono il corpo dell'assicuratore: l'assicurazione classica

Questo modo di operare, caratterizzato da diverse varianti, è generalmente noto come *assicurazione classica* ed è comunemente adottato nelle scuole del CAI. Come freno, viene di solito consigliato il nodo mezzo barcaiolo, anche se si potrebbero utilizzare anche altri tipi di freno. Parlando dell'assicurazione classica, si possono individuare tre sue varianti:

1. Freno collegato al vertice del triangolo di collegamento degli ancoraggi di sosta e assicuratore collegato al più sicuro degli ancoraggi. In questo caso gli ancoraggi sono tra loro collegati in parallelo.
2. Freno collegato al vertice del triangolo di collegamento degli ancoraggi di sosta e assicuratore pure collegato al vertice del triangolo (bilanciamento) L'assicuratore può stare

appoggiato a terra o appeso. Pur essendo noto come variante dell'assicurazione classica, questo modo di operare rientra a tutti gli effetti tra quelli che prevedono il sollevamento dell'operatore e come tale verrà trattato al successivo punto 1.3.2.

3. Freno collegato direttamente ad uno degli ancoraggi di sosta. In questo caso gli ancoraggi sono collegati tra loro in serie anziché in parallelo.

Analisi e caratteristiche fondamentali

Analizziamo ora il primo caso, che costituisce l'assicurazione classica per eccellenza. E' da notare come, durante la trattenuta, vi sia una fase in cui il freno non è operativo. Questa fase dura per tutto il tempo richiesto per il completo ribaltamento del triangolo di sosta; solo allora il freno inizia la sua funzione come intuitivo e come risulta chiaramente dalle riprese analizzate al rallentatore.

Questo modo di operare comporta due aspetti negativi:

1. il primo è che la caduta è prolungata di una entità pari al doppio della lunghezza del triangolo di sosta ed è come se, nella fase di ribaltamento della sosta, si tenesse la corda a mano libera, con il rischio di lasciarla sfuggire;
2. il secondo è che, all'entrata in funzione del freno, si verrà ad operare esercitando uno strappo sulla corda in quanto il freno si è sollevato di molto e l'assicuratore tende a tirare la corda dal basso con buona parte del suo peso: il risultato di tutto questo è una elevata forza frenante con conseguente elevato valore del carico sull'ultimo rinvio. Questo effetto è a volte accresciuto dal fatto che il freno va ad arrestarsi premendo la corda contro la roccia, riducendo (nel caso del mezzo barcaio) la possibilità della corda di scorrere. Anche questa particolarità è stata messa in evidenza dalle riprese viste al rallentatore.

Per quanto concerne il secondo caso, si è detto che verrà trattato al successivo punto 1.3.2.

Passiamo quindi al terzo caso. Si è già analizzato, al punto 1.2.3, questo modo di operare quando si è parlato dell'assicurazione dinamica in generale e pertanto a questo si rimanda. Qui vale la pena di sottolineare come gli aspetti negativi che si verificano nel primo caso (ribaltamento della sosta) non succedano quando il freno è direttamente collegato a uno degli ancoraggi di sosta. In questo caso è particolarmente facile regolare l'intensità della forza di trattenuta, compensando così in parte il fatto che non vi è sollevamento dell'assicuratore. D'altro canto, un solo ancoraggio è interessato direttamente alla sollecitazione dovuta alla trattenuta; questo comporta una maggiore criticità in quanto non vi è una distribuzione dei carichi sugli ancoraggi della sosta.

Pregi e difetti

I pregi. Si possono riassumere essenzialmente in una maggior sicurezza per l'operatore alla sosta e in un più semplice approntamento delle operazioni di autosoccorso.

I difetti. L'assicurazione con il freno al vertice del triangolo ha l'inconveniente di generare, al termine del ribaltamento della sosta, una forza di trattenuta elevata. Per contro, la variante con il freno direttamente applicato all'ancoraggio (collegato in serie con l'altro o gli altri ancoraggi) non permette una ripartizione dei carichi sui vari punti, rendendo quindi meno sicura la sosta, anche se consente di ottenere sollecitazioni inferiori nella catena di sicurezza. Va detto inoltre

che l'aspetto della sicurezza della sosta è tuttora oggetto di analisi: ad esempio alcune obiezioni nei confronti del collegamento in serie degli ancoraggi non sono giustificate nel caso di ancoraggi e rinvii sicuri.

In definitiva, per quanto riguarda l'assicurazione classica, si può raccomandare in generale di creare il triangolo di sosta il più corto possibile, compatibilmente con la funzione di ripartizione dei carichi sugli ancoraggi, trovando cioè un ragionevole compromesso tra la lunghezza del cordino e l'angolo tra i rami del triangolo stesso. Così facendo si ridurrà l'entità del ribaltamento della sosta, traendo benefici da una minor violenza nella trattenuta.

1.3.2 Le tecniche che coinvolgono il corpo dell'assicuratore

Vengono descritte due tecniche che prevedono il coinvolgimento del corpo dell'assicuratore. La prima, l'*assicurazione classica bilanciata*, trae origine, come variante dell'assicurazione classica, dalla necessità di evitare gli effetti del ribaltamento del triangolo di sosta. La seconda, l'*assicurazione ventrale*, ha origine diversa ed è nata nei paesi anglofoni con l'intento di contrapporre il peso dell'assicuratore alle forze derivanti dalla caduta.

1) L'assicurazione classica bilanciata

Come si è già accennato al punto 1.3.1, in questa tecnica l'assicuratore è collegato, tramite la corda di cordata e un nodo barcaiole, al vertice del triangolo di sosta ove è posto anche il freno. L'assicuratore, legato ad una distanza di circa 40 - 60 cm dal nodo barcaiole, può essere sia appeso sia in piedi appoggiato a terra: in quest'ultimo caso la presenza di immancabili laschi di corda creerà sicuramente strappi dannosi per una buona trattenuta. La caduta del capocordata solleverà sempre, più o meno violentemente, l'operatore, salvo casi in cui siano presenti più rinvii angolati o in ogni caso un notevole attrito contro la roccia.

2) L'assicurazione ventrale

In questa tecnica il freno è direttamente collegato all'imbracatura dell'assicuratore. Come nel caso precedente, anche con questa tecnica egli verrà sempre più o meno violentemente sollevato nella fase di trattenuta. Un aspetto importante riguardante l'efficacia di funzionamento del freno è costituito dalla necessità di far passare la corda in uscita dallo stesso attraverso un moschettone posto al vertice del triangolo (pseudo rinvio) cui l'assicuratore è assicurato tramite la corda di cordata, come mostrato in Fig. 1.4. Questo allo scopo di evitare che, nel caso di caduta senza rinvii, le sollecitazioni si scarichino direttamente sull'imbracatura dell'operatore rendendo quanto meno problematica la trattenuta.

Un altro valido motivo dell'utilizzo dello pseudo rinvio è costituito dalla limitazione dell'innalzamento. Infatti, con l'introduzione dello pseudo rinvio, l'innalzamento risulta pari al doppio della lunghezza del triangolo di sosta, invece che al doppio della somma della lunghezza del triangolo e dell'autoassicurazione.

Analisi e caratteristiche principali

Analizzando al rallentatore le riprese filmate, è possibile mettere in evidenza gli aspetti principali di questo modo di operare. Innanzi tutto, considerando il movimento della mano nella



Figura 1.4: Organizzazione dell'assicurazione ventrale.

fase di trattenuta si possono rilevare due modalità differenti nel caso di assicurazione classica “bilanciata” e di assicurazione ventrale.

Assicurazione classica bilanciata

Il moto della mano è rivolto verso l'alto con un movimento prevalentemente verticale, che può coinvolgere una parte del corpo anche rilevante. Il risultato è una forza frenante pure cospicua in quanto, oltre all'inerzia, anche la forza peso della massa posta in movimento e una più efficace resistenza muscolare contribuiscono alla forza frenante.

Il moto verticale della massa dell'assicuratore è poco influente sulla riduzione della tensione, e quindi delle forze sull'ultimo rinvio, perché mentre da un lato contribuisce a “dare corda” al compagno caduto rendendo meno brusca la frenata, dall'altro va ad aumentare l'accelerazione della mano-braccio, quindi la forza frenante. Il secondo effetto compensa quasi completamente il primo. In realtà aspetti secondari e una non perfetta verticalità del moto fanno sì che un parziale beneficio del sollevamento dell'operatore sia rilevabile rispetto alla “assicurazione classica” non “bilanciata” (a parte il fondamentale pregio di evitare che il ribaltamento del triangolo di sosta, di cui si è già detto, avvenga avendo il freno non operativo).

Assicurazione ventrale

In questo caso, il moto della mano è prevalentemente orizzontale sicché, oltre a coinvolgere una minor massa corporea, non risente dell'aumento di accelerazione (e quindi di forza d'inerzia) che nel caso precedente era conseguenza (sfavorevole) del sollevamento dell'assicuratore. Si può pertanto affermare che

l'assicurazione ventrale, per il modo di operare indotto nell'assicuratore, genera una forza frenante minore rispetto all'assicurazione classica bilanciata e quindi un minor carico nella catena di sicurezza.

Oltre a quanto detto, va ribadito che

nell'assicurazione ventrale il moto orizzontale della mano non coinvolge la forza peso della mano stessa, rendendo la forza frenante ulteriormente inferiore rispetto all'assicurazione classica "bilanciata" in cui il moto della mano è verticale.

Ricapitolando:

Moto verticale della mano

- maggior massa coinvolta;
- aggiunta della forza peso della massa mano-braccio alla forza d'inerzia frenante;
- beneficio trascurabile del sollevamento dell'assicuratore, perchè compensato dall'aumento di forza d'inerzia che induce nella mano-braccio.

Moto orizzontale della mano

- minor massa coinvolta;
- la forza peso della massa della mano-braccio non interviene nella forza d'inerzia frenante;
- benefico effetto del sollevamento dell'assicuratore.

In generale si può comunque affermare che

le tecniche che implicano il sollevamento dell'assicuratore generano tensioni inferiori nella catena di sicurezza, e quindi in modo particolare in sosta e sull'ultimo rinvio.

Vanno però fatte alcune precisazioni circa una convinzione abbastanza radicata nel mondo dell'arrampicata: che, cioè, la riduzione dei carichi sia essenzialmente dovuta al sollevamento dell'assicurato. Va osservato invece che:

a parità di comportamento dell'operatore, il benefico effetto del suo sollevamento genera nella catena di sicurezza una sollecitazione solamente circa 5-10% inferiore rispetto ai casi in cui tale sollevamento non avviene; differenze superiori, dell'ordine del 20% come risulta dai dati sperimentali, sono da imputarsi al differente modo di operare indotto nell'assicuratore.

Per meglio comprendere i fenomeni è stata eseguita una simulazione al computer mettendo in evidenza cosa succede nei primi istanti cioè quando si verificano le massime tensioni nella catena di sicurezza. La prima cosa che risulta, come evidenziato nel grafico di Fig. 1.5, è la rapidità della presa di carico della catena di sicurezza dovuta alle forze d'inerzia che, applicate dalla mano dell'assicuratore, determinano l'entità della forza frenante; infatti nel giro di 2 decimi di secondo si raggiunge il picco di tensione.

La seconda cosa, forse non così ovvia, è l'entità dell'innalzamento dell'assicuratore nell'istante in cui si riscontrano i massimi carichi: il sollevamento è infatti di pochi decimetri. Il fatto è spiegabile con leggi fisiche e può essere compreso notando che il picco di tensione viene raggiunto in brevissimo tempo (circa 2 decimi di secondo) e che in tale istante il sollevamento dell'assicuratore, a causa della sua inerzia, non può essere che modesto. Questo fatto fornisce un'ulteriore giustificazione al limitato beneficio dell'innalzamento, valutabile, come visto, attorno al 5-10%.

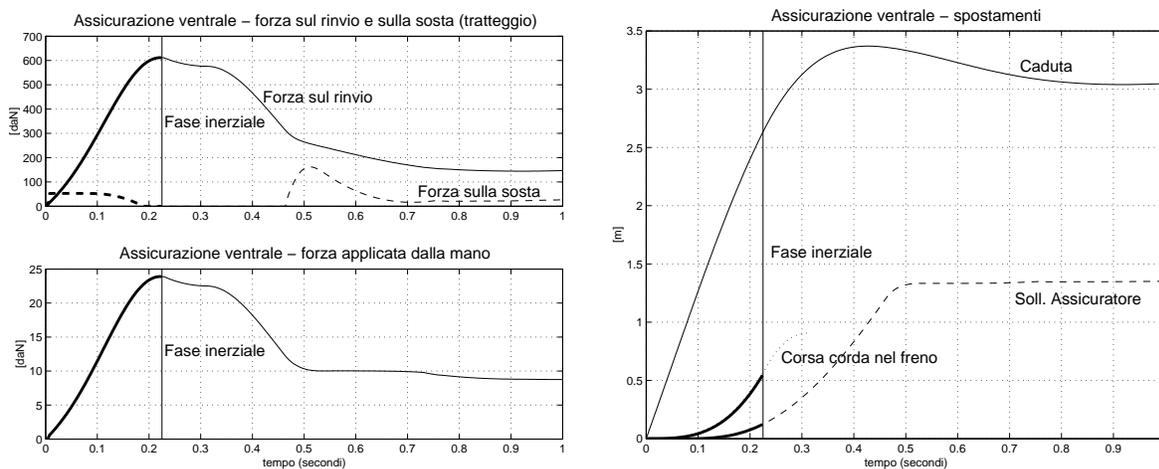


Figura 1.5: Assicurazione ventrale: andamento temporale delle forze (all'ultimo rinvio, in sosta e applicata dalla mano); andamento della caduta, del sollevamento dell'assicuratore e della corsa della corda nel freno. Viene evidenziata la durata della fase inerziale. Si confrontino i risultati con quelli di Fig. 1.3.

Ne deriva una prima considerazione caratteristica di questo tipo di assicurazione:

l'entità dell'innalzamento, al di là di pochi decimetri, non influenza i carichi sul rinvio, che dipendono essenzialmente dalla forza frenante esercitata dalla mano dell'operatore. Quindi un sistema di autoassicurazione che limita tale sollevamento non pregiudica la bontà dei risultati e riduce ovviamente i rischi per l'assicuratore.

Un ragionamento simile, con conclusioni analoghe, può essere fatto anche per la corsa della corda nel freno. In questo caso l'analisi completa è più complessa ed esula dallo spirito del presente lavoro. Ci si limita ad osservare che l'affermazione sopra fatta può non essere vera qualora, a valle del picco di tensione, il moto di chi cade e dell'assicuratore si trovino in controfase e cioè l'assicuratore, a causa del suo peso e del richiamo elastico dell'auto assicurazione, si riabbassa bruscamente mentre chi sta cadendo continua ancora nel suo movimento (in questo caso potrebbe anche comparire un secondo picco di tensione, a volte di valore superiore al primo). Questo fenomeno però avviene raramente poiché gli immancabili attriti con la roccia, durante il moto dell'assicuratore, ne limitano la ridiscesa brusca. Si può pertanto concludere ancora che

l'entità dell'innalzamento, al di là di pochi decimetri, non influenza la corsa della corda nel freno.

Queste affermazioni, suggerite anche dalle analisi eseguite con l'aiuto del modello matematico, hanno avuto conferma sperimentale in prove specifiche effettuate alla Torre di Padova. I risultati di alcune di tali prove sono riportati nella tabella 1.4, dalla quale si può evincere la fondamentale indipendenza del valore di carico massimo al rinvio dall'entità del sollevamento dell'operatore.

Si è visto che l'innalzamento, rendendo meno brusca la decelerazione del corpo che cade nel caso di movimento orizzontale della mano, tende a diminuire la sollecitazione nella catena di sicurezza. Da questa considerazione deriva anche che una massa elevata dell'operatore, avendo più inerzia nel sollevamento, tende a diminuirne l'effetto benefico, cioè tende ad aumentare le

Prova N.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Innalzamento (m)	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1,5	1,5	1,5
Carico al rinvio (daN)	448	449	414	411	412	420	425	413	409
Corsa (cm)	70	70	70	70	70	72	68	68	68

Tabella 1.4: Indipendenza del carico massimo al rinvio e della corsa della corda nel freno dall'innalzamento dell'assicuratore.

forze nella catena di sicurezza. Quindi

a parità di comportamento, nel caso di movimento orizzontale della mano (tipico dell'assicurazione ventrale), un assicuratore pesante riduce l'effetto benefico del sollevamento rispetto a un assicuratore leggero.

Per dare un'idea qualitativa di questo effetto, un'analisi fatta col modello matematico a partire da prove sperimentali [7], nel caso di assicurazione ventrale, porta a dire che, a parità di comportamento dell'operatore, la tensione nella catena di sicurezza cresce di circa il 5% passando da un assicuratore del peso di 55 Kg ad uno di 85 Kg. Valori congruenti a questi dati si ottengono anche sperimentalmente, come si può vedere nella successiva tabella 1.10. Inoltre, come pure per i carichi sul rinvio, i dati sperimentali fanno rilevare vantaggi superiori (15-20%) per gli stessi motivi già visti relativi al diverso comportamento dell'operatore.

Pregi e difetti

I pregi. Si possono riassumere essenzialmente in una riduzione delle tensioni della catena di sicurezza e quindi, fatto molto importante se i rinvii sono poco affidabili, in una riduzione del carico sull'ultimo rinvio. Come già detto nel paragrafo 1.3.2, questo è dovuto più alla modalità di trattenuta indotta nell'operatore piuttosto che al meccanismo di sollevamento.

I difetti. Il difetto fondamentale, sia dell'assicurazione classica "bilanciata" sia dell'assicurazione ventrale, sta nel sollevamento più o meno violento dell'assicuratore. Peraltro, si è visto come sia possibile limitare tale innalzamento mediante una opportuna lunghezza del triangolo di sosta (40-60 cm) senza nulla togliere alle prerogative di questo tipo di assicurazione.

Un secondo difetto, diretta conseguenza del primo, è la maggior difficoltà nell'approntamento delle manovre di autosoccorso, specie nei casi di sollevamento cospicuo.

1.4 Le tecniche a confronto: caratteristiche tecniche

Passiamo ora a confrontare le differenti tecniche di assicurazione utilizzando la notevole mole di dati sperimentali raccolti e analizzandoli anche con l'ausilio del modello matematico. Per il momento, il confronto viene fatto riferendosi esclusivamente all'efficacia dei sistemi in riferimento ai carichi e alle corse della corda nel freno, rimandando al seguito le considerazioni pratico-operative.

Un confronto tra i diversi tipi di assicurazione classica basato su dati sperimentali [6] è riportato nella tabella 1.5. I dati sono stati ottenuti come valore medio tra varie prove fatte da differenti operatori.

Si può constatare come l'assicurazione classica con freno nel vertice del triangolo presenti i carichi più alti: tale risultato è da imputarsi all'effetto negativo generato dal ribaltamento del

	Carico al rinvio (daN)	Corsa nel freno (cm)
Classica	601	92
Classica bilanciata (appeso)	431	124
Classica bilanciata (appoggiato)	510	77
Freno sull'ancoraggio	543	98

Tabella 1.5: Assicurazione classica: carichi al rinvio e corse della corda nel freno.

triangolo di sosta.

L'assicurazione classica bilanciata con assicuratore appeso fa invece rilevare i valori più bassi e al contempo le corse della corda nel freno più elevate: l'entità della corsa, malgrado il sollevamento dell'operatore, sta ad indicare come il livello medio della forza frenante esercitata dall'assicuratore durante il periodo di arresto della caduta sia stato modesto. Questo indica un comportamento diverso dell'operatore rispetto al caso precedente.

L'assicurazione con freno direttamente sull'ancoraggio si pone invece a metà via tra i due estremi, così pure il caso di assicurazione bilanciata con operatore non appeso.

Una critica di carattere generale a questo tipo di confronto è che, per poterlo validare, sarebbero necessarie quantità di prove ancora superiori a quelle eseguite, a causa della poca omogeneità del comportamento degli operatori.

Sarebbe a tale proposito essenziale confrontare le differenti tecniche operando sempre allo stesso modo, ma purtroppo anche con lo stesso operatore le cose possono essere diverse, e anche di molto! A sostegno di questa affermazione, dalla tabella 1.6 si può vedere come due assicuratori possano generare sull'ultimo rinvio carichi differenti, pur operando con lo stesso tipo di assicurazione (in questo caso la classica con freno direttamente applicato al vertice del triangolo di collegamento degli ancoraggi di sosta; il freno utilizzato è il mezzo barcaiole).

	Carico al rinvio (daN)
Assicuratore A	654
Assicuratore B	580

Tabella 1.6: Confronto tra differenti assicuratori operanti con la stessa tecnica (classica con mezzo barcaiole).

Si ha questo tipo di comportamento perchè, come si è visto parlando dei freni, è di fatto la forza frenante generata dalla mano l'elemento principale che genera e modula le tensioni nella catena di sicurezza. Il confronto fra i tipi di assicurazione diventa pertanto estremamente arduo, al punto che purtroppo si deve in qualche modo deludere una aspettativa più che legittima che viene dal mondo della montagna. Infatti alla domanda "quale è la tecnica di assicurazione che meno sollecita la catena di sicurezza?" è difficile rispondere in maniera univoca: è il comportamento umano più che la tecnica usata a determinare la sollecitazione della catena di sicurezza, quindi risulta difficile fare confronti omogenei. Ad esempio, nella tabella 1.7 vengono riportati i risultati sperimentali [5] ottenuti da due operatori diversi che assicurano entrambi utilizzando

- l'assicurazione classica con assicuratore ancorato a uno degli ancoraggi
- l'assicurazione classica con assicuratore appeso (classica "bilanciata")
- l'assicurazione ventrale.

Considerando il carico sull'ultimo rinvio come elemento di confronto, si può vedere dalla tabella (valori riportati in neretto) che la tecnica che genera la sollecitazione minore non è la stessa per

Tipo di assicurazione	Carichi al rinvio (daN)		Corsa corda nel freno (cm)	
	Op. A (60 kg)	Op. B (80 kg)	Op. A (60 kg)	Op. B (80 kg)
Classica	654	580	5	111
Class. bilanciata	657	593	10	98
Ventrale	583	652	50	53

Tabella 1.7: Confronto (dati sperimentali) tra differenti tecniche di assicurazione.

entrambe le persone.

A questo punto si può osservare che solo un modo asettico e non influenzato da comportamenti individuali possa permettere confronti affidabili. Per tale motivo è stato utilizzato il modello matematico di cui si è già parlato: con esso si possono fare confronti a parità di forza frenante messa in atto dall'operatore e quindi valutare quale sia la tecnica che genera le minori sollecitazioni nella catena di sicurezza. La simulazione al computer, per la stessa situazione riportata in tabella 1.7 e ipotizzando lo stesso comportamento (cioè la stessa massa inerziale frenante) dell'operatore, fornisce i risultati riportati in tabella 1.8.

Tipo di assicurazione	Carichi al rinvio (daN)		Corsa corda nel freno (cm)	
	Op. A (60 kg)	Op. B (80 kg)	Op. A (60 kg)	Op. B (80 kg)
Classica	581	581	131	131
Class. bilanciata	550	574	46	72
Ventrale	529	550	54	56

Tabella 1.8: Confronto (dati numerici) tra differenti tecniche di assicurazione.

Come si può vedere, in questo caso si evidenzia in modo univoco che la tecnica che genera i valori inferiori di forze al rinvio è l'assicurazione ventrale. Ulteriori valori sperimentali ottenuti in prove più "pulite" svolte alla torre di Padova [6, 7] sono riassunti nella tabella 1.9. I valori sono stati ottenuti con diversi operatori e con diverse altezze di caduta:

operatore A 55 kg caduta 4 m
operatore B 60 kg caduta 4 m
operatore C 80 kg caduta 4 m
operatore D 85 kg caduta 8 m

Dalla tabella, si può notare che l'assicurazione ventrale presenta valori leggermente migliori rispetto alla classica bilanciata con operatore appeso (moto della mano più orizzontale) e che quest'ultima risulta migliore rispetto al caso con operatore a terra in quanto non risente degli inevitabili laschi di corda.

Tipo di assicurazione	Carichi al rinvio (daN)				Corsa nel freno (cm)			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Freno su ancoraggio	594	551	520	715	80	91	114	122
Classica	615	624	563	-	91	93	91	-
Classica bilanciata (a terra)	475	528	518	-	9	52	82	-
Classica bilanciata (appeso)	408	458	426	621	149	98	123	115
Ventrale	-	-	-	604	-	-	-	97

Tabella 1.9: Confronto (dati sperimentali) tra differenti tecniche di assicurazione e differenti operatori.

Si può inoltre notare, dalla tabella 1.10, come le tecniche che permettono l'innalzamento

dell'assicuratore presentino mediamente valori di carico al rinvio inferiori del 15-20% rispetto alle tecniche che non permettono tale sollevamento. Dai dati presenti nella tabella si evidenzia ancora una volta il diverso comportamento dell'assicuratore ed anche, come già visto al punto 1.3.2, l'influenza del peso dello stesso nel caso il sollevamento sia possibile.

Tipo di assicurazione	Carico al rinvio (daN)				Corsa nel freno (cm)			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Assicurazioni senza sollevamento	605	587	541	715	85	92	102	122
Assicurazioni con sollevamento	441	493	472	613	79	75	102	106
Riduzione del carico e della corsa (%)	27	16	13	15	8	18	0	13

Tabella 1.10: Confronto sui carichi e sulle corse della corda nel freno (dati sperimentali) tra tecniche di assicurazione senza e con sollevamento.

Nella tabella 1.10 è anche riportato il confronto riferito alle corse della corda nel freno. Si può notare come per la corsa della corda il vantaggio del sollevamento sia mediamente ridotto rispetto ai risultati relativi ai carichi ed inoltre come, ancora una volta, il comportamento dell'assicuratore renda di difficile interpretazione i dati sperimentali.

Una simulazione al computer porta a confermare il vantaggio delle tecniche con sollevamento rispetto a quelle senza, per quanto riguarda sia i carichi sia le corse. Inoltre, porta anche ad affermare che

il maggior peso dell'assicuratore tende a far aumentare i carichi (il limite è il caso di mancanza di sollevamento equivalente a un assicuratore di massa infinita).

Un altro confronto che vale la pena di fare tra le tecniche che permettono o meno il sollevamento dell'assicuratore riguarda il *carico alla sosta*. Per questo, l'ordine di grandezza è di 150-300 daN e si può affermare che

le tecniche di assicurazione che permettono il sollevamento dell'operatore generano carichi alla sosta molto inferiori rispetto al caso in cui il sollevamento non è consentito; la differenza può essere dell'ordine del 50% e oltre.

Questa notevole differenza è dovuta alla diversa origine della forza scaricata sulla sosta.

Nel caso di sollevamento, la sosta è sottoposta alla forza (generata dall'auto-assicurazione) che limita l'innalzamento dell'operatore e che risente moltissimo delle dissipazioni di energia per attriti, azioni di ammortizzamento e deformazioni del corpo dell'assicuratore durante il suo innalzamento. Dai dati sperimentali la sollecitazione che si genera alla sosta risulta essere circa 0,4 - 0,5 volte il carico al rinvio. Poiché in questo caso al rinvio si sviluppano per cadute di 4 m all'incirca 400 - 500 daN, si hanno valori in sosta dell'ordine di 150 - 200 daN.

Nel caso di assenza di sollevamento, la sosta è sottoposta alla forza scaricata dal freno (differenza tra forza uscente e forza entrante nel freno). Tale forza è circa 0,3 - 0,4 volte il carico al rinvio. Siccome ora le sollecitazioni sono superiori a quelle del caso precedente, si hanno in sosta valori dell'ordine di 220 - 300 daN per cadute di 4 m.

Per concludere il confronto tra le differenti tecniche di assicurazione sulla base dei carichi

generati, si può affermare che

le tecniche che prevedono il sollevamento dell'assicuratore generano carichi inferiori sia al rinvio sia alla sosta rispetto alle tecniche in cui non vi è sollevamento; tuttavia buona parte dei vantaggi che si deducono dai dati sperimentali sono da attribuirsi al diverso comportamento dell'operatore piuttosto che direttamente dal sollevamento dello stesso.

Capitolo 2

Aspetti pratici della catena di sicurezza

2.1 La catena di sicurezza nella pratica

In questo capitolo, dopo l'illustrazione degli aspetti fisici che stanno alla base della meccanica del fenomeno di trattenuta di una caduta, vengono trattate le implicazioni pratiche che lo studio precedente ha messo in luce e dati suggerimenti sui comportamenti e sulle tecniche da usare. Anticipando le conclusioni, si vedrà come l'assicurazione migliore sarà differente di caso in caso: il metodo di assicurazione più indicato dovrà essere scelto di volta in volta valutando la situazione specifica.

2.1.1 Quale sosta usare

Nella scelta delle modalità di preparazione della sosta, si dovranno prendere in considerazione i seguenti aspetti:

- rafforzamento globale della tenuta della sosta mediante opportuno collegamento degli ancoraggi;
- comportamento del sistema frenante in caso di rottura del cordino o della fettuccia di collegamento dei vari ancoraggi o del cedimento di uno di essi;
- risposta adeguata alla multidirezionalità del carico applicato;
- tipo di assicurazione adottata.

Il rafforzamento della sosta, Fig. 2.1, è fatto collegando tra loro i punti che lo compongono (2-3 ancoraggi al massimo) mediante la creazione, con un cordino o una fettuccia, di due o tre rami in parallelo confluenti nel vertice del triangolo di sosta (*collegamento in parallelo*) oppure tramite un cordino teso (si usa il nodo barcaiole) che unisce gli ancoraggi (*collegamento in serie*).

Il comportamento del sistema frenante in caso di rottura del cordino o della fettuccia di collegamento ai vari ancoraggi o del cedimento di uno di essi va studiato ricollegandosi al punto precedente. Richiede un'attenta analisi della solidità degli ancoraggi, soprattutto nel caso di caduta in assenza di rinvii: in questo caso la sosta è sollecitata con un carico superiore rispetto al caso di presenza di rinvii, ma comunque sempre circa 0,3 - 0,5 volte quello che si genera ad un eventuale rinvio. La situazione potrebbe però diventare catastrofica nel caso di inceppamento del freno, che allora si comporterebbe come un punto fisso con conseguente aumento dei carichi:

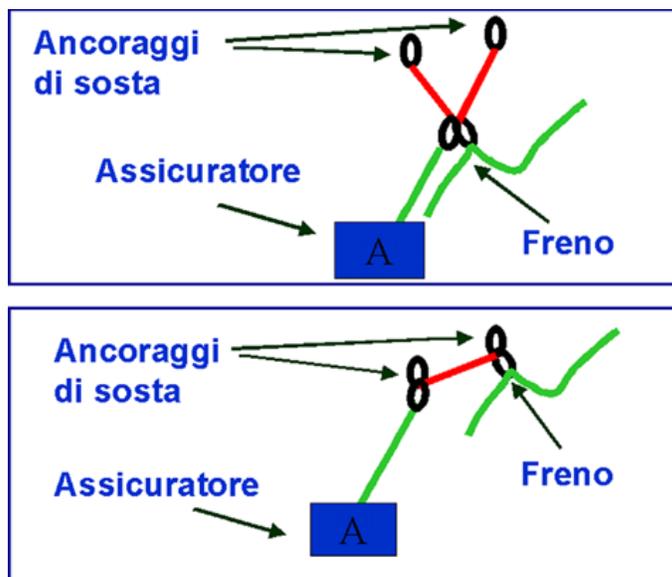


Figura 2.1: Rappresentazione schematica del rafforzamento della sosta: collegamento in parallelo (sopra) e in serie (sotto).

in assenza di rinvii si arriverebbe a un carico generato da un fattore di caduta 2 e cioè attorno a 900-1000 daN.

Il collegamento **in parallelo** prevede una ripartizione del carico sui vari ancoraggi che rende meno probabile il cedimento di uno di essi, ed è **pertanto insostituibile su terreni di scarsa solidità o comunque in presenza di ancoraggi poco affidabili**. Ove possibile, gli ancoraggi dovranno essere disposti secondo la direzione di probabile trazione, assicurando così la ripartizione dei carichi indipendentemente dalla lunghezza del triangolo di sosta. Ad esempio, nel caso di sollecitazione verticale, due ancoraggi posti uno sopra l'altro costituiscono la situazione ottimale.

Il collegamento in serie prevede che il carico venga sostenuto da uno solo degli ancoraggi e che solo al cedimento di questo l'altro espliciti la sua funzione. Per questa sua caratteristica può essere applicato solo su terreno solido in presenza di ancoraggi ragionevolmente sicuri.

Alla multidirezionalità del carico si fa fronte mettendo in atto un collegamento in parallelo degli ancoraggi che permetta al freno applicato al suo vertice di muoversi presupponendo una trazione verso l'alto in un ampio ventaglio di direzioni. Il sistema deve inoltre prevedere anche la possibilità di essere caricato verso il basso come nel caso di caduta in assenza di rinvii. Quanto più l'angolo formato dai rami del triangolo di sosta è acuto, tanto minore sarà la sollecitazione su ogni singolo punto di ancoraggio. Risulta dunque evidente che:

un assetto il più possibile in verticale dei punti di ancoraggio rappresenta la situazione ottimale e rende la ripartizione indipendente dalla lunghezza del triangolo, che può essere il più corto possibile come suggerito dalle analisi riportate precedentemente.

Una soluzione ampiamente collaudata è quella del collegamento semi-mobile che permette di far fronte sia al cedimento di uno degli ancoraggi che alla rottura di uno dei rami del triangolo.

Il tipo di assicurazione adottata va valutato in base alle considerazioni fatte nel capitolo precedente sui carichi. Si è visto come l'entità del ribaltamento del triangolo di sosta abbia un effetto negativo sia per le assicurazioni che prevedono il sollevamento dell'operatore (maggior

pericolosità per urti e maggior difficoltà ad approntare le operazioni di autosoccorso), sia per quelle che non lo prevedono (maggiore forza frenante e quindi maggiori sollecitazioni nella catena di sicurezza). Da questo risulta che

il triangolo di sosta deve essere il più corto possibile compatibilmente con la redistribuzione dei carichi sugli ancoraggi; un assetto il più possibile in verticale dei punti di ancoraggio rappresenta la situazione ottimale.

Ovviamente, il problema del ribaltamento non si pone nel caso di collegamento in serie degli ancoraggi.

2.1.2 Quali freni usare

Vale la pena di ricordare che la meccanica della trattenuta è determinata principalmente dall'accoppiata mano-freno piuttosto che del freno stesso. Si è visto però che i freni hanno anche differenti capacità frenanti oltre che differenti caratteristiche operative. Vediamo di aggiungere qualche osservazione rispetto a:

- tipo di terreno-ancoraggio
- tipo di corda-corde utilizzate
- presenza o meno di rinvii
- stato delle corde

Il tipo di terreno (o per meglio dire la qualità dei vari ancoraggi) porta, quando è poco solido (roccia friabile, ghiaccio, chiodi poco affidabili etc.), a privilegiare freni con bassi fattori di moltiplicazione delle forze (in modo da generare basse forze frenanti e quindi basse sollecitazioni nella catena di sicurezza). Quando si è invece di fronte ad ancoraggi sicuri, un freno ad alto fattore di moltiplicazione funziona altrettanto bene e, di più, può essere molto utile nel limitare la corsa della corda nel freno.

Inoltre, bisogna ricordare che, specialmente nelle cadute importanti (cioè maggiori di 5-6 metri), la corsa della corda nel freno è inversamente proporzionale all'azione frenante e quindi dipende dalle caratteristiche del freno. Un freno ad alto fattore di moltiplicazione riduce il rischio di bruciature (o la necessità dei guanti) e, al limite, di perdita del controllo della trattenuta.

Il tipo di corda ha implicazioni con le caratteristiche funzionali del freno. Se si impiegano due mezze corde, passandole alternate nei rinvii, si deve evitare lo sfregamento reciproco delle stesse con danneggiamenti anche gravi sulla corda che durante la caduta non è interessata alla tenuta. In questo caso gli unici freni in grado di funzionare correttamente sono la placchetta Sticht e il Tuber, in quanto il macchinoso impiego di due mezzi barcaioli, ovviamente su due moschettoni indipendenti, presenta notevoli difficoltà di manovra. Ancora, va sottolineato come la mezza corda si impugni male e pertanto, operando con essa, l'assicuratore non è in grado di mettere in atto una azione frenante energica che, ove richiesta, dovrà essere ottenuta mediante l'uso di un freno a più alta capacità frenante. Questa riduzione di capacità frenante è d'altra parte alla base dell'adozione di questo modo di operare al fine di ridurre i carichi.

La presenza o meno di rinvii, aspetto sul quale torneremo al paragrafo successivo, ha pure grande importanza nella scelta dell'attrezzo poichè, come si è visto, tutti i freni ad eccezione del mezzo barcaiolo hanno un fattore frenante estremamente basso quando operano con i rami paralleli (come accade nel caso di assenza di rinvii). Da indagini sperimentali, peraltro ancora da approfondire, sembra possibile a fronte di una caduta in assenza di rinvii aumentare la capacità frenante del Tuber mediante un moschettone in cui infilare la corda in ingresso al freno, come mostrato in Fig. 2.2.

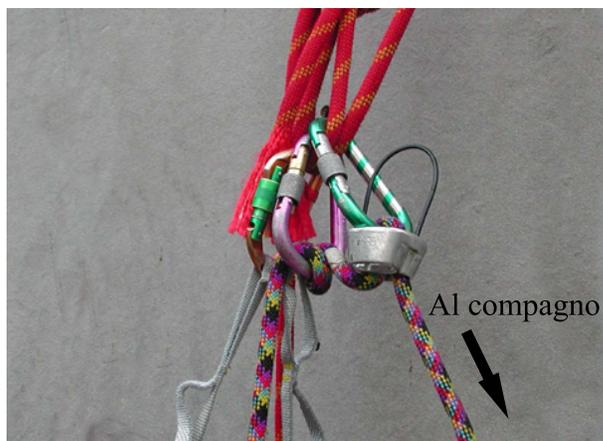


Figura 2.2: Tuber e moschettone: si noti come viene utilizzata la corda.

Da queste osservazioni deriva pertanto che

nel caso di assicurazione “classica” solo il mezzo barcaiolo oppure il Tuber con moschettone possono essere efficacemente usati per trattenere una caduta in assenza di rinvii; nel caso di assicurazione “ventrale” la presenza del rinvio nel vertice del triangolo di sosta fa sì che anche altri tipi di freni possano essere utilizzati.

Lo stato delle corde può essere un altro aspetto degno di attenzione: in determinate condizioni (corde ghiacciate, ecc.) la capacità frenante può variare di molto rispetto a condizioni di funzionamento normali. In tali casi, freni a basso fattore di moltiplicazione di forze (Otto, placchetta Sticht, Tuber, ecc.) possono diventare preferibili.

2.1.3 La presenza di rinvii

Si è già accennato all'importanza della presenza o meno di rinvii e alle implicazioni che tale presenza ha su alcune scelte come ad esempio quella del freno. In questo paragrafo si vuole fissare l'attenzione sull'influenza dei rinvii sul tipo di assicurazione e di freno. Inoltre, nel caso di progressione con due mezze corde, si vogliono analizzare le conseguenze che derivano dal loro posizionamento in modo accoppiato o alternato nei moschettoni.

La prima osservazione è che i rinvii angolati aumentano l'attrito e questo comporta sempre, proprio all'ultimo rinvio, un aumento del carico. La seconda, conseguente, è una riduzione delle differenze tra i tipi di assicurazione. Una considerazione limite può essere utile per capire meglio il concetto (a volte offuscato) dalla sensazione di “poco sforzo” riscontrata dall'assicuratore quando vi sono molti rinvii angolati: se, idealmente, si concentrassero tutti gli attriti sull'ultimo rinvio, in esso si potrebbe avere -al limite- assenza di scorrimento della corda e quindi il ramo tra esso e la sosta diverrebbe ininfluente; non vi sarebbero quindi differenze tra i vari tipi di assicurazione e di freni. Inoltre, il rinvio sarebbe sottoposto ad un carico derivante da una caduta con fattore due. Da questo discende che, operando con corda singola, gemellare o con

due mezza corde accoppiate e non alternate

in presenza di più rinvii, a maggior ragione se molto angolati, l'effetto dell'attrito porta sempre ad aumentare il carico sull'ultimo rinvio e a ridurre sempre più la differenza tra i sistemi di assicurazione e, in maniera minore, tra i freni.

Nel caso di progressione con due mezza corde alternate con rinvii angolati, il passaggio alternato nei moschettoni fa sì che la corda portante, quella cioè che passa nell'ultimo, è soggetta a un attrito inferiore (diciamo la metà in quanto passa solo nella metà dei moschettoni) e quindi genera carichi inferiori. Per questo motivo, e per la maggiore deformabilità della corda, si suole affermare che

operando su terreno poco solido (ghiaccio, roccia friabile etc.) l'uso di due mezza corde passate alternatamente nei moschettoni riduce il carico sull'ultimo rinvio.

Va però osservato che

questa affermazione è vera solo in presenza di rinvii angolati e solo in questo caso può essere giustificata la riduzione di sicurezza derivante dall'avere una sola mezza corda portante!

Infatti dalle prove effettuate, per dare un'idea qualitativa del beneficio ottenuto, si può dire di essere passati da una forza di 499 daN ad una di 326 daN (assicurazione ventrale con Tuber) operando con le mezza corde accoppiate piuttosto che alternate in presenza di più rinvii angolati (le corse sono però rispettivamente di 65 cm e di 255 cm!). Il motivo principale di questa riduzione, come si è già detto al punto 2.1.2, è però dovuto principalmente alla minor forza frenante applicata a causa della maggior difficoltà di impugnatura della corda; questo aspetto è sempre vero mentre le variazioni di attrito possono anche essere trascurabili (rinvii allineati).

Anche la minor capacità frenante degli attrezzi e la maggior elasticità della corda hanno un ruolo nella riduzione del carico. Allo scopo di illustrare meglio quanto sopra detto circa il beneficio dell'uso di due mezza corde passate in modo alternato nei rinvii, nell'appendice A sono riportati dati sperimentali di confronto e un commento sui risultati.

2.1.4 Quali corde usare

Si sono già considerate nei punti precedenti le conseguenze, molte volte combinate con altri effetti, dell'uso dei diversi tipi di corde. Qui basta ricapitolare affermando che

su terreni solidi e con ancoraggi sicuri (spit, fix etc.) la scelta del tipo di corda è secondaria e deve essere dettata più da altri motivi che da quello di ridurre le sollecitazioni nella catena di sicurezza; su terreni poco affidabili (ghiaccio, roccia friabile ecc.) o con ancoraggi non sicuri è conveniente usare due mezza corde alternandone il passaggio nei rinvii quando questi sono angolati.

Val la pena sottolineare ancora che

nel caso di due mezza corde, in generale è consigliabile usarle passandole accoppiate nello stesso moschettone; solo in presenza di situazioni in cui la riduzione dei carichi diventa prioritaria e i rinvii sono angolati, esse verranno alternate come sopra indicato.

Quest'ultima osservazione trae origine da ragioni di maggior sicurezza per esempio cadute di sassi, taglio di una corda su spigolo in caso di caduta, manovre di ritirata o di soccorso, eccetera.

2.2 Assicurazione: con sollevamento dell'operatore o senza?

L'analisi dei meccanismi della trattenuta di una caduta e dei fattori che hanno un ruolo più o meno importante nella determinazione dei risultati mostra che differenti soluzioni a fronte di differenti esigenze, a volte contrastanti, non permettono sempre di dare una risposta univoca alla domanda "quale è a miglior tecnica di assicurazione?". Si cercherà comunque di dare alcune indicazioni, anche se per forza di cose saranno specifiche di una data situazione.

Ricordiamo comunque che l'assicurazione con sollevamento dell'assicuratore, a causa della frenatura morbida imposta all'operatore, genera sollecitazioni nella catena di sicurezza che sono circa 15-20% inferiori rispetto a quelle senza sollevamento. Per contro le corse della corda possono essere elevati e sbalzi violenti dell'assicuratore sono certi se non si è in presenza di più rinvii angolati. Detto questo, si può affermare, valutati vantaggi e svantaggi, che

in presenza di ancoraggi poco solidi (come può avvenire su ghiaccio, roccia friabile etc.) le tecniche di assicurazione che consentono il sollevamento dell'operatore sono da preferirsi in quanto sollecitano in modo minore la catena di sicurezza; per contro il sollevamento violento è certo e può essere attenuato con un triangolo di sosta il più corto possibile, compatibilmente con una efficace redistribuzione dei carichi sugli ancoraggi.

Si possono però presentare situazioni diverse per priorità di esigenze. Per esempio, si può dire che

operando su terreno solido con ancoraggi sicuri (spit, fix etc.) le tecniche che non prevedono il sollevamento dell'operatore, pur sollecitando di più la catena di sicurezza, sono da preferire in quanto non coinvolgono l'assicuratore e permettono corse limitate; in questo caso l'assicurazione classica può essere utilizzata nelle versioni sia con collegamento in parallelo che in serie degli ancoraggi.

Vi possono anche essere casi limite in cui non è possibile allestire una sosta con caratteristiche di tenuta bidirezionale come accennato al punto 1.1.2. In questo caso diventerà obbligatorio utilizzare l'assicurazione ventrale in quanto la sosta non potrà reggere a trazioni verso l'alto imposte dalla presenza di rinvii e la contrapposizione del peso dell'assicuratore diverrà l'unica scelta plausibile. Ovviamente, in caso di volo ci si dovrà aspettare un sollevamento notevole, giustificato solo dall'eccezionalità del caso.

Capitolo 3

Conclusioni

Vediamo ora di trarre alcune conclusioni, innanzitutto di carattere generale. Ricordiamo innanzi tutto alcuni aspetti messi in luce e che vanno considerati nelle scelte relative alla predisposizione dell'assicurazione.

- Una caratteristica comune a tutte le tecniche è la preminenza del ruolo giocato dalla forza messa in campo dalla mano dell'assicuratore rispetto alla funzione del freno e del tipo di assicurazione.
- La presenza degli attriti, inevitabili in montagna sia nel bene che nel male, tende ad annullare le differenze tra le varie tecniche, quando le si vogliono paragonare in funzione delle sollecitazioni che generano nella catena di sicurezza.

Traiamo ora alcune conclusioni pratico-operative.

- Come detto diverse volte, per evitare forze di frenata troppo brusche, è opportuno che il triangolo di collegamento dei ancoraggi di sosta sia il più corto possibile, non dimenticando però la funzione di redistribuzione dei carichi tra gli ancoraggi di sosta. Ricordiamo che un angolo di 120° annulla completamente il beneficio del collegamento in parallelo degli ancoraggi e che invece un posizionamento in verticale dei due ancoraggi elimina questo problema. Usare un collegamento corto è anche utile, nel caso di assicurazione ventrale o classica bilanciata, per limitare il sollevamento dell'operatore, non essenziale e comunque sempre pericoloso.
- Ancora, nel caso classico, è bene operare con il freno all'altezza del petto: si evita di gravare con parte del peso sulla corda impugnata, generando così forze di frenata eccessive e quindi sollecitando oltre il dovuto la catena di sicurezza.
- È stata enfatizzata la necessità di contenere i valori del carico sull'ultimo rinvio mediante una tenuta "morbida" in caso di rinvii poco affidabili. Va sottolineato che tale comportamento deve essere di volta in volta attentamente valutata; in presenza di cadute molto importanti diventa infatti fondamentale una tenuta "robusta" per evitare corse della corda nel freno eccessive con il conseguente rischio di perdere il controllo della trattenuta.

Eravamo partiti con l'intento di rivisitare le differenti tecniche di assicurazione con l'obiettivo di capire gli aspetti fisici insiti nelle manovre di arresto di una caduta e di individuare il sistema di sicurezza più valido. Dopo quanto si è detto si può affermare che *non esiste una tecnica di assicurazione migliore delle altre*, in quanto ognuna ha aspetti sia positivi che negativi.

Ad esempio, si può affermare che le tecniche che prevedono il sollevamento dell'assicuratore generano carichi inferiori (anche se, come si è più volte sottolineato, gran parte del vantaggio è dovuto essenzialmente al modo di operare). D'altra parte queste hanno, proprio nel sollevamento dell'assicuratore, un grave punto critico che, si è visto, è possibile mitigare anche se non escludere del tutto.

Per quanto riguarda le tecniche che non consentono il sollevamento dell'operatore, si può osservare che esiste spazio per un potenziale miglioramento, ad esempio mediante un opportuno allenamento a una tenuta morbida.

Un punto resta, senza equivoco, valido per tutte le tecniche:

per una buona tenuta è necessaria una sperimentata capacità di modulare la frenata; questa richiede un addestramento specifico e non casuale.

Solo la scelta oculata del modo migliore di operare, richiesto dalla particolare situazione, è in grado di mettere la cordata nella condizione di muoversi in maniera sicura.

Sicuramente altri argomenti sulle problematiche dell'assicurazione meritano ulteriori approfondimenti, ad esempio il modo di attrezzare una sosta: la Commissione Centrale Materiali e Tecniche sta lavorando anche su questo.

Appendice A

Appendice A: L'utilizzo di due mezza corde

In questa appendice sono riportati i risultati di varie sperimentazioni [9] eseguite dalla CCMT presso la Torre sperimentale di S. Lazzaro (Padova). Scopo specifico della campagna sperimentale era di analizzare varie situazioni durante l'arrampicata con due mezza corde, valutando l'impatto che il modo di passare le corde nei rinvii, accoppiate o in modo alternato, ha sulle sollecitazioni all'ultimo rinvio, sulla sosta e sulla corsa della corda nel freno. Si è pure analizzato l'influenza di diversi freni. La tecnica di assicurazione utilizzata è stata quella classica. Lo schema di organizzazione della catena di sicurezza, che prevedeva rinvii ben angolati, è rappresentato di seguito.

Figura A.1: Organizzazione della catena di sicurezza nelle prove.

Le condizioni operative hanno riguardato:

1. trattenuta sia con una corda semplice di diametro 10,5 mm che con una coppia di mezza corde di diametro 8,5 mm, passando queste ultime sia appaiate (A) che alternate (B) nei rinvii come da configurazione
2. assicurazione con freni di diverse caratteristiche di scorrimento, quali il mezzo barcaiole, l'Otto e il Tuber.

I risultati ottenuti, raggruppati per serie omogenee di condizioni operative e per tipo di freno utilizzato, sono riportati in tabella A.1 e vengono qui di seguito sinteticamente commentati con particolare attenzione ai valori della forza applicata all'ultimo rinvio.

Nella tabella si fa riferimento alla seguente situazione di utilizzo dei freni:

Passiamo ad analizzare in dettaglio i risultati.

- **Effetto del tipo di corda e delle modalità di impiego.** E' anzitutto interessante rilevare come le forze applicate all'ultimo rinvio siano sempre medio-alte quando s'impiega una corda semplice. Utilizzando una coppia di mezza corde con passaggio appaiato nei rinvii, secondo la configurazione A dello schema, tali valori tendono ad aumentare leggermente (ca. 10% in più), mentre diminuiscono vistosamente quando il passaggio è alternato

1/2 BARC:	assicurazione con corda semplice su mezzo barcaiolo;
1/2 BARC-1:	mezzo barcaiolo su una sola mezza corda;
1/2 BARC-2:	mezzo barcaiolo su entrambe le mezze corde.
OTTO:	assicurazione con corda semplice su Otto classico;
OTTO-2:	Otto classico su entrambe le mezze corde;
OTTO-2a:	Otto con passaggio corda primaria su moschettone (tipo Otto veloce), secondaria su Otto classico;
OTTO-2b:	Otto con passaggio corda primaria su Otto classico, secondaria su moschettone (tipo Otto veloce).
TUBER:	assicurazione con corda semplice su Tuber;
TUBER-2:	passaggio di entrambe le mezze corde nel Tuber.

Tabella A.1: Utilizzo di due mezze corde: risultati sperimentali

(a): per effetto dell'elevata corsa della corda primaria nel freno, anche la secondaria è entrata in azione (con corsa ovviamente inferiore!). Confronto sulle corse (dati sperimentali) tra tecniche di assicurazione senza e con sollevamento.

(configurazione B); la riduzione risulta del 30-40%. Tale vantaggio risulta essere analogo per tutti i tipi di freno utilizzati. Come si è visto al punto 3.3, l'entità abbastanza rilevante delle forze al rinvio è dovuta alla presenza di attriti lungo la corda; nel caso di passaggio alternato nei moschettoni la corda portante ha minori attriti, circa la metà, e quindi genera carichi minori. Questo risultato è anche in buona parte dovuto alla difficoltà di effettuare una buona trattenuta su un'unica corda sottile generando pertanto una minor forza frenante soprattutto nella fase che abbiamo definito "di scorrimento". Altrettanto dicasi per le corse, dovute alla maggior difficoltà di tenere le corde bloccate generando una bassa forza frenante nella seconda parte della trattenuta.

- **Effetto del tipo di freno.** Nelle condizioni esaminate, la corsa della corda consentita dal mezzo barcaiolo è risultata praticamente equivalente a quella dell'Otto (cfr. corsa della corda nel freno e valori delle forze applicate alla sosta e all'ultimo rinvio che sono analoghi per entrambi gli attrezzi); ciò è dovuto al fatto che gli angoli di entrata-uscita della corda nel freno erano sfavorevoli nel caso del mezzo barcaiolo (mezzo giro in meno per effetto della trazione verso l'alto) ed ottimali invece nel caso dell'Otto. Il Tuber, con effetto frenante minore, ha fatto registrare invece corse maggiori rispetto al mezzo barcaiolo ed all'Otto e valori delle forze applicate all'ultimo rinvio inferiori. Dall'analisi dei risultati viene confermato il vantaggio che si ottiene utilizzando due mezze corde alternandone il passaggio nei moschettoni posti in posizioni angolate quando la priorità più importante è il basso carico sull'ultimo rinvio e sulla sosta.

Appendice B

Appendice B: Confronto tra le tecniche di assicurazione al primo di cordata

La posizione della Scuola Centrale di Alpinismo

Commissione Nazionale Scuole di Alpinismo e Sci Alpinismo

Sempre più spesso, sia in falesia sia in montagna, si vedono utilizzare tecniche di assicurazione ventrale (con Otto, Tuber, o altri tipi di freni meccanici) invece del classico mezzo barcaiolo posto al vertice del triangolo di sosta. L'assicurazione ventrale, la cui validità è da tempo sostenuta nell'ambiente dell'arrampicata sportiva, ha indubbi pregi ma, prima di proporre in maniera generalizzata l'uso di questo modo di assicurazione anche nei Corsi delle Scuole del CAI, la CCMT (Commissione Centrale Materiali e Tecniche), d'accordo con la CNSASA e la sua Scuola Centrale di Alpinismo (SCA), ha voluto eseguire una dettagliata serie di esperimenti nelle più diverse condizioni di utilizzo, sia su ghiaccio sia su roccia, per effettuare un confronto su basi oggettive ed indiscutibili. Si rileva a tale proposito che questa serie di prove (che ha visto il coinvolgimento di numerosi esperti, tra cui guide alpine, per un periodo di quasi due anni) è la prima svolta sull'argomento con questo dettaglio e precisione. In queste prove si è analizzata anche la tecnica classica nella variante con assicuratore collegato al vertice del triangolo di sosta (classica "bilanciata") che, consentendo il sollevamento dell'operatore, risulta molto simile all'assicurazione ventrale. Qui di seguito si distinguerà pertanto tra assicurazioni che implicano o meno il sollevamento dell'assicuratore. I risultati di tali prove, riportati in un filmato prodotto dalla CCMT (distribuito a cura della CNSASA) e commentati in un documento di accompagnamento, indicano con chiarezza quanto segue:

	Pregi	Difetti
Con sollevamento	<ul style="list-style-type: none"> * Facile eseguibilità - comodità * Maggior precisione nella gestione della corda * Minore sollecitazione in sosta e sull'ultimo ancoraggio 	<ul style="list-style-type: none"> * Forte strappo all'assicuratore, con possibilità di significativi urti contro la parete * Maggiori difficoltà, dopo il volo, nelle manovre di autosoccorso * Maggiore lunghezza del volo di chi cade
Senza sollevamento	<ul style="list-style-type: none"> * Facile eseguibilità - comodità * L'assicuratore non è coinvolto dal volo * Minori problemi, dopo il volo, nelle manovre di autosoccorso * Maggiore sollecitazione in sosta e sull'ultimo rinvio 	

A queste affermazioni è opportuno aggiungere le seguenti precisazioni:

- * La differenza di sollecitazioni al rinvio tra assicurazioni con sollevamento e senza è, tipicamente, di 100-150 daN su 400-600 daN a favore delle assicurazioni con sollevamento.
- * Le differenze di sollecitazione al rinvio di questa entità si hanno nel caso di scarso attrito lungo il percorso della corda (es. un solo rinvio) e vanno notevolmente riducendosi fino a diventare trascurabili se gli attriti aumentano.
- * Tali differenze si riferiscono ad una situazione favorevole alle assicurazioni con sollevamento, in quanto l'assicurazione classica consente il "ribaltamento" del triangolo di sosta cui è collegato il freno e questo porta ad una frenata eccessivamente brusca.
- * Un miglioramento dell'assicurazione classica senza sollevamento può essere ottenuto, nel caso di ancoraggi affidabili (se opportuno, fra loro collegati), mettendo direttamente il freno in uno degli ancoraggi e operando una trattenuta morbida. Questa è facilitata da un'organizzazione della sosta che permetta di avere il freno grosso modo all'altezza del petto dell'assicuratore.
- * L'assicurazione classica "bilanciata", cioè con assicuratore appeso al vertice del triangolo di collegamento dei chiodi, dà in pratica risultati paragonabili a quelli dell'assicurazione ventrale.

Bibliografia

- [1] Rapporto “Assicurazione Dinamica: prove sui freni alla Torre di Padova”, a cura della CCMT, 1994.
- [2] Filmato “Prove di Assicurazione Dinamica”, a cura della CCMT, 1995.
- [3] Prove a Sottoguda 13-14.02.1999, documentazione CCMT.
- [4] Prove a Passo Rolle 25-26.07.2000, documentazione CCMT.
- [5] Prove a Passo Rolle 25.09.2000, documentazione CCMT.
- [6] Prove a Padova 3.06.2000, documentazione CCMT.
- [7] Prove a Padova 3.12.2000, documentazione CCMT.
- [8] V. Bedogni, “Modello matematico della trattenuta di una caduta con tecnica di assicurazione classica e ventrale”, documentazione CCMT, 2000.
- [9] Prove a Padova 01.03.1997; 25.10.1997; 28.02.1998; 07.03.1998, documentazione CCMT.
- [10] C. Melchiorri, C. Zanantoni, P. Casavola, “L’apparecchio DODERO: passato presente e futuro”, Rivista Mensile del CAI, Luglio-Agosto 2001.
- [11] Manuale *Tecnica di roccia*, Commissione Nazionale Scuole di Alpinismo e Scialpinismo, CAI, 1990.
- [12] Manuale *Tecnica di ghiaccio*, Commissione Nazionale Scuole di Alpinismo e Scialpinismo, CAI, 1995.