

## Nota della Commissione Materiali e Tecniche del CAI

a cura di **Giuliano Bressan, Patrizio Casavola e Carlo Zanantoni.**

### Perché ritorniamo su un vecchio discorso?

Chi fra i nostri lettori ha seguito un corso di alpinismo avrà partecipato a dimostrazioni e discussioni sull'assicurazione dinamica. L'argomento è noto nelle sue linee essenziali da più di trent'anni; cosa c'è ancora da dire? Parecchio. Per esempio sul confronto fra i vari tipi di freno e sul modo di usarli, tutt'ora oggetto di accese dispute fra gli appassionati e di accettazione passiva di qualche "verità" da parte dei più.

Ma alla Commissione sembra che ancora più importante sia cercare di chiarire alcuni aspetti fondamentali dell'assicurazione, perché crediamo che comprenderli sia necessario per avere piena coscienza di come conviene poi comportarsi in un buon numero di casi reali, mai così semplici e definiti come le prove che si fanno durante i corsi.

Pensate di saperne già abbastanza? Facciamo un piccolo quiz:

1 - Pensate che con i moderni tipi di freno si possa tenere qualsiasi caduta con un modesto scorrimento della corda nel freno?

2 - Supponendo che il freno sia collegato ad un ancoraggio fisso (per es. chiodo), pensate che il valore massimo dello sforzo esercitato dal freno sull'ancoraggio dipenda dall'altezza di caduta?

3 - Supponiamo che abbiate assistito a prove di assicurazione di masse che cadono, per esempio di un copertone zavorrato o di una massa

di acciaio: secondo voi lo sforzo necessario a trattenere la massa che cade e lo scorrimento della corda nel freno sarebbero stati apprezzabilmente diversi se a cadere fosse stato un uomo, anziché una massa di ugual valore ma meno deformabile?

La risposta a queste tre domande è: NO.

Se vi interessa entrare in un buon numero di dettagli dell'assicurazione dinamica e del confronto fra i freni potete chiedere copia di un nostro recente rapporto che, per ragioni di dimensioni e di accettabilità da parte del vasto pubblico dei Lettori del La Rivista, non poteva trovare ospitalità in questa sede.

Potete scrivere a: Commissione Materiali e Tecniche, Club Alpino Italiano, via Fonseca Pimentel 7, 20127 Milano, facendo riferimento al nostro rapporto che si intitola: "Appunti di assicurazione dinamica". Prove sui freni alla torre di Padova. Rapporto della Commissione Materiali e Tecniche del CAI.

Dovrete avere pazienza, perché la lettura sarà afflitta da un buon numero di tecnicismi, inevitabili anche se semplici, come il bilancio energetico di una caduta e qualche grafico. Il rapporto sarà inviato fino ad esaurimento delle copie disponibili; se chi ci legge è istruttore di alpinismo non si scomodi, perché gli verrà comunque inviato.

Qui ci limitiamo a cercare di attirare l'attenzione su alcuni aspetti dell'assicurazione dinamica che ci sembra dovrebbero interessare qualunque alpinista.

### La Torre di Padova

Qualche parola sulle attrezzature che la Commissione ha realizzato per dare un contributo alle conoscenze nel campo dell'assicurazione. Queste attrezzature sono a disposizione delle scuole di alpinismo; pensiamo possano essere utili perché consentono di fare dimostrazioni di cadute e del relativo frenamento in condizioni praticamente impossibili da realizzare in una palestra di roccia. Quest'ultima affermazione sarà per molti incredibile: è appunto uno degli aspetti dell'assicurazione che speriamo potranno essere più chiari dopo la lettura del citato rapporto; qui diciamo soltanto che noi stessi abbiamo fatto fatica a convincercele, sicché gli abbiamo dedicato molto tempo, per poter dare significato agli esperimenti da noi fatti.

**L**a torre (Fig.a des.) è una struttura costruita utilizzando un vecchio traliccio per linea elettrica; alta 16 metri, sorge alla periferia di Padova. Al suo interno una massa di acciaio cade verticalmente, con attrito trascurabile, lungo due colonne che le fanno da guida; si realizzano così le condizioni in cui è massima la difficoltà di frenare la massa che cade.

La torre è attrezzata con due terrazze di lavoro, sistema di sollevamento e recupero della massa, apparecchiature elettriche per il comando della massa e la misura degli sforzi.

## A che cosa serve la torre?

Diciamo anzitutto che alla base del nostro recente lavoro stanno le numerosissime esperienze pratiche, che qui è impossibile citare, compiute in tanti anni sia dalla nostra Commissione che dalla Commissione Scuole di Alpinismo. Da queste si è visto che quasi sempre, soprattutto se dopo la sosta c'è un rinvio, la caduta può essere trattenuta facilmente con il mezzo barcaiole (MB), un po' meno facilmente con il freno a forma di 8 (OTTO) [non parliamo in questa sede di altri tipi di freno]. Però semplici considerazioni teoriche facevano prevedere che un volo veramente libero e verticale non avrebbe potuto essere trattenuto con tanta facilità, e che quindi casi ben peggiori avrebbero potuto verificarsi, anche se l'esperienza ci diceva appunto che erano improbabili. Già negli anni '70 il CAI aveva deciso che bisognava chiarire che cosa accadeva in questi casi estremi, sicché nel 1979 si era attrezzata a Teolo una parete dove si potevano fare voli liberi di quasi cinquanta metri; là si svolsero le prove che, in occasione di una riunione UIAA (Unione Internazionale Associazioni Alpinistiche), mostrarono come le previsioni teoriche fossero corrette.

Recentemente, visto che la diffusione di certe notizie non era sufficiente e che lo studio dei freni andava approfondito, si è costruita la torre, che rispetto a strutture realizzate in parete consente di lavorare con maggiore precisione e ripetibilità, ma soprattutto comodamente e rapidamente.



*La torre adibita alle prove dinamiche sui materiali, alta 16 metri sorge alla periferia di Padova*

# PROBLEMI DI ASSICURAZIONE

## Le prove eseguite

È stato interessante vedere le reazioni degli alpinisti, anche esperti ed abituati a tenere molte cadute come oggi accade in palestra, di fronte alla difficoltà del trattenere cadute anche di pochi metri alla torre! Incredulità, alcune volte commiserazione per la nostra struttura che con le sue deficienze doveva essere responsabile dell'imbroglio, e comunque sempre l'affermazione chiave: "Ad ogni modo le vostre prove non hanno senso perché sono state fatte con una massa di acciaio; se a cadere fosse un uomo, il suo corpo si deformerebbe assorbendo buona parte dell'energia di caduta, che quindi non andrebbe a scaricarsi tutta sulla corda e sul freno, come accade nei vostri esperimenti alla torre".

*Lo strapiombo attrezzato nella palestra di Teolo*



Per questo motivo le prove eseguite si possono suddividere in due categorie:

- quelle fatte per chiarire le differenze fra laboratorio (torre) e realtà (parete)
- quelle fatte per studiare il comportamento dei freni e il loro uso.

## Differenze fra torre e parete

Il lettore farà fatica a immaginare quanto tempo, prove sperimentali e calcoli siano stati necessari per convincere innanzitutto noi stessi che la risposta a queste obiezioni è sconvolmente semplice: gli attriti sono l'unica causa delle differenze fra laboratorio e realtà.

Ovviamente, non è che alla torre non si possono creare attriti "artificiali" tali da equivalere a quelli che si possono avere in parete; noi non li abbiamo usati perché avrebbero nascosto le caratteristiche e le differenze fra i freni che noi volevamo analizzare. Quello di cui abbiamo fatto fatica a renderci conto è fino a che punto essi siano frequenti e importanti in pratica.

Nei casi di trattenuta senza rinvio, se il volo è veramente libero e verticale non c'è differenza fra torre e parete. Questi sono, in parete, casi rarissimi che non fanno storia; il CAI ritiene però che l'alpinista debba tener presente la possibilità che questi casi si verifichino, con le conseguenze di cui diremo.

Nei casi in cui sono presenti rinvii (punti di assicurazione a cui la corda è collegata tramite un moschettone) la tenuta è meno problematica. La sola presenza di un unico rinvio equivale a moltiplicare la resistenza del freno per circa un fattore 2, a causa dell'attrito al passaggio della corda sul moschettone. Se poi ci sono, come quasi sempre, attriti fra

corda e roccia, a loro volta amplificati dal suddetto fattore 2, si comprende come trattenere la corda possa essere facile. Altri rinvii, se allineati, possono dare di per sé un modesto contributo all'attrito complessivo, però facilitano spesso il contatto fra corda e roccia.

Resta comunque sempre valida la raccomandazione di non fidarsi troppo che tutti i santi aiutino.

E il confronto fra l'uomo e la massa di acciaio?

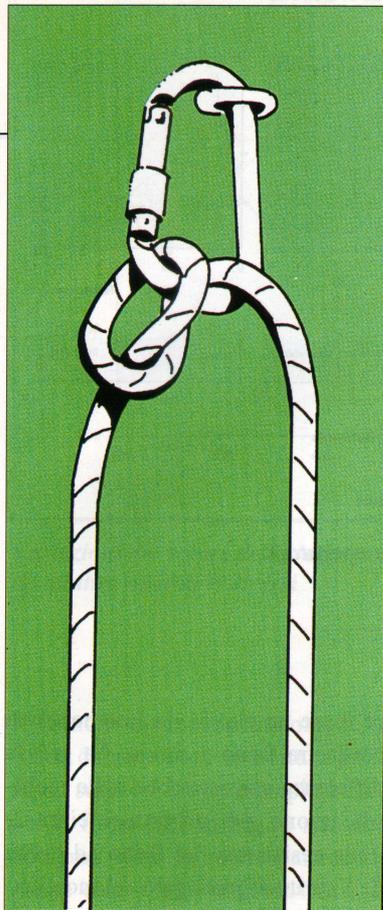
Per queste prove la torre non ci è bastata, perché le differenze fra l'arresto di un uomo e di una uguale massa rigida sono così piccole che le deformazioni della torre (l'assicurazione era fatta su una putrella sporgente a sbalzo) erano tali da "nasconderle". Sicché abbiamo dovuto attrezzare uno strapiombo alla palestra di Teolo presso Padova (Fig. a sin.).

# Q

ui abbiamo fatto due serie di prove, facendo cadere uomini e uguali masse di acciaio sia a corda frenata che a corda annodata. Quest'ultimo caso non ha interesse pratico per l'assicurazione, ma serviva a noi per far vedere la scarsa importanza del sostituire una massa rigida all'uomo, cioè per rendere credibili le nostre prove alla torre: con corda annodata si mette infatti nella massima evidenza la deformazione del corpo umano, che è invece trascurabile quando c'è un freno, che assorbe la maggior parte dell'energia.

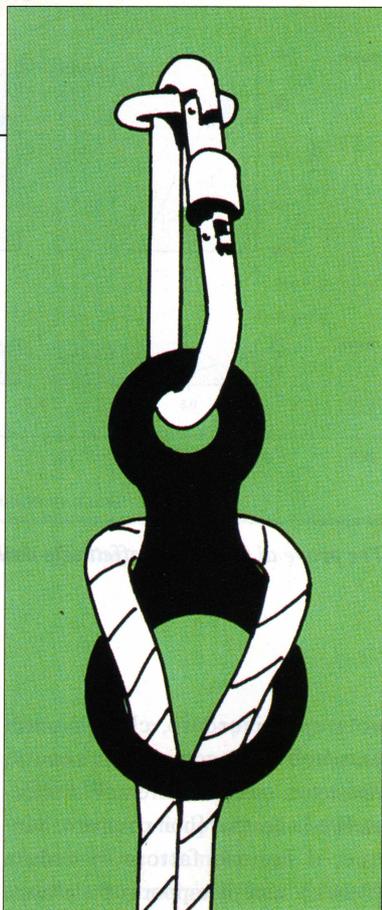
Risultato:

- con assicurazione dinamica, la differenza fra il trattenere la massa o l'uomo non è rilevabile.
- con corda annodata all'ancoraggio, c'è una differenza nello sforzo massimo nella corda fino a quando la corda è lunga pochi metri e quindi si



a) Mezzo Barcaiolo

allunga poco; più precisamente, se la corda è lunga un paio di metri la differenza nello sforzo di arresto è all'ordine del 20%, di cui circa un terzo è dovuto al diverso strozzamento del nodo; da una lunghezza di grosso modo 4 metri in su, l'effetto della deformazione del corpo umano diventa trascurabile. Per dare un'idea della sua scarsa importanza può essere utile osservare che secondo le nostre valutazioni l'energia assorbita dal corpo umano è paragonabile a quella assorbita, nello stringersi, dal nodo con cui esso è collegato alla corda. Per chi ha un po' di dimestichezza con la fisica può essere interessante sapere che le prove fatte a Teolo portano a valutare in circa 30 kgm (appross. 300 Joule) l'energia assorbita (a corda annodata!) da un corpo umano di circa 70 kg. Quando si pensi che l'energia sviluppata da una caduta di H metri di tale corpo vale  $70 \times H$  (kgm), ci si rende conto della scarsa importanza della deformazione del corpo umano.

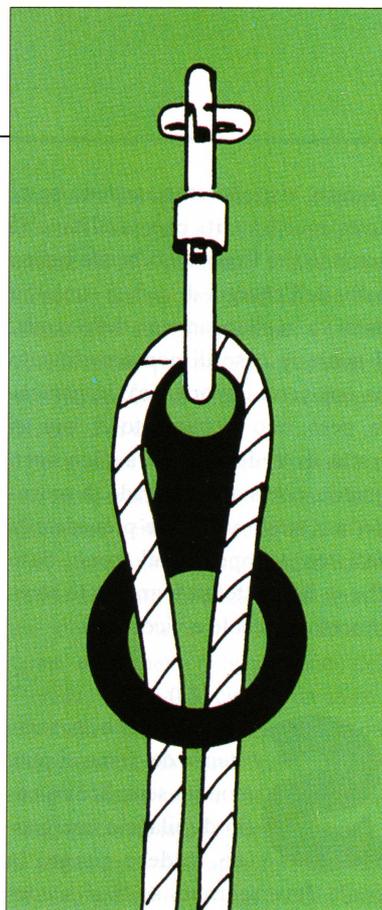


b) OTTO (corretto)

È doveroso citare i nostri stuntmen, che si sono sottoposti ad una lunga serie di voli, particolarmente penosi quelli a corda annodata. Il lettore tenga presente che essi ben sapevano che i loro sacrifici avevano il solo scopo di rendere credibili le nostre prove alla torre: questo dà una misura dello spirito di collaborazione che li anima e della loro convinzione dell'utilità di diffondere le conoscenze sull'assicurazione. Si tratta di Istruttori e di una Guida, citati nei ringraziamenti.

### Comportamento dei freni e loro uso

Nel trattare il punto precedente abbiamo dato risposta al quiz N.3; fra poco la daremo anche al quiz N.2, dopo avere dato qualche informazione sulla resistenza dei freni allo scorrimento della corda.



b) OTTO (errato)

È però necessario aprire una lunga parentesi.

Anzitutto notiamo che, anche se molte delle cose che diremo valgono per qualsiasi freno, qui ci riferiamo in particolare ai freni che, almeno per il momento, sono di gran lunga i più importanti: i freni non automatici, cioè quelli che richiedono l'intervento manuale dell'operatore. Gli altri per ora non ci soddisfano, anche se noi stessi cerchiamo di svilupparne uno.

Più interessanti e consigliati, quelli per cui riporteremo qualche dato, sono il Mezzo Barcaiolo (MB) e il freno a forma di 8 (OTTO) (Fig. sopra).

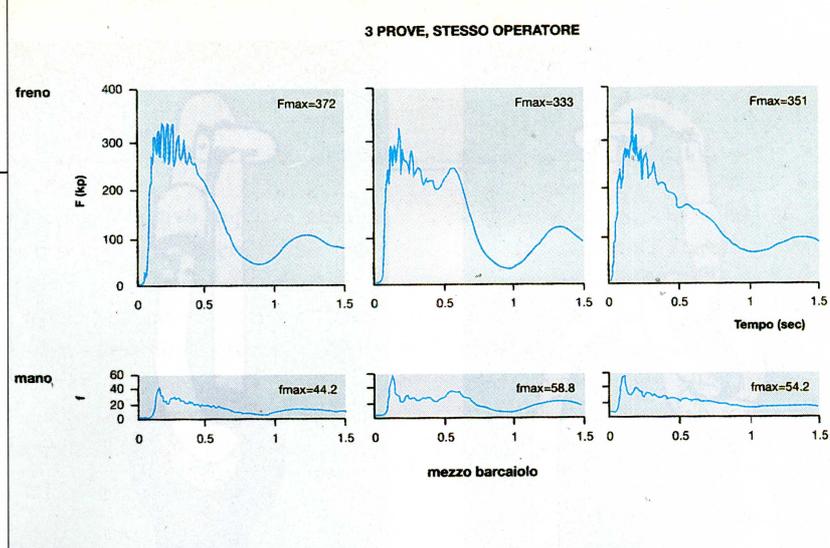
La domanda che per prima sorge spontanea è: come valutare la resistenza che il freno opporrà allo scorrimento della corda?

Ma anzitutto, dirà il lettore, perché cominciate a parlare in termini di scorrimento? E se questo non ci fosse? Se cioè la corda restasse bloccata nel freno?

Questo, rispondiamo, accade se ci sono molti attriti che facilitano il compito del freno, assorbendo buona parte dell'energia di caduta (un'altra parte va in allungamento della corda, il quale in caso di non scorrimento ha una certa importanza); in generale, però, uno scorrimento ci sarà, si tratta di vedere se sarà piccolo o grande, e se siamo in grado di prevederlo. Questo vuol dire prevedere la resistenza opposta dal freno, dato che se la resistenza è grande lo scorrimento è piccolo e viceversa.

**S**e si conosce la resistenza del freno si può, con un semplice calcolo di bilancio energetico, vedere quanto la corda deve scorrere, se ci si accontenta di parlare in termini di resistenza media durante lo scorrimento: si ha così una classica curva, valida per qualsiasi freno, che è riportata in Fig. qui sotto.

Nella figura lo scorrimento (s) è definito come il rapporto fra la corsa della corda (d) e l'altezza libera di caduta (H); è molto interessante



Tre prove di trattenuta effettuate dallo stesso operatore

notare, e ricordare, che gli unici parametri che compaiono sono la resistenza media del freno  $F$ , l'altezza  $H$  e la corsa  $d$  [non compare, dunque, il famoso fattore di caduta ( $f=H/L$ ), cioè il rapporto fra altezza di caduta e lunghezza di corda libera che sappiamo essere importante nelle cadute senza scorrimento].

Quando lo scorrimento non è piccolo, poca importanza hanno le caratteristiche della corda; lo si comprende osservando le piccole differenze fra le curve riportate in Fig. qui sotto.

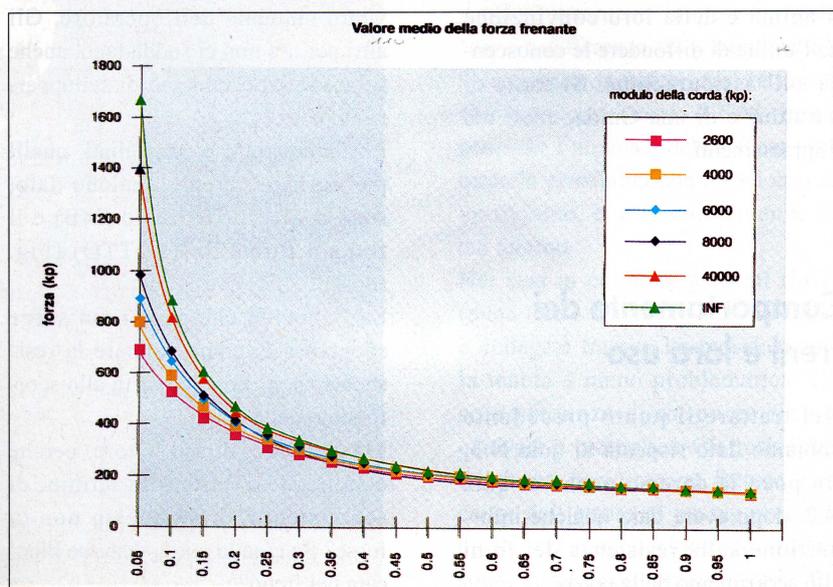
Poca importanza avrebbe anche, se

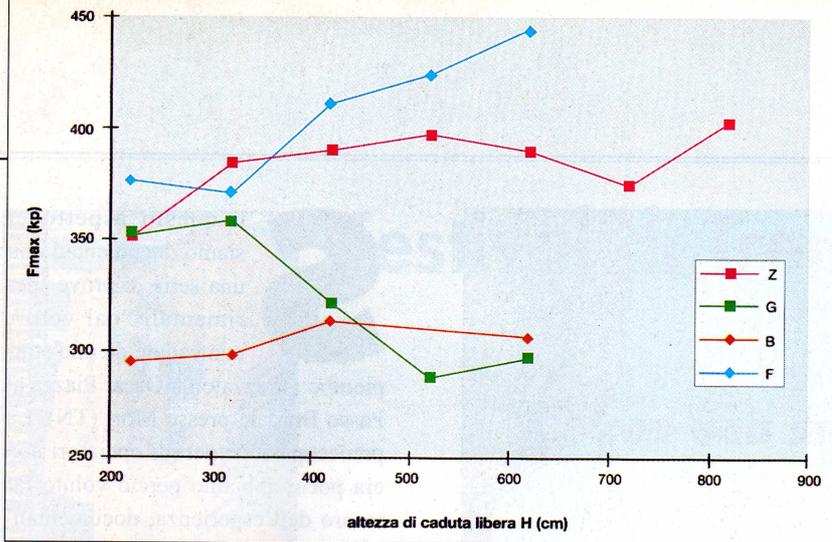
ci fosse un rinvio, la lunghezza di corda fra freno e rinvio. La grossa differenza consisterebbe nella moltiplicazione, per un fattore circa 2, della resistenza del freno ad opera dell'attrito al passaggio sul moschettone. Questo caso non è qui trattato per semplicità e perché non cambierebbe le principali considerazioni che andiamo a fare sul comportamento dei freni. È opportuno però ricordare che la resistenza opposta dal freno non è la stessa in presenza o assenza di rinvio, a causa della diversa posizione che la corda assume nel freno; questo è particolarmente importante per il MB, che in presenza di rinvio è in posizione "aperta" e oppone dunque minore resistenza allo scorrimento. Questa è considerata una caratteristica positiva del MB da parte dei tanti che si preoccupano della resistenza del rinvio o del danneggiamento della corda; preoccupazione ormai passata di moda, su cui non possiamo entrare qui nei dettagli.

Chiusa la parentesi, diciamo qualcosa di abbastanza ovvio ma non troppo: la resistenza del freno dipende:

- dal tipo di freno
- dalla mano di chi assicura (forza e dimensioni) e dall'uso del guanto
- dal tipo di corda (sua scorrevolezza ed "annodabilità", non deformabilità in senso longitudinale!)

### Valore medio della forza frenante





**Variations del valore della resistenza su prove effettuate da quattro operatori diversi**

Il freno è un moltiplicatore della forza di trattenuta esercitata dalla mano sulla corda; un esempio è dato per il freno MB in Fig. a sin. (Lo abbiamo visto in modo particolarmente chiaro usando in altri casi, al posto della mano dell'uomo, uno strumento che chiamiamo falsa mano, che ha un comportamento più regolare dell'uomo).

In Fig. sotto si mostra come il valor massimo della resistenza varia al variare dell'operatore. Si vede invece che tale resistenza varia poco al variare dell'altezza H di caduta, e in modo poco prevedibile. Il fatto che essa dipenda solo dal tipo di

freno/corda e dall'operatore corrisponde all'intuizione? Ci sembra di sì, perché:

- la resistenza è dovuta allo strozzamento della corda nel freno.

- questo strozzamento non cresce al crescere dell'altezza di caduta perché, raggiunto il valore dello sforzo a cui lo scorrimento inizia (come in una frizione tarata), la corda comincia a scorrere impedendo così alla tensione di salire ulteriormente.

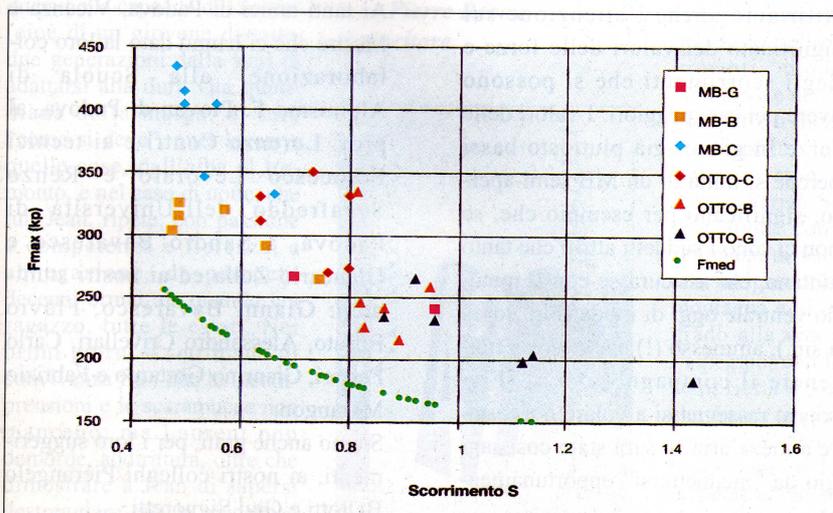
La Fig. sotto ci dice che i vari operatori reagiscono in modo diverso al variare di H: questo infatti comporta non tanto una variazione dello sforzo quanto una variazione della sua

durata (a parità di sforzo F e quindi di s, la corsa d cresce proporzionalmente ad H e così pure cresce la sua durata), quindi una variazione dell'impegno complessivo per l'operatore. Sicché per alcuni operatori la resistenza diminuisce al crescere di H, per altri cresce.

Diciamo per inciso che le prove di cui si riportano i dati sono state fatte, oltre che come si è detto senza rinvio, anche con i guanti; basta infatti rendersi conto di quello che significa, con le forze di Fig. a fronte, avere scorrimenti (Fig. in basso) dell'ordine di 0.3-0.5, cioè di un terzo - un mezzo dell'altezza di caduta, per comprendere che una "caduta seria" non si tiene senza sacrificare (se tutto va bene) la pelle delle mani.

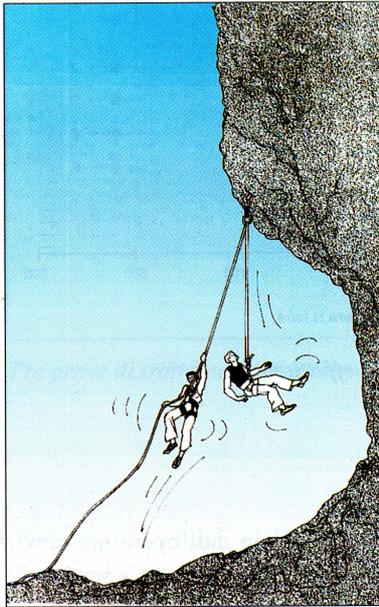
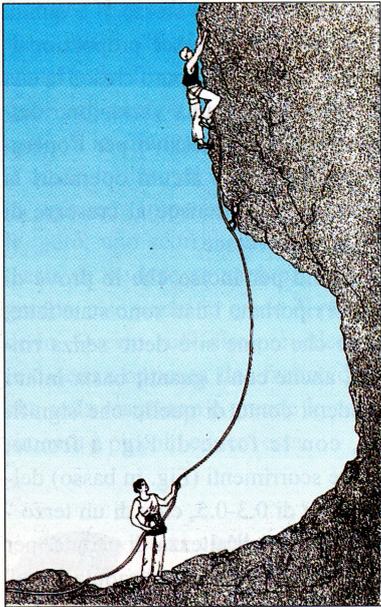
L'importanza dell'operatore è messa in luce dalla Fig. in basso. Qui sono riportati i valori di picco dello sforzo e gli scorrimenti per numerose prove fatte con MB e OTTO e con diversi operatori. Anche i valori teorici della forza media (molto più bassa del valore di picco, come si vede da Fig. sopra a sin.) sono riportati, per far vedere che le cose quadrano con la teoria. Essi sono calcolati a partire dai valori sperimentali dello scorrimento.

**Confronto nell'impiego del Mezzo Barcaiolo e OTTO con vari operatori**



**E**ccoci dunque a rispondere al Quiz N.2: l'altezza di caduta ha poco effetto sulla resistenza del freno, un effetto di cui è difficile prevedere il segno, perché dipende dall'operatore, dalla sua forza, dalla sua esperienza, dal tipo di freno e di corda. Per i nostri scopi si può supporre che l'altezza di caduta H non abbia alcun effetto su F.

Ed ora al Quiz N.1: pensate che sareste capaci di tenere a mano nuda qualsiasi volo? Neanche a mano guantata ci riuscireste nel



**Conseguenze di un volo trattenuto con assicurazione ventrale senza attriti intermedi**

caso peggiore di assenza di attriti e rinvii e di grande  $H$ , se non foste particolarmente preparati e se la corda non scorresse in maniera più che regolare nella vostra mano!

Concludendo: se ci si chiede come un freno si comporta come si può ragionare? Stimando dalla pratica il valore della resistenza  $F$  che si è capaci di generare, con o senza guanto e con quel tipo di freno, ed entrando con  $F$  in una curva del tipo delle fig. in basso alle pag. 66 e 67 per dedurne  $s$ , cioè per vedere di quanto la corda ci scorrerà in mano.

Se ci sarà un rinvio, la forza sarà circa doppia di quelle qui riportate, e lo scorrimento corrispondentemente minore (grosso modo la metà).

Purtroppo - anzi per fortuna - questi casi di tenuta senza attriti sulla roccia e su altri rinvii sono molto rari, quindi anche il lettore esperto si chiederà molto probabilmente perché quanto diciamo non corrisponde alla sua esperienza; impavidi, continueremo ad insistere che l'alpinista deve sapere che cosa può aspettarsi nei casi peggiori.

## Conclusioni

Qui non si è certo detto tutto, e molti dubbi potranno venire a chi pone attenzione a questi problemi, soprattutto se è un po' abituato a pensare in termini tecnici.

Ad alcuni interrogativi potrà rispondere il nostro rapporto citato.

Per ora ci interessava ribadire concetti già altre volte espressi ma ancora poco diffusi, e ricordare alle scuole che l'attrezzatura della Commissione è a loro disposizione.

Attiriamo anche l'attenzione sul significato dei valori delle forze e degli scorrimenti che si possono avere nei casi peggiori. I valori delle forze in gioco, già piuttosto bassi perché si tratta di un MB semi-aperto, significano per esempio che, se non ci sono i suddetti attriti che tanto aiutano, chi assicurasse con il metodo ventrale oggi di moda (Fig. sopra a sin.), ammesso (!) che riesca a trattenere il compagno, dovrà (Fig. sopra) rassegnarsi a volare o a restare a mezz'aria se sarà stato così saggio da "incubettarsi" opportunamente.

**S**u questo aspetto ci siamo documentati con una serie di prove sperimentali "dal vero", con cadute da uno strapiombo attrezzato da Oscar Piazza al Passo Bordala presso Mori (TN). La preoccupazione per gli operatori non era poca; abbiamo perciò voluto far tesoro dell'esperienza, documentando le prove in una ripresa televisiva realizzata dal collega Giovanni Duca. Ne daremo notizia in separata sede, per potere attirare su questa realizzazione l'attenzione che merita.

**Giuliano Bressan  
Patrizio Casavola  
Carlo Zanantoni**

## RINGRAZIAMENTI

Ai tanti amici di Padova, Vicenza e Mestre che ci hanno dato la loro collaborazione, alla Scuola di Alpinismo F. Piovan di Padova, al prof. Lorenzo Contri e ai tecnici Francesco Levorato e Renzo Segafreddo dell'Università di Padova, a Sandro Bavaresco e Giancarlo Zella ed ai nostri stuntmen: Gianni Bavaresco, Flavio Busato, Alessandro Crivellari, Carlo Ferrari, Gianrino Gottardo e Fabrizio Marangon.

Siamo anche grati, per i loro suggerimenti, ai nostri colleghi Pierangelo Bellotti e Gigi Signoretti.