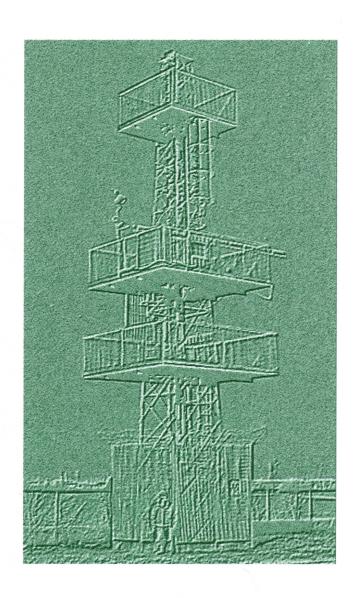
## **ASSICURAZIONE DINAMICA**

# PROVE SU FRENI ALLA TORRE DI PADOVA

Rapporto della Commissione Materiali e Tecniche del CAI





### **ASSICURAZIONE DINAMICA**

# PROVE SU FRENI ALLA TORRE DI PADOVA

Rapporto della Commissione Materiali e Tecniche del CAI

Giuliano Bressan, Patrizio Casavola, Carlo Zanantoni

Settembre 1994

Da questo lavoro è estratto l'articolo PROBLEMI DI ASSICURAZIONE pubblicato su: La Rivista del Club Alpino Italiano, luglio-agosto 1994



**Disegni di:** Luisa Chiandotti e Alessandro Martegani

> Fotocomposizione e stampa Arte Stampa, Daverio (VA)

### **Premesse**

Questo é il primo resoconto delle attività svolte alla Torre di Padova. Questa torre, alta sedici metri, è stata realizzata nel '90 per consentire alla Commissione lo studio di cadute ''pulite'' e ripetibili con precisione e rapidità. Essa deve, nelle nostre intenzioni, essere un punto di incontro con la Commissione Scuole di Alpinismo, a cui il nostro lavoro è dedicato.

L'articolo raccoglie i risultati e gli interrogativi essenziali che derivano da due anni di lavoro; lavoro che dovrà ancora essere approfondito, utilizzando la nuova strumentazione che si sta approntando e, speriamo, i suggerimenti e la collaborazione dei nostri lettori.

Analisi più dettagliate saranno esposte in altra sede; abbiamo ritenuto di non poter più a lungo procrastinare la pubblicazione dei risultati essenziali, anche perché si è deciso di portare la discussione in sede UIAA (Unione Internazionale Associazioni Alpinistiche): infatti, per strano che possa sembrare, molti degli argomenti qui toccati sono ancora accanitamente dibattuti in sede internazionale, dopo quasi trent'anni dall'inizio dell'uso dei freni.

Per questo motivo si ritorna qui brevemente, nella prima parte di questo articolo, su alcuni aspetti dell'assicurazione che a rigore non fanno parte del lavoro recentemente svolto alla torre, bensì del bagaglio di esperienze e convincimenti elaborati, in tanti anni, in seno alla nostra Commissione.

Questo lavoro è stato discusso in Commissione ed ha avuto l'assenso dei nostri colleghi.

Un riassunto è apparso su "La Rivista del CAI", N. 8/1994.

### INTRODUZIONE

Sono qui esposti gli aspetti essenziali di due anni di prove alla torre di Padova.

Molto del lavoro, che qui non appare, é stato dedicato alla messa a punto dei metodi di confronto fra i vari tipi di freno e al tentativo di chiarire le differenze fra la caduta "vera", in parete, e quella in laboratorio: difficoltà che si frappone fra i nostri risultati e la loro credibilità da parte degli alpinisti.

Questa difficoltà è anche il motivo per cui, a livello internazionale, si manifestano le posizioni preconcette di cui diremo. I punti essenziali del nostro discorso, su cui vogliamo fin da ora attirare l'attenzione del lettore, sono i seguenti:

- I freni più interessanti sono l'attrezzo a forma di otto (OTTO) e il mezzo-nodo detto mezzo barcaiolo (MB); dunque lo studio delle loro proprietà é stato al centro della nostra attenzione.
  - Si dà qui per scontato che il lettore conosca questi due freni, e ci si limita a rimandare alle illustrazioni.
- Il dissipatore Bafile richiede un discorso a parte.
- Al confronto MB OTTO si dedica la maggior parte dell'articolo. In questa introduzione diciamo soltanto ciò che più direttamente interessa l'alpinista: la maggior parte delle prove alla Torre, con caduta veramente libera e quindi con notevole e inevitabile scorrimento della corda nel freno (mano guantata), suggerisce una sostanziale equivalenza fra i due freni a parte il maggiore scorrimento con l'OTTO. Però le prove eseguite in parete, oppure con attriti supplementari tali da riportare alle condizioni più frequenti in arrampicata (scorrimento trascurabile, quindi frenamento possibile a mano nuda) hanno ancora una volta mostrato la superiore sicurezza fornita dal MB.

Queste prove sono state effettuate nel corso del '92, in particolare in Ambiez durante il corso per istruttori nazionali di alpinismo e a Varese, nel capannone dell'officina Facchinetti.

 Per la assicurazione "ventrale" (indichichiamo così l'abitudine, oggi diffusa in palestra, di attaccare il freno all'imbra-

- catura), con freni e ancora di più con bloccanti (per es. il Gri-Gri), si riconferma la critica senza mezzi termini, pur ammettendo che in presenza di notevoli attriti "ogni sistema é buono".
- Le differenze fra parete e laboratorio, chiave di volta della credibilità di ogni nostro discorso, sono dovute agli attriti di scorrimento della corda sulla roccia e sui moschettoni, NON (o per meglio dire in maniera trascurabile) alla deformabilità del corpo umano o al fatto che la linea di trazione al momento dell'impatto non passi per il baricentro del corpo.
- Si é ancora una volta messa in evidenza la particolare importanza dell' ULTI-MO moschettone di rinvio; da qui il ripetuto suggerimento di avere UN rinvio, anche se apparentemente inutile, a poca distanza dalla partenza del tiro di corda.
- INFINE: sia chiaro che tutte le prove eseguite alla Torre, ad eccezione di quelle fatte con inserimento di molteplici attriti per confrontare MB e OT-TO in condizioni "reali", sono state eseguite coi guanti (UNA SOLA MA-NO!). Non ci stancheremo di ripetere che si deve sapere che esistono cadute che non si possono tenere a mano nuda con l'aiuto del solo freno, a meno che non si abbia la forza d'animo e la presenza di spirito necessarie a sacrificare la pelle delle mani: un banale bilancio energetico dice che, nel caso di una caduta veramente libera, la corda deve scorrere nelle mani per qualche cosa come almeno un terzo dell'altezza di caduta libera.

Per questo ripetiamo ancora una volta la raccomandazione di **TENERE** la corda al massimo delle proprie capacità se il compagno cade, di non pensare di dover "aiutare" la corda a scorrere nel freno per ridurre lo sforzo sull'ancoraggio! Se la corda non scorre vuol dire che la sua tensione é modesta a causa degli attriti, quindi l'ancoraggio è poco sollecitato.

Il caso di un ancoraggio chiaramente precario non ci sembra possa essere trattato in termini generali: è una di quelle situazioni in cui va fatto ricorso all'esperienza dell'alpinista e a quella comprensione degli aspetti essenziali dell'assicurazione a cui si è varie volte tentato di dare un contributo.

La scarsa affidabilità dell'ancoraggio, tradizionale argomento di discordia fra arrampicatori "continentali" e anglofoni, può in alcuni casi far preferire l'assicurazione ventrale o, perché no, la vecchia assicurazione a spalla o ai fianchi; nei casi più incerti dovrà essere l'alpinista a giudicare se è più grosso il rischio di assicurare con una tecnica altrimenti criticabile oppure con tecnica corretta ma su ancoraggio dubbio; si cerca qui di fornirgli elementi per una valutazione del rischio, che deve pur sempre essere messo in conto, come una delle componenti fondamentali dell'alpinismo.

### Anticipiamo al lettore, sicuramente già impaziente, che si toccano nel seguito i seguenti punti:

- Descrizione della Torre e della strumentazione
- · Facciamo il punto sull'assicurazione
- Richiami di assicurazione dinamica
- Laboratorio e realtà
- Prove sui freni
- Confronto sperimentale Mezzo Barcaiolo/Otto
- Conclusioni

# 1. DESCRIZIONE DELLA TORRE E DELLA STRUMENTAZIONE

La Commissione Biveneta Materiali e Tecniche è da anni il centro principale di attività del CAI per quanto riguarda le prove di caduta: si cominciò nel '79 quando, in occasione di una riunione internazionale UIAA (Unione Internazionale Associazioni Alpinistiche), si realizzò alla palestra di Rocca Pendice (Teolo) una parete attrezzata che consentiva voli perfettamente liberi e verticali di quasi 50 metri. Dobbiamo ringraziare per

questa realizzazione tanti amici di Padova, in particolare Bepi Grazian, Giancarlo Zella e la Scuola di Alpinismo Franco Piovan. Lo scopo era mostrare che solo con il freno mezzo barcaiolo, allora già accettato come freno UIAA ma ancora contestato dagli anglofoni, si poteva pensare di tenere cadute di notevole altezza.

La struttura, unica al mondo, fu poi in parte distrutta da vandali; l'esperienza fatta aveva comunque dimostrato che qualche cosa di più pratico e rapidamente accessibile era necessario, se si volevano fare frequenti e numerose prove.

Questo era il caso, secondo la nostra Commissione, perché non solo si voleva studiare in dettaglio il frenamento della caduta - la cosiddetta assicurazione dinamica - e altri problemi di sicurezza, ma si voleva dare alle Scuole di Alpinismo un terreno, senz'altro meno attraente della parete ma tanto più pratico, per fare rapidamente dimostrazioni e pratica di assicurazione.

Si è così giunti, nel 1990 e questa volta per merito soprattutto di Giuliano Bressan, alla realizzazione di quella che ormai per antonomasia si chiama La Torre, realizzata con un traliccio ENEL, arricchito di due terrazze di lavoro. La torre,



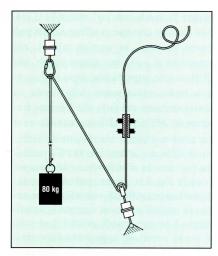


Fig. 1: Schema della disposizione di due celle per la misura dello sforzo prodotto dal freno e dalla mano (nel caso in figura: falsa-mano)

recintata e fornita di energia elettrica, sorge presso il Palazzetto dello Sport S. Lazzaro a Padova (nella foto).

Essa consente cadute libere di 15 metri ed è fornita di ammortizzatori nel caso che la massa cada fino a terra; il richiamo e sollevamento della massa è rapidissimo, comandato elettricamente a distanza. La massa, 80 kg di acciaio, è la stessa che si usa nelle prove UIAA sulle corde, al cosiddetto apparecchio Dodero; anche il sistema di guida della massa, perfettamente verticale e senza attrito, realizzato con due colonne di acciaio, ricorda un maxi-Dodero.

Gli sforzi generati dal frenamento della massa sono misurati (Fig. 1) per mezzo di celle dinamometriche a estensimetro elettrico (ormai si usa il termine inglese *strain gauge*) in un numero massimo di tre punti (per esempio mano, freno e rinvio); il loro segnale, attraverso amplificatori che memorizzano il valore massimo raggiunto dallo sforzo, va ad un registratore.

Il tutto deve essere adatto a registrare grandezze variabili dal minimo al massimo in un decimo di secondo.

Questa strumentazione sta per essere sostituita con apparecchi più moderni, che consentano di registrare su computer, e quindi elaborare, le curve forza/ tempo.

# 2. FACCIAMO IL PUNTO SULL'ASSICURAZIONE

L'assicurazione è sempre stata dinamica, anche quando non lo si sapeva (Rif. 1), perché tutti i vecchi metodi - a spalla, a croce, alle anche - non avrebbero potuto consentire l'arresto senza grande scorrimento di corda di una caduta libera, anche di pochi metri, se non ci fossero stati provvidenziali attriti (quei provvidenziali attriti che ancora oggi, nella stragrande maggioranza dei casi, fanno apparire un gioco da ragazzi il frenamento dell'arrampicatore che cade).

Gli studi sull'assicurazione dinamica iniziarono in America negli anni '30: là si frenava con i guanti, lasciando scorrere la corda sui glutei. Poi arrivò, nei primi anni '60, la Placca Sticht (**PS**) (Fig. 2); si diffuse sempre più la conoscenza dell'assicurazione dinamica (RIF. 2 e 3); nei primi '70 giunse, per merito della nostra Commissione allora guidata da Mario Bisaccia, con il valido contributo di Franco Garda e Pietro Gilardoni, il mezzo barcaiolo (**MB**) (Fig. 3); successivamente i frequentatori di falesie e gli arrampicatori sportivi, che giudicavano il MB un po'

scomodo, trovarono che l'attrezzo a forma di otto (OTTO) (Fig. 4), nato come discensore, poteva essere usato per l'assicurazione.

Più recentemente sono stati proposti strumenti automatici, l'AUTOBRAKE Sa-

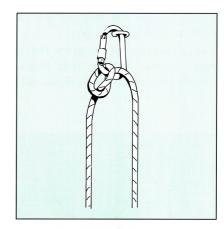


Fig. 3: Freno Mezzo Barcaiolo (MB), detto anche "freno UIAA" o Italian hitch, Demi Capestan, Halbmastwurf.

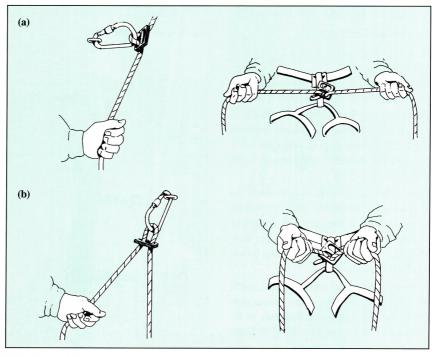


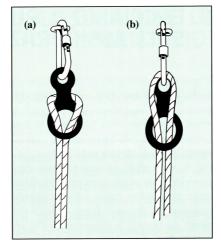
Fig. 2: Placca Sticht: uso corretto (a) e scorretto (b)

lewa (Fig.5) e il GRIGRI Petzl (Fig. 6), alla cui prova faremo un cenno nel seguito.

Fra gli strumenti usati nelle nostre prove citiamo anche la falsamano (Fig.7 e punto 6.2). È stata concepita per sostituire la mano dell'uomo e assicurare maggiore ripetibilità delle prove.

Va detto che AUTOBRAKE e GRIGRI sono stati concepiti per assicurazione ventrale (Fig. 8 - vedere punto 3.5): il GRIGRI in assoluto, ma anche il l'AUTOBRAKE che può dare problemi di funzionamento se urta la roccia.

Non parliamo qui del Dissipatore Bafile, oggi strumento di rigore sulle ferrate, che, essendo operativamente di una cate-



**Fig. 4:** Freno a forma di otto (OTTO). Uso corretto (a) e scorretto (b)

rovina la corda, un po' meno l'OTTO. Noi diciamo che questa affermazione può essere accettata in termini relativi, nel senso che si può forse notare un po' più di abrasione superficiale dopo molte cadute nello stesso punto della corda, in corrispondenza del fatto che l'azione frenante del MB è più efficace; comunque si tratta di argomenti assolutamente irrilevanti, di fronte al fatto che la PS è pericolosa se non la si manovra correttamente (vedere Fig. 2.b - questo può avvenire indipendentemente dalla volontà), e che anche in caso di manovra corretta lo scorrimento è troppo grande perché il metodo si possa accettare, soprattutto in montagna. In palestra, e questo lo diciamo per i tanti arrampicatori sportivi che usano la

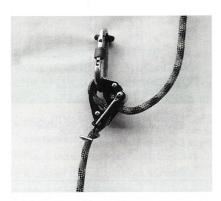


Fig. 5: Autobrake SALEWA

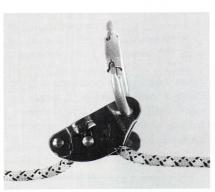


Fig. 6: GRIGRI Petzl



goria diversa dai freni di cui qui ci si occupa, richiederebbe un discorso a parte.

Per descrivere le posizioni prevalenti in campo internazionale, possiamo limitarci ai tre tipi di freno di gran lunga più usati: PS, OTTO e MB (rappresentati nelle Fig. 2, 4, 3).

Sono citati qui in ordine di scorrimento decrescente, intendendo per scorrimento il rapporto fra la lunghezza di corda che si deve lasciar scorrere nel freno per arrestare la caduta e l'altezza di caduta (si veda il punto seguente).

In America e in Inghilterra domina la PS; gli anglofoni, che per primi hanno dato grande importanza all'arrampicata in falesia e usato l'allenamento al limite di caduta, ripetuta anche molte volte sullo stesso passaggio, sostengono che il MB

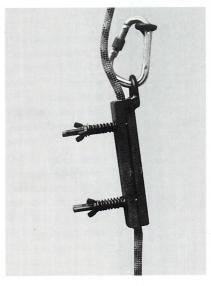


Fig. 7: Falsa-mano con corda inserita

PS, in presenza di molti rinvii tutti i santi aiutano; però c'è rischio che il pericolo venga sottovalutato.

Il discorso non può essere fatto compiutamente in questo già troppo lungo articolo; ci serve solo a giustificare il fatto che qui si parla pochissimo di PS, mentre tutta l'attenzione è rivolta al confronto MB-OTTO.

L'interesse di questo confronto sta nel fatto che è ben difficile che nella pratica, soprattutto in palestra, gli attriti non siano tali da mascherare le differenze fra i freni; dunque era opportuno cercar di chiarire il comportamento dei due, soprattutto in presenza di una campagna di critica nei confronti del MB che da anni prosegue.

Sentiamo di dovere anticipare subito che il dare un giudizio a proposito del con-

fronto suddetto si è rivelato ben più difficile del previsto, soprattutto per due motivi:

- 1 Nella fase iniziale del nostro lavoro ci è sembrato essenziale spiegarci le differenze fra parete e laboratorio, affinchè noi per primi potessimo credere al significato dei nostri risultati. Si trattava di chiarire, al di là del confronto fra freni, i motivi per cui trattenere una caduta alla torre è tanto più difficile di quanto lo sia di solito in parete; è un annoso problema, ma senza averlo chiarito non si possono giustificare certe affermazioni come la nostra rituale raccomandazione: "tenere al massimo delle possibilità!" (vedere 3.3).
- 2 Nella fase conclusiva ci siamo trovati di fronte a risultati che suggerivano un

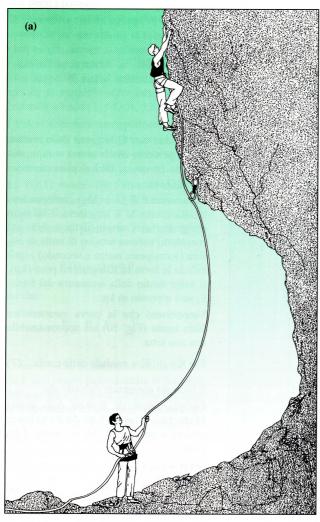
comportamento sostanzialmente simile di MB e OTTO nelle prove alla Torre, con guanto e grandi scorrimenti. Nello stesso tempo le prove effettuate in parete, a mano nuda e con scorrimenti massimi di pochi dm, ci avevano dato la chiara sensazione di quanto sia più facile "tenere" col MB.

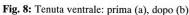
È stato però difficile riprodurre alla Torre cadute che fossero allo stesso tempo veramente libere e verticali, quindi ben ripetibili, ma anche frenate con attriti supplementari tali che si fosse al limite dell'operare senza guanti. Realizzare queste condizioni era necessario affinché il significato pratico del maggior scorrimento dell'OTTO rispetto al MB risultasse evidente.

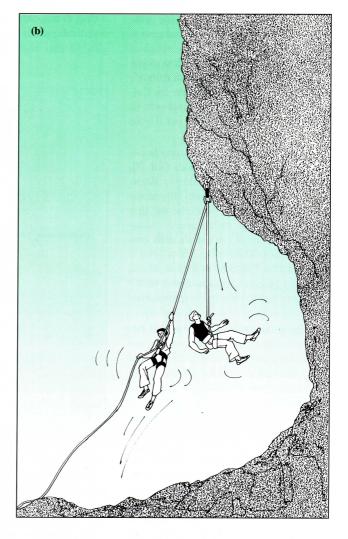
### NOTA

Quando si parla qui delle proprietà del freno Mezzo Barcaiolo (MB) si intende che esso venga realizzato, come mostra la Fig. 3, per mezzo di un moschettone a forma di "pera", altrimenti lo scorrimento è più difficoltoso e irregolare.

Questo tipo di moschettone è conosciuto in ambienti internazionali come tipo HMS, dalla parola tedesca Halbmastwurfsicherung (assicurazione con mezzo barcaiolo).







### 3. RICHIAMI DI ASSICURAZIONE DINAMICA

## 3.1 Il significato dello scorrimento

È ormai entrato nell'uso il concetto di fattore di caduta (rapporto fra altezza di volo non frenato e lunghezza libera di corda), che un po' di anni fa sembrava ostico ai più; purtroppo lo si usa spesso un po' a sproposito, e questo è il caso dell'assicurazione dinamica.

Infatti il concetto di fattore di caduta è utile quando si debba calcolare lo sforzo massimo che si verifica nella corda LE-GATA al punto di assicurazione, come si fa nelle prove sulle corde per qualificarle in base alla loro capacità di resistere a un certo numero di cadute di quel tipo. La caduta a corda bloccata si realizza raramente in pratica, ma serve come utile punto di riferimento, perché in tal caso si può dimostrare che lo sforzo massimo non dipende dall'altezza di caduta di per sé, bensì soltanto dal "fattore di caduta", che è definito come il rapporto fra l'altezza di caduta libera e la lunghezza di corda libera, cioè disponibile per il volo (Rif. 2).

Nel caso della caduta frenata, con la cosiddetta assicurazione dinamica (Rif. 3), lo sforzo massimo e soprattutto lo sforzo medio durante il frenamento dipendono quasi esclusivamente, oltre che dal tipo di freno e di corda, dalla mano di chi assicura (e dall'angolo di entrata della corda nel freno). Molto poco conta tutto il resto, inclusa l'altezza di caduta libera, come ora vedremo teoricamente e le nostre prove hanno dimostrato sperimentalmente.

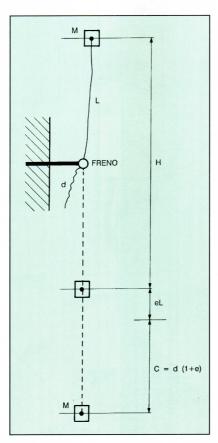
Nessuna influenza ha direttamente il fattore di caduta, solo indirettamente nel senso che a parità di lunghezza di corda libera l'altezza di volo non frenato è evidentemente proporzionale al fattore di caduta.

Naturalmente, poiché i bilanci di energia debbono tornare, la *corsa della corda*, cioè nel nostro linguaggio la lunghezza di corda (d) che si è costretti a lasciare scorrere nel freno, dipende, oltre che dalla forza che il sistema mano-freno è capace di esercitare, dall'altezza di caduta libera (H). Per la definizione di questi parametri vedere anche Fig. 9. Fortunatamente (dal

punto di vista della descrizione dei fenomeni) come fra breve vedremo (Fig.11) la relazione fra d e lo sforzo medio nel freno (F) è funzione soltanto del rapporto d/H, che noi chiamiamo *scorrimento* e indichiamo con s. In sede UIAA abbiamo proposto per s il termine *slip ratio*.

I grafici che riportiamo in Fig. 18 e Fig. 20 mostrano che questo si verifica abbastanza bene anche per lo sforzo massimo; non esattamente, perché la forma del grafico forza/tempo non è sempre la stessa: è un po', ma in modo non chiaro, influenzata da vari parametri fra cui H. Su questo punto ritorneremo al punto 6.4; per ora limitiamoci a parlare dello sforzo medio F.

In Fig.9 è rappresentato schematicamente il caso di una caduta perfettamente libera e verticale, senza attriti, di una massa rigida **M** (nei nostri esperimenti 80 kg),



**Fig. 9:** Frenamento di una caduta senza rinvio: definizione dei parametri

che viene trattenuta senza rinvio. Si considera questo caso sia per semplicità di esposizione, sia perché la maggior parte delle nostre considerazioni (punto 6) si riferisce a esperimenti fatti senza rinvio.

Chiamiamo H l'altezza di caduta libera, L la lunghezza libera di corda, d la corsa della corda (tesa dalla sola mano) nel freno fino al *primo* arresto della massa, s lo scorrimento [s=d/H]. Per pignoleria mettiamo anche in conto l'allungamento relativo (e) della corda corrispondente allo sforzo F. Precisiamo che si intende con F il valor medio dello sforzo prodotto dal freno fino alla fine della corsa; per fine della corsa si intende quella corrispondente al primo arresto della massa M.

NOTA - Per primo arresto si intende il punto in cui la corda cessa di scorrere. Successivamente la massa risale; poi oscillerà fino a fermarsi definitivamente; solleciterà allora la corda col solo suo peso.

Indichiamo con C la *corsa della massa*, cioè il percorso che la massa compie durante la frenatura, fino al primo arresto: C = d (1+e).

Chiamiamo **P** il peso (Mg) corrispondente alla massa M e scriviamo il bilancio energetico dell'arresto della caduta nel cosiddetto sistema tecnico di unità di misura (forza-peso, metro e secondo) esprimendo le forze in Kilogrammi peso (**kp**). Il valor medio della resistenza del freno, F, sarà espresso in kp.

Supponiamo che la curva caratteristica della corda (Fig. 10) sia approssimabile con una retta:

$$F = K e$$
,  $K = modulo della corda$  (1)

Il bilancio energetico richiede che:

Energia potenziale perduta dalla massa M che cade = lavoro fatto dal freno (va in calore) + energia di deformazione della corda

$$P(H + eL + C) =$$
  
=  $CF + \frac{1}{2}(L + d)eF$  (2)

da cui, ricordando la (1) e la definizione di fattore di caduta f (qui usato soltanto

per una questine di "pulizia" nella formula!):

$$f = \frac{H}{I} \tag{2}$$

si ha:

$$(3s + \frac{1}{f})e^2 - 2\left[\frac{P}{K}\frac{s}{\frac{1}{f}} - s\right]e - 2\frac{P}{K}(1+s) = 0$$
(3)

che, risolta per  ${\bf e}$ , fornisce tramite la (1) i risultati riportati in Fig. 11.

Dalla figura si vede che, con i valori normali dello scorrimento (superiori a 0.3 nelle cadute libere senza rinvio) *il modulo di elasticità della corda* K influenza ben poco i risultati.

Il valore K= 2600 kp corrisponde alla corda da noi più usata, con la quale lo sforzo di arresto a corda bloccata (come all'apparecchio DODERO) sarebbe circa 1000 kp; il valore 4000 corrisponde al massimo sforzo di arresto accettabile secondo la UIAA, 1200 kp.

I valori superiori corrispondono a corde statiche, fino a raggiungere, con K= infinito, il caso teorico della corda assolutamente non allungabile.

La Fig.11 mostra che i risultati relativi a questo caso estremo differiscono poco dagli altri nel campo di nostro interesse; si può dunque porre e = 0, col che la (2) si scrive:

$$P(H+d)=dF$$
 (5)

da cui:

$$F = P\left(1 + \frac{1}{s}\right) \tag{6}$$

Come si vede, la resistenza media del freno F può essere rappresentata in funzione del solo scorrimento s, oltre che del valore della massa M che cade. Questo è abbastanza vero anche per il valore di picco dello sforzo, come mostra Fig. 20; lo sarebbe esattamente, come si è già detto, se la *forma* della F(t) non variasse da caso a caso.

Ritorneremo su questo argomento al punto 6.5. Per ora ci preme dire che la (6) è interessante dal punto di vista della *pre-*

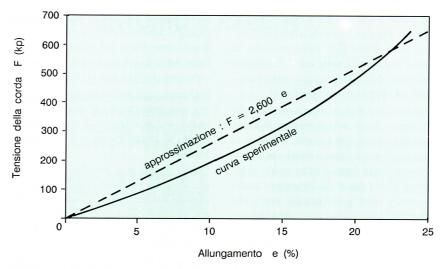


Fig. 10: Caratteristica di una corda: curva tensione - allungamento. Quando si sostituisce la caratteristica con una retta (F = K e), il coefficiente K viene qui chiamato modulo della corda, in analogia al modulo di elasticità che si usa nella teoria dell'elasticità.

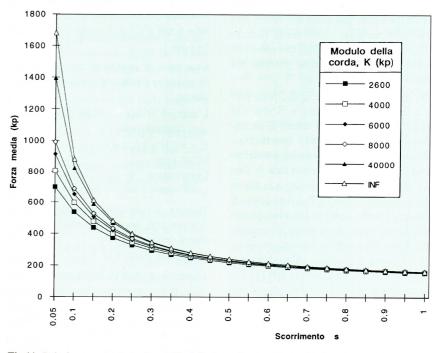


Fig.11: Relazione teorica fra valor medio della forza frenante e scorrimento. K = ``modulo'' della corda (M=80 kg)

sentazione dei risultati, ma non deve trarre in inganno il lettore distratto, nel senso che è l'entità dello scorrimento s ad essere determinata da F, cioè in definitiva dallo sforzo che il sistema mano + freno è capace di produrre, non viceversa.

In altri termini, quello che succederà nell'arresto di una caduta si potrà intuire

entrando nella curva tipica di Fig. 11 con il valore di F (difficile da prevedere!! vedi 6.3) e deducendo lo scorrimento s che ne risulta; e qui ancora una volta non ci si deve far ingannare, pensando che l'altezza di caduta H non abbia importanza (come succede, per il solo valor massimo dello sforzo (Rif. 2) a corda legata)!

Se è vero che H non appare esplicitamente nella (3), cioè che non influenza il valore dello sforzo F, è anche vero che la corsa della corda nelle mani di chi assicura vale d = s H, è dunque proporzionale all'altezza di caduta libera!

Una cosa è dover lasciare scorrere pochi centimetri, come avviene nella stragrande maggioranza dei casi pratici, e questo si può fare con il solo movimento della mano senza scorrimento della corda *nella* mano; altro è dover lasciar scorrere metri di corda, come succede nelle prove alla torre ma anche nei fortunatamente **rari** casi di vere cadute in montagna che siano verticali, di notevole altezza e senza attriti!

## 3.2 È trascurabile l'energia assorbita dalla corda.

Si è visto ora che l'allungamento della corda ha scarsa influenza sul valore medio della tensione nella corda durante l'arresto graduale del corpo che cade, che è poi anche lo sforzo medio generato dal freno.

Per dire la cosa in altro modo, poco preciso ma forse più gradito, si ricordi che quando nella cosiddetta catena di assicurazione (chiodo, cordino, moschettone, corda, uomo) c'è un elemento più deformabile degli altri (in questo caso la corda, se non è molto corta) esso si fa carico della maggior parte dell'assorbimento di energia. Questo è ancora più vero quando all'allungamento della corda si sostituisce il ben più notevole scorrimento di essa nel freno, che inizia a valori della tensione così bassi (poco sopra i 200 kp) che la corda a quel punto si è ben poco allungata. Sicché l'energia da dissipare va a finire per la maggior parte in calore di attrito prodotto nel freno.

Il discorso è quantitativamente un po' meno vero, anche se qualitativamente ancor valido, quando si parla dello sforzo massimo, per intenderci del valore di picco del grafico forza/tempo che vedremo quotato nei nostri grafici.

Per chiarirlo consideriamo il grafico di Fig. 10, nel caso specifico derivante da misure del Laboratorio dell'Università di Padova ma comunque ben noto come valido qualitativamente per tutti i tipi di corda UIAA: per i nostri scopi lo si può approssimare con una retta e calcolare l'energia assorbita dalla corda nel deformarsi come l'area del triangolo sotteso dalla retta (quando le ascisse fossero espresse in metri e non in %).

Prendendo, per non voler favorire la nostra tesi, una caduta di modesta entità, cioè  $L=2\,m$  e fattore di caduta 2, cioè  $H=4\,m$ , consideriamo uno dei casi di Fig.20.

Questa figura, lo si anticipa, riporta casi con sforzi un po' bassi dato il tipo di esecuzione del frenamento; prendiamo perciò, per non essere criticati, un caso fra quelli che presentano gli sforzi più rilevanti: Fmax = 350 kp, S= 0.5.

Da Fig. 10 si vede che al momento in cui la tensione vale 350 kp l'allungamento vale

e = 16 %

Il lavoro di deformazione della corda vale dunque, al suo massimo:

W = 0.5 F e L = 0.5 x 350 x 0.16 x 2 = 56 kpm

Gran parte di esso verrà immediatamente restituito durante il successivo scorrimento.

L'energia sviluppata dalla caduta fino a quel momento vale:

E = P (H + e L) = 80 x (4 + 0.16 x 2)= 345 kpm

(trascuriamo lo scorrimento che a quell'istante è ancora piccolo).

Dunque, nel punto di massimo sforzo la frazione dell' energia di caduta immagazzinata nella corda vale:

W / E = 56 / 345 = 16 %.

L'incidenza dell'elasticità della corda sullo sforzo massimo, tenendo presente che l'energia di deformazione della corda va come **e F**, cioè come F<sup>2</sup>, sarà soltanto la metà di questa, cioè 8 %.

Molto di meno varrà poi il contributo complessivo della corda alla dissipazione dell'energia di caduta sul complesso dello scorrimento (quindi il suo effetto sullo sforzo medio, come mostra Fig. 11), sia perché la corda restituisce gran parte dell'energia assorbita, sia perché l'energia di caduta aumenta con il procedere dello scorrimento.

Ci pare che basti per adesso; rimandiamo discorsi più raffinati - che nessuno ci vorrà pubblicare - ad altre circostanze.

# 3.3 La corda va tenuta guanto si può!!!

Questo è il discorso più serio che possiamo fare, e che d'altra parte abbiamo sempre fatto in ogni occasione. Il fatto che tanti pensino ancora che il MB "blocca troppo" e quindi bisogna aiutarlo a scorrere o sostituirlo con altro freno "perché questo scorre di più" ci rende pessimisti sull'accoglienza di questa nostra ultima fatica.

Imperterriti, insistiamo dicendo che, dati gli scorrimenti che si verificano anche con i migliori freni in caso di caduta libera - e ne sono prova i dati che riporteremo o i valori che si possono dedurre dalle formule su esposte tenendo conto delle resistenze possibili - bisogna tenere presente la possibilità del verificarsi di una caduta libera non assicurata da altro che dal freno, quindi preoccuparsi dello scorrimento che in tal caso sarebbe inevitabile!

L'arrampicatore dovrà dunque cercar di *tenere* al massimo, allontanando il più possibile la fase in cui la corda dovrà cominciare a scorrergli nella mano. Una buona precauzione è quella di **non tenere la mano vicina al freno!** 

In ogni caso lo sforzo massimo sull'ancoraggio non supererà mai i valori tipici qui indicati; da questo punto di vista si tenga presente che l'importanza del picco di tensione (valori attorno ai 400 kp) non va sopravvalutata: questi picchi durano pochi centesimi di secondo, e il loro effetto sull'ancoraggio non va confuso con quello della stessa forza applicata costantemente

Uno dei nostri programmi di lavoro comporta proprio lo studio di quale possa essere la differenza fra lo sforzo di estrazione di un chiodo, esercitato costantemente mediante un martinetto idraulico, e lo sforzo di picco che il chiodo può sostenere per piccole frazioni di secondo.

# 3.4 Non è vero che si può tenere senza guanti qualsiasi volo!

A questo discorso abbiamo riservato la dignità di punto a sé stante, ma solo per metterlo in evidenza.

Precisiamo soltanto che per esattezza avremmo dovuto dire "senza guanti o senza scarnificarsi le mani". Dopo

quanto si è detto, e tenendo conto dei dati sperimentali che mostreremo, dei valori degli sforzi e dei possibili scorrimenti, ci sembra che non sia il caso di insistere.

A buon intenditor poche parole!

### 3.5 Assicurazione ventrale

Abbiamo fatto, nel corso dei nostri lavori, varie prove di assicurazione "ventrale", quella, per intenderci, che oggi quasi esclusivamente si usa nelle palestre (si veda Fig. 8a). Dati gli sforzi in gioco (vedere per es. Fig. 20), si fa presto a convincersi che in certi casi l'assicuratore vola se non è bene ancorato; non parliamo poi della difficoltà di controllare la frenatura e delle difficoltà di eseguire manovre di corda dopo l'arresto del caduto, se questo è sospeso.

Abbiamo fatto una serie di prove con piccola caduta nel vuoto e un solo rinvio, alla Torre e in parete; il risultato è sempre stato quello che ci si poteva attendere (Fig. 8b).

Ma qui entreremmo in un discorso che la Commissione Scuole sta facendo da anni; siccome poi conosciamo la posizione degli arrampicatori sportivi, non ci illudiamo che in poche parole si possa trattare convenientemente una disputa che ci auguriamo possa avvenire in altra sede, magari alla Torre!

Il discorso è qui fatto come introduzione a quanto stiamo per dire sul confronto fra laboratorio e realtà.

Infatti le considerazioni teoriche e sperimentali, a cui tanto tempo abbiamo dedicato, sono proprio nate dal desiderio di poter essere convincenti nei confronti di tanti nostri amici che, abituati all'assicurazione ventrale, senza problemi in palestra, non riuscivano a credere ai propri occhi quando provavano a tenere un volo alla Torre.

Le loro frasi, come:

- "per forza, è una massa di acciaio!"
- "l'uomo è sospeso in modo diverso!"

e così via, ci hanno spinto a cercar di capire, noi per primi, quali sono le differenze fra Torre e realtà che portano alla conseguenza che alla Torre si è costretti a lasciar scorrere la corda mentre in parete di solito si tiene facilmente.

È stata una faticaccia, su cui diciamo qualche cosa nel punto seguente.

### 4. LABORATORIO E REALTÀ

Ai lavori fatti su questo argomento dedicheremo una pubblicazione a parte.

Qui però ci sembra necessario dire dei tentativi fatti e della conclusione a cui si è arrivati; altrimenti tutto quanto stiamo per esporre perderebbe significato.

Si sono analizzate sperimentalmente le seguenti possibilità - anche se alcune di esse apparivano già a priori non interessanti - tanta era la nostra stessa incredulità di fronte alla enorme differenza fra gli scorrimenti che quasi sempre si verificano nelle cadute in parete e quelli, molto più elevati, che sempre si verificano alla Torre:

### A Deformabiltà del corpo umano.

Si è valutato sperimentalmente il contributo della deformazione del corpo umano all'assorbimento di energia, che secondo il parere corrente porterebbe a sforzi molto diversi da quelli causati dalla massa di acciaio che si usa alla torre.

La valutazione è stata fatta conoscendo da un lato l'energia di caduta, dall'altro calcolando l'energia assorbita dalla corda sulla base dello sforzo misurato e delle caratteristiche della corda.

Per queste prove la torre non ci è bastata, perchè le differenze fra la forza di arresto di un uomo e di una uguale massa rigida sono così piccole che venivano "nascoste" dalle deformazioni della torre (i corpi che cadevano erano sostenuti da una grossa putrella sporgente a sbalzo). Sicchè abbiamo dovuto attrezzare uno strapiombo alla palestra di Rocca Pendice presso Teolo.

Qui abbiamo fatto due serie di prove, facendo cadere uomini e uguali masse di acciaio sia a corda frenata che a corda annodata. Questo secondo caso non ha interesse pratico per l'assicurazione, ma serve per mettere nella massima evidenza il ruolo della deformazione del corpo umano; il quale è invece trascurabile quando c'è un freno, perchè questo assorbe la maggior parte dell'energia.

#### Risultato:

- con assicurazione dinamica, la differenza fra lo sforzo generato da massa rigida e quello generato dal corpo umano non è rilevabile
- con corda annodata all'ancoraggio, c'è una differenza nello sforzo massimo generato nella corda fino a quando questa è corta, diciamo 2 metri: per questa lunghezza la differenza nello sforzo di arresto fra caso uomo e caso massa di acciaio è dell'ordine del 20% (in accordo con Rif.4); al di sopra di una lunghezza di grosso modo 4 metri l'effetto della deformazione del corpo umano diventa trascurabile.

Per dare un'idea della scarsa importanza della deformazione del corpo umano è utile notare che i dati sperimentali mettono in evidenza che l'energia di deformazione del corpo umano è dello stesso ordine di grandezza di quella assorbita dal nodo nello stringersi al momento dell'arresto, tanto che della differenza suddetta nello sforzo di arresto fra caso-uomo e caso-massa circa un terzo si può attribuire al diverso strozzamento del nodo nei due casi (con sforzo un po' maggiore il nodo si stringe un po' di più).

L'elaborazione dei dati sperimentali ha permesso di valutare con discreta approssimazione l'energia assorbita da un corpo umano di circa 70 kg: si tratta di 30 kgm (ca 300 Joule), e questo a corda annodata al punto di ancoraggio! Poichè l'energia di caduta di tale corpo per H metri vale 70 x H kgm, ci si rende conto della scarsa importanza relativa dell'energia assorbita dal corpo umano. Ragionando in altri termini, si pensi che 30 kgm sono l'energia di caduta di un corpo di 70 kg per circa 40 cm; sicchè si può grosso modo dire che sostituire un uomo ad una massa di acciaio equivale a ridurre di meno di mezzo metro l'altezza di caduta.

Prima di passare ad altro, ringraziamo i nostri stuntmen: Gianni Bavaresco, Flavio Busato, Carlo Ferrari, Gianrino Gottardo e Fabrizio Marangon.

## B Tenuta non baricentrica, effetto pendolo.

Con il termine di "tenuta non baricentrica" intendiamo riferirci al fatto che la linea di forza rappresentata dalla corda tesa non passa, al momento dell'impatto, per il baricentro del corpo umano che essa trattiene. Si pensava che le rotazioni o comunque i movimenti del corpo derivanti da questo fatto potessero avere un ruolo significativo nelle differenze torre/parete.

Qui non si è osato chiedere agli stuntmen di esibirsi, ma si sono fatti cadere corpi rigidi sospesi non baricentricamente: delusione totale.

Per controllo si sono fatti numerosi e dettagliati computer experiments, cioè si è programmata su computer la caduta di corpi con baricentro spostato rispetto alla linea di tiro della corda: si è visto che, a meno di non andare a casi ridicoli, l'energia assorbita da questi corpi per movimenti di tipo rotatorio può in alcuni casi essere rilevante ma si verifica dopo che la corda ha raggiunto il suo massimo allungamento; quindi l'influenza del tipo di sospensione sullo sforzo massimo è trascurabile. Questo per corda legata; ancor meno in caso di assicurazione dinamica, caso studiato anch'esso con computer experiments.

Analoghe conclusioni si raggiungono studiando la caduta lungo una linea spostata rispetto al punto di assicurazione: se non si tratta di un lungo pendolo vero e proprio, in cui la corda è già tesa poco dopo l'inizio della caduta, le differenze rispetto alla caduta "in asse" sono trascurabili.

### C Gli attriti

### Qui sta tutta la differenza.

Abbiamo provato l'effetto del passaggio della corda lungo una serie di moschettoni, variando il numero e l'entità delle angolazioni del percorso.

È chiaro che se si frappongono molti rinvii fra il freno e l'ultimo moschettone si ha un "moltiplicatore" della forza del freno, che può giungere ad essere così efficace da render possibile tenere una caduta con la sola mano, senza freno. A questo punto tutti i confronti fra i freni e tutte le raccomandazioni perdono importanza. Per dare un'idea, tre moschettoni, sui due primi dei quali la corda si avvolga per 90°, sull' ultimo per 180°, equivalgono all'attrito di un MB.

In parete bastano avvolgimenti inferiori a questo valore su pochi moschettoni per ottenere un effetto del genere. Questo è dovuto all'attrito sulla roccia, spesso non apparente, e alla sua *moltiplicazione* data dai moschettoni, soprattutto dall' ultimo .

Non insistiamo per ora. Ci dispiace aver fatto molta fatica per avere un risultato così banale; per lo meno sappiamo ora a che cosa porre attenzione, nel confrontare torre e parete alla ricerca dei limiti del significato delle nostre prove.

Crediamo utile citare un solo dato: la moltiplicazione dello sforzo dato dal freno nel caso di un solo rinvio è di un fattore pari a circa 1.7 - 2, e questo valore pare non dipenda molto dall'angolo di avvolgimento quando questo è elevato, cioè prossimo a 180 gradi.

La ridotta dipendenza (rispetto a quanto ci si aspetterebbe secondo le classiche formule dell'attrito) di questo valore dall'angolo di avvolgimento ci dice che non si tratta di un fenomeno di attrito classico, bensì anche di una deformazione della corda prima del passaggio sul moschettone; deformazione che dispiega i suoi effetti soltanto in caso di scorrimento veloce, perchè con scorrimento lento le fibre fanno in tempo a "scorrere al di là dell'ostacolo".

Insistiamo su questo valore perché è importante tener presente l'effetto dominante dell'**ultimo** moschettone della catena di assicurazione; il che vuole anche dire che la presenza di almeno **un** rinvio, poco dopo la partenza del tiro di corda, è elemento essenziale per la sicurezza, proprio nei tiri facili dove si prevede di non averne altri.

### 5. PROVE SUI FRENI

Citiamo qui brevemente due freni, anzi per meglio dire un freno e un bloccante, di cui non ci sentiamo di raccomandare l'uso:

- lo AUTOBRAKE (freno automatico) della SALEWA (Fig. 5)
- il bloccante GRIGRI della Petzl (Fig. 6)

### **AUTOBRAKE**

Ha l'ottima caratteristica di frenare senza intervento dell'operatore, criterio di fondamentale importanza (a cui si ispirò Bafile per ideare il suo Dissipatore); fornisce inoltre uno sforzo variabile fra 300 e 500 kp e rispetto agli altri freni più regolare nel tempo, cioè con l'assenza dei picchi che si verificano nel MB e nell' OTTO soprattutto a causa dell'inerzia del braccio dell'operatore (che si fa sentire nella fase iniziale).

Però, a parte i dubbi sull'importanza di questi picchi espressi al punto 3.3, dob-

biamo citare una certa difficoltà nel lasciar scorrere la corda, cosa molto fastidiosa in arrampicata.

Per quanto poi riguarda lo sforzo, se per un verso è positivo che la costanza del suo elevato valore riduca di molto, anche fino a un fattore 10, lo scorrimento rispetto agli altri due freni qui considerati, va però detto che il danneggiamento della corda è ben più notevole: la corda da noi usata più frequentemente alla torre si scamiciava ad ogni caduta, mentre poteva tenere molte volte lo stesso volo, nella stessa posizione, senza danni sostanziali con gli altri freni.Per correttezza va ricordato quanto abbiamo detto sulla scarsa frequenza, in parete, di voli senza attriti come si hanno alla Torre; di conseguenza i suddetti danni alla corda si verificherebbero in casi ben rari. Resta dunque come discorso principale quello sulla poca praticità dell'aggeggio.

### **GRIGRI**

Qui il discorso è molto più chiaro: l'aggeggio funziona benissimo, ma come bloccante. Si intende con questo che, quando la corda tende a scorrere velocemente, il sistema la blocca.

Noi l'abbiamo usato alla Torre fissandolo al punto rigido di assicurazione, come gli altri freni. Il risultato è che la corda è come se fosse annodata al punto di assicurazione; si ha dunque per lo sforzo la tipica forma a campana dell'apparecchio Dodero, con un picco, tipico di una corda UIAA, dell'ordine dei 1000 kp.

Con questo non si intende fare alcuna critica alla concezione *meccanica* dell'attrezzo, che funziona perfettamente; è il principio di assicurazione che esso propone a non trovarci d'accordo.

Il GRIGRI può essere ragionevolmente usato, per evitare guai peggiori, se chi assicura non è affidabile, per esempio un principiante che non conosce la tecnica dell' uso dei freni. Va usato, come le istruzioni consigliano, con assicurazione ventrale; potrebbe funzionare scorrettamente se fosse ancorato alla roccia.

Per ovvie ragioni, su cui non ci pare il caso di insistere, non possiamo accettare in linea generale il metodo secondo cui chi assicura funge da semplice contrappeso per chi cade, con le immaginabili conseguenze nel caso che non ci siano i famosi attriti che tutto cancellano.

Ma qui passiamo il discorso alle Scuole.

# 6. CONFRONTO SPERIMENTALE MB-OTTO

# 6.1 I limiti di questa indagine

Si è già detto che nei nostri grafici riportiamo soltanto i valori di picco degli sforzi, sia quelli generati dalla mano che quelli prodotti dal freno. Una nuova strumentazione ci consentirà fra breve di registrare su computer e quindi elaborare i grafici, utilizzando più spesso gli sforzi medi, più significativi dei valori massimi per quanto riguarda per esempio il fattore di moltiplicazione dello sforzo dato dal freno; sappiamo però che questo non porterà a novità sostanziali, ma solo a raffinamenti.

Altro limite: riportiamo qui solo prove fatte senza rinvio, cioè con la massa trattenuta direttamente dal freno. Questo per motivi di semplicità e di maggiore ripetibilità

In queste condizioni il MB era, nel nostro linguaggio, parzialmente "chiuso", intendendo con questa espressione la situazione in cui la corda in entrata è parallela a quella in uscita. Il MB "chiuso" offre una resistenza maggiore che nella posizione "aperta", che si ha in presenza di un rinvio posto più in alto.

Si ha inoltre, in presenza di un rinvio, una riduzione del valore di picco della forza frenante dovuta alla minore "strizione" della corda nel freno, a causa dell' attenuazione dello strappo iniziale.

Sono dunque due i motivi per cui la resistenza offerta dal MB si riduce in presenza di un rinvio; sicché, mentre con valori di picco di 400 kp (tipici del MB "chiuso" senza rinvio) ci si potrebbe aspettare uno sforzo complessivo al rinvio dell' ordine di 1200 kp (400+ 400 x 2), si verificano in realtà sforzi dell'ordine di 800 kp. Nei casi qui riportati il MB non era completamente "chiuso", perchè la corda entrava in esso quasi orizzontalmente, cioè aveva un "angolo di entrata" di quasi 90°. Questo porta ad un abbassamento della resistenza rispetto al caso di "chiusura" completa.

Dunque le resistenze offerta dal MB nei casi qui riportati sono una via di mezzo fra le massime e le minime realizzabili; ci sembra però che si tratti di valori significativi, soprattutto se si pensa che il suddetto angolo di entrata (MB semi-aperto) è tipico della maggior parte dei casi reali. Un altro limite è l'aver usato solo tre tipi di corda, e questi neppure in modo sistematico, cioè sempre contestualmente ripetendo la stessa prova con i vari tipi di corda; il lettore abbia comprensione per gente che, non lavorando professionalmente su queste cose e avendo limitato tempo a disposizione, deve adattarsi a certi compromessi. Usare un tipo diverso di corda, cioè corda con diversa flessibilità e diversa scorrevolezza della camicia, può portare a risultati notevolmente diversi in termini di sforzi o scorrimenti, come si vedrà al punto 6.3; il confronto fra freni che qui presentiamo resta però qualitativamente valido.

Importanza ancora minore ha l'uso di un certo tipo di OTTO, oppure di moschettone per il MB; differenze legate a queste scelte sono così poco significative da essere del tutto mascherate da altre variabili - per esempio l'angolazione della corda in entrata nel freno - anch'esse già qui di solito trascurate per i motivi detti in 6.4.

NOTA - Ricordiamo che tutte le prove del MB sono state fatte con un moschettone di tipo appropriato, cioè il moschettone "a pera" detto HMS (citato nella nota al punto 2).

### 6.2 Mano e falsa-mano

Per ottenere un confronto fra freni che fosse il più possibile indipendente dall'operatore si è studiata una falsa-mano, cioè un aggeggio meccanico la cui resistenza si potesse tarare e fosse poco variabile durante il frenamento, a differenza di quanto accade per lo sforzo della mano.

Dopo numerosi tentativi, l'ingegnosità di Franco Malnati e Dario Segato ha prodotto un oggetto semplicissimo ed efficace (Fig. 7).

Lo abbiamo usato in tantissime prove, ma qui lo citiamo solo di passaggio, perché come si è detto molte considerazioni più dettagliate hanno dovuto essere rimandate ad altri rapporti.

La resistenza tipica f della falsa-mano, e la forza F generata dal freno che ne risulta, sono riportate in Fig.12; si vede che in questi casi le forme dei grafici degli sforzi nella mano e nel freno sono simili, molto più che nei casi di tenuta con mano vera, di cui si dice al punto seguente; sicché si può più propriamente parlare di un "rapporto di moltiplicazione".

Per questo ed altri motivi la falsa-mano ci è stata assai utile nel corso del nostro lavoro, e prevediamo lo sarà in futuro.

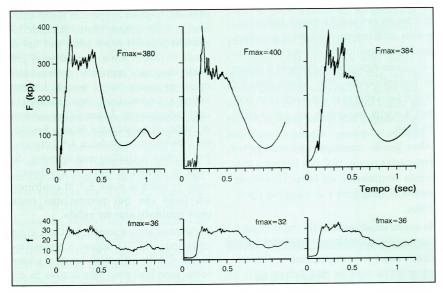


Fig. 12 (a): Sforzo frenante F prodotto dal freno MB, in corrispondenza alla resistenza f prodotta dalla falsa-mano: tre prove successive con la stessa taratura della falsa-mano

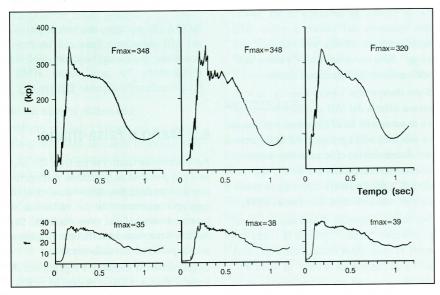


Fig. 12 (b): Come in Fig. 12-a, questa volta con freno OTTO.

# 6.3 Forme tipiche di grafici degli sforzi

Nelle Fig. 13-17 riportiamo a titolo di esempio alcuni casi tipici; in questa occasione la trattenuta era senza rinvio, con angolo di entrata della corda nel freno pari a circa 90°. Ripetiamo che relativamente al caso di freno completamente "chiuso", cioè con parallelismo fra corda in entrata e in uscita, questo porta nel caso del MB a sforzi relativamente bassi, e corrispondentemente a scorrimenti elevati.

Tutto è stato fatto con lo stesso operatore, mano (una) guantata. L'altezza di caduta libera non è qui citata, perché poco significativa.

L'andamento nel tempo degli sforzi prodotti dalla mano e dal freno era misurato da celle dinamometriche e riportato su registratore. Il valore di picco era anche memorizzato dagli amplificatori. Lo sforzo nella mano si misurava legando il braccio, all'altezza del gomito, ad una cella molto leggera tenuta sospesa in modo da evitare picchi di tensione dovuti a bruschi movimenti della cella.

Il lavorare a braccio bloccato altera un po' la forma dello sforzo prodotto dalla mano, che a braccio libero genererebbe un picco iniziale dovuto all'inerzia del braccio; la riduzione di questo picco porta ad un ulteriore aumento dello scorrimento. Misure più accurate erano state fatte in altre occasioni facendo passare la corda, fra mano e freno, attraverso una puleggia di rinvio, come indicato in Fig. 1; a quei risultati non si è fatto qui ricorso perché non si trattava di una serie omogenea. Nulla di sostanziale sarebbe comunque cambiato nel nostro discorso.

# 6.4 Dipendenza dello sforzo da vari fattori

Anzitutto riportiamo, in Fig.13, il valore di picco F dello sforzo generato in una serie di prove con due tipi di corda da MB e OTTO, in funzione della resistenza (anche qui valore di picco) della mano f. In Fig. 14, sempre in funzione di f, è riportato il "rapporto di moltiplicazione" del freno F/f.

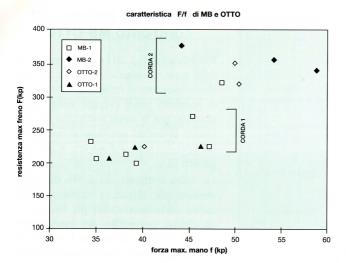


Fig. 13: Valore di picco della resistenza F prodotta dal freno in funzione del valore di picco della resistenza f prodotta dalla mano. Due tipi di freno, due tipi di corda, operatore unico.

### 

45

forza max. mano (kp)

50

55

fattore di moltiplicazione di MB e OTTO

Fig. 14: Fattore di moltiplicazione F/f da Fig. 13

35

30

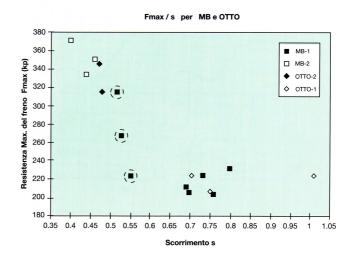


Fig. 15: Valore di picco della resistenza prodotta dal freno, in funzione dello scorrimento, da Fig. 13. Utile il confronto con Fig. 11 e Fig. 20. Si noti che i punti ricadono abbastanza bene su una unica "curva", indipendentemente dal tipo di freno. Si ricordi che qui sono riportati gli sforzi di picco, non i valori medi come in Fig. 11. Il circolo tratteggiato evidenzia casi anomali, che spesso si verificano.

In Fig.15 la resistenza F del freno è riportata in funzione dello scorrimento s, già altrove definito.

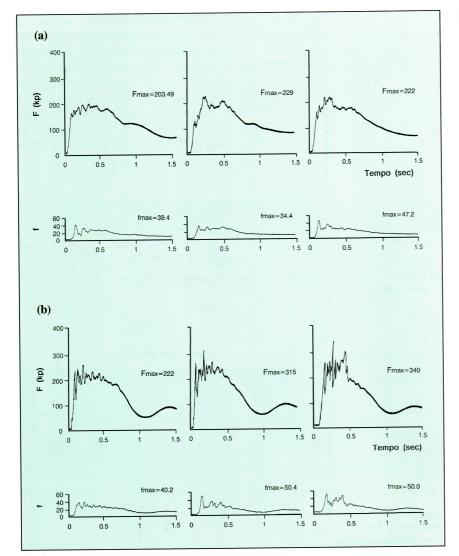
La Fig. 13 ci dice che fra MB e OTTO non ci sono grosse differenze di sforzo di picco, molto più notevole è l'influenza del tipo di corda.

La Fig. 15 conferma che anche per gli sforzi medi, cioè per gli scorrimenti, l'influenza del tipo di corda è più importante di quella del tipo di freno.

Nelle Fig. 16 e 17 si possono confrontare per tre casi i grafici della forza generata dal freno e dalla mano, *con lo stesso ope-* ratore, per due tipi di corda e di freno; si vede che la forma del grafico e i valori degli sforzi sono influenzati anche in questo caso più dal tipo di corda che dal tipo di freno.

NOTA - Le tre prove con un dato tipo di corda riportate in Fig. 16 e 17 sono state ripetute senza cambiare la corda, per mostrare che l'usura superficiale della camicia, anche con notevoli scorrimenti, ha poca influenza sui risultati. Notevolissima influenza ha anche la mano dell'operatore, della cui resistenza il freno è un moltiplicatore. Poca influenza ha invece l'altezza di caduta libera H (si ricordi 3.1).

L'effetto di questi due parametri è mostrato, per il solo MB, in Fig.18 e Fig. 19. La Fig. 18 mostra chiaramente l'importanza dell'operatore (e quindi, in montagna, della presenza di spirito di chi assicura!). La Fig. 19 mostra invece che l'effetto dell'altezza di caduta libera è poco chiaramente definibile, dipende dall'operatore ed ha spesso segno opposto per operatori diversi.



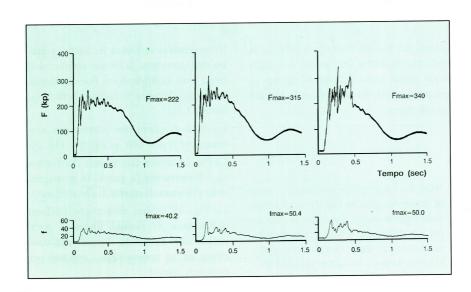
## 6.5 Visione di insieme del confronto MB-OTTO

Riportiamo in Fig. 20 i risultati per alcuni delle tante - centinaia - di prove che abbiamo eseguito; il criterio è stato quello di scegliere prove eseguite nella stessa giornata, con la stessa corda, con diverse altezze di caduta per ciascun operatore. Gli operatori sono indicati con le loro iniziali B, C, G.

La figura conferma che il MB dà sforzi massimi più elevati, e corrispondentemente anche scorrimenti più bassi. C'è un campo intermedio dei valori dello scorrimento in cui ambedue i freni si ritrovano: questo è una ulteriore riprova dell' importanza della forza (e grandezza) della mano dell'operatore.

Ricordiamo quanto già detto nella nota in 6.1: il MB era semi-aperto, quindi gli sforzi sono un po' più bassi di quelli che si sarebbero avuti con MB completamente "chiuso".

**Fig. 16:** Freno MB - Esempi tipici di resistenza prodotta dal freno e dalla mano (operatore unico). (a) corda 1, (b) corda 2.



**Fig. 17:** Freno OTTO - L'analogo di Fig. 16 Solo corda 2.

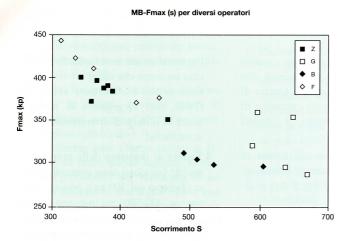
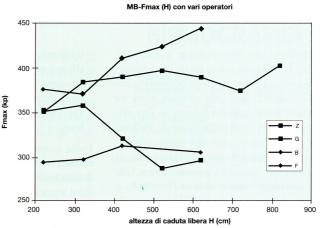
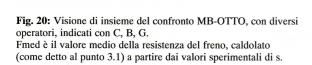
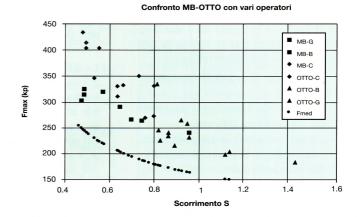


Fig. 18: Valore di picco dello sforzo frenante in funzione dello scorrimento, con vari operatori, indicati con Z, G, B, F. Freno MB.



**Fig. 19:** Valore di picco dello sforzo frenante in funzione dell' altezza di caduta libera - Stesse prove di Fig. 18. Freno MB.





### 7. CONCLUSIONI

Anzitutto una osservazione: questo articolo è, nella sua prima parte, un richiamo di cose già dette ma poco conosciute dagli alpinisti. Nella sua seconda parte va inteso come rapporto tecnico su una prima fase dei lavori alla Torre di Padova. Va anche visto come una messa a punto di alcune tecniche di misura e di alcuni risultati di base, che possono essere utilizzati dagli "addetti ai lavori", in Italia o nell' ambito della UIAA, per approfondire la conoscenza dell' assicurazione dinamica (a proposito: chi volesse cimentarsi in prove di questo genere farà bene a chiederci consigli sul come misurare lo "scorrimento").

Date queste premesse, si spera ci venga perdonato un certo squilibrio, per esempio il diffonderci con dovizia di grafici e di dettagli sul confronto fra i due freni MB e OTTO, mentre si sorvola su altri aspetti pratici dell'assicurazione.

Ci sembra opportuno fare alcune osservazioni:

- E' un rapporto tecnico e non un *trattato* sull'assicurazione dinamica.
- L'articolo è, nelle sue due parti, rivolto a due categorie di lettori, gli esperti e i distratti o principianti.
- Alcune affermazioni (come, per esempio, "tenere al massimo!"), pur uscendo riconfermate dalle nostre prove, non sono una novità per i più informati. Si è voluto ripeterle a beneficio dei lettori meno esperti, e dei più giovani.
- Le difficoltà che abbiamo dovuto affrontare sono state superiori a quelle che un lettore un po' distratto può intravedere; non potendoci dilungare, su alcuni punti ci siamo limitati a riportare un risultato.

Ci riserviamo di continuare il nostro lavoro e approfondire alcuni argomenti specifici, per essere più convincenti; per esempio, non è stato mostrato compiutamente l'effetto che la presenza di un rinvio ha sulla resistenza generata dal freno.

Altro esempio è il confronto parete-torre: abbiamo detto quanto sia ridicolmente bassa la probabilità di riuscire a riprodurre in parete i casi che alla torre sono la regola. Il lettore non immagina il tempo che abbiamo dedicato a queste riflessioni e le prove sperimentali che abbiamo fatto, o più spesso tentato di fare! Però stiamo ancora cercando di approfondire l'argomento, e magari farci un film.

Detto questo, ci sentiamo in dovere di riassumere le considerazioni essenziali, cercando di riequilibrare i pesi dati ai diversi argomenti.

- 1 Esistono "voli" che non si tengono a mano nuda. Gli scorrimenti da noi misurati non richiedono commenti. Non per questo raccomandiamo di usare i guanti in parete: si tratta di casi così rari in pratica che una corretta valutazione del rischio porta ad accettarli, nel quadro complessivo del rischio dell'alpinismo. Però è bene sapere che i casi estremi si possono verificare e quali problemi presentano.
- 2 Le differenze fra torre e parete sono dovute essenzialmente a fenomeni di attrito, e soltanto in maniera trascurabile alla deformabilità del corpo umano o ad altre cause.

Gli attriti al passaggio sui moschettoni, e soprattutto sulla roccia, amplificati dalla moltiplicazione dovuta soprattutto al passaggio sull'**ultimo** moschettone di rinvio, giustificano il fatto che in parete si "tiene" di solito tanto più facilmente che alla torre.

Questo non toglie che il "caso torre" possa verificarsi. Invitiamo i lettori a organizzare in parete un "volo" veramente verticale e libero, trattenuto solo dal freno. Stiano attenti però che il classico copertone non pendoli finendo a sbattere contro la roccia!

Non ci stupiremmo che trovassero la cosa più difficile del previsto; in tal caso, prima di perdersi d'animo vengano a trovarci a Padova!

3 La moltiplicazione della tensione nella corda dovuta all'ultimo rinvio è molto elevata. Il fattore da noi misurato, circa 2, pare meno dipendente dall'angolo di avvolgimento della corda sul moschettone di quanto si deduce teoricamente. Stiamo verificando.

Comunque, è enorme la differenza (basta toccare con mano - nuda!) fra

l'avere o no un rinvio quando si assicura un corpo che cade!

Ecco perchè è importante **avere UN** rinvio, non vergognarsi di metterlo anche se il tratto di arrampicata si presenta facile!

4 Tenere al massimo delle proprie capacità! Gli sforzi sono comunque bassi (diciamo sui 300 kp), possono arrivare a 400-500 ma per una durata dell'ordine del centesimo di secondo. Questo picco non ci sembra in grado di provocare rottura o estrazione del chiodo, nella maggioranza dei casi. Su questo punto, come si è detto, stiamo lavorando.

Si tenga inoltre presente che, come è vero che i "casi torre" sono estremamente rari in parete, è fortunatamente vero per gli stessi motivi il reciproco: lo strappo arriva di solito al freno smorzato dagli attriti, salvo rarissimi casi e questo solo se non c'è rinvio. Ciò consente un minor picco nella forza generata dal freno.

Il chiodo di rinvio, che è sempre il più sollecitato, potrà saltare perché come è noto deve sostenere la somma delle tensioni dei due rami di corda che ad esso fanno capo (ricordare 6.1), ma questo intanto assorbe energia, riduce ulteriormente il picco di tensione etc...

### 5 Influenza dell'altezza di caduta

L'altezza di caduta non ha influenza sulla sforzo massimo generato dal freno e quindi su quello sopportato dal punto di ancoraggio e dai rinvii; questo perchè ogni tipo di freno ha in determinate condizioni (posizione, tipo di corda, mano di chi assicura) un determinato sforzo di scorrimento, oltre al quale il carico non cresce. Non bisogna però pensare che l'altezza di caduta non abbia importanza, perchè con essa crescono la durata e la lunghezza della corsa della corda nella mano di chi assicura (il rapporto di questa all'altezza di caduta invece non varia), ed anche l'energia da dissipare in calore, nel freno ma purtroppo anche nella mano dell'operatore!

#### 6 Assicurazione ventrale.

Le energie in gioco e gli sforzi possibili la sconsigliano, perché chi assicura potrebbe essere sbilanciato o partire in volo (Fig. 8).

Se poi si fosse in montagna, lavorare dopo la caduta, dovendo tenere il compagno sospeso, potrebbe essere un grosso problema.

Continuino pure i frequentatori di falesie ad usare questo sistema; la piccola probabilità del verificarsi di un volo difficile da tenere può essere una valida giustificazione per una pratica che presenti reali vantaggi di comodità.

Ma si tratta veramente di comodità oppure soltanto di imitazione da parte di chi, sulle orme degli anglofoni, ritiene che fare da contrappeso a chi cade col proprio corpo sia un contributo intelligente all'assicurazione?

Stiamo organizzando un film, che speriamo sia divertente e convincente.

#### 7 GRIGRI

E' la sublimazione del concetto, or ora espresso, del contrappeso. Concetto che si potrebbe chiamare "del sacco di patate", perché non diverso ruolo ha in tal caso il secondo di cordata.

### 8 AUTOBRAKE Salewa.

Che noia, che faticaccia far scorrere la corda!

### 9 Placchetta Sticht e simili

Lasciano correre troppo la corda e, se non manovrate con attenzione, possono porsi in posizione tale da ridurre ulteriormente l'azione frenante.

Un nuovo prodotto elimina o riduce quest'ultimo rischio, ma per il momento porta a scorrimenti ancora più alti della Sticht classica. Miglioramenti sono possibili. Non vogliamo qui dire troppo, anticipando prove in corso su questo e simili attrezzi.

### 10 Mezzo-OTTO

Con questo nomignolo ci riferiamo al malvezzo di chi, usando l'OTTO, per risparmiare fatica e tempo lo inserisce nel moschettone prima di averci introdotto la corda; in questo modo la corda non avvolge completamente l'attrezzo (Fig. 4 b).

Anche questo freno lascia correre troppo la corda. Auguri per gli ottimisti frettolosi.

### 11 MB - OTTO

Vanno bene ambedue nella maggioranza delle evenienze; però, essendo il confronto difficile da realizzare, il diffuso favore per l'OTTO ci sembra affetto da eccessiva leggerezza.

Consideriamo due casi in un certo senso estremi:

A - Caso assai raro: volo che già con il MB richiede grandi scorrimenti, diciamo superiori a 50 cm.

Non pensate che qui, a mano nuda, far scorrere grosso modo altrettanta corda in più con l'OTTO possa essere un problema?

**B** - Caso assai frequente: volo per cui appena si riesce, col MB, a frenare la caduta usando il movimento di tutto il braccio senza lasciar scorrere la corda nella mano (se si ha avuto l'accortezza di tener la mano lontana dal freno!).

Questo può non riuscire con l'OTTO. Si tenga anche presente che, a differenza dei casi di laboratorio, in parete chi assicura è spesso colto di sorpresa. E si ricordi che il colpo viene "sentito" dal braccio molto più con l'OTTO che con il MB.

Non sottovalutatene l'importanza.

# 8. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### (1) Dietrich Hasse

Seilsicherung in Umbruch - Alpinismus, Giugno 1967, pagg. 22-23

### (2) Carlo Zanantoni

È pericoloso arrampicare... Riv. Mens. CAI, Settembre 1968, pagg 413-424

#### (3) Carlo Zanantoni

Resistenza delle corde e assicurazione dinamica - Riv. Mens. CAI, Agosto 1970, pagg. 370-378

### (4) Francesco Salvatori

Resistenza dei materiali speleo-alpinistici. Pubblicazione a cura della Sezione Speleologica del CNSA e del Centro Nazionale di Speleologia M. Cucco, 1989

Ringraziamo per la loro collaborazione il Prof. Lorenzo Conti e i Tecnici Francesco Levorato e Renzo Segafreddo dell'Università di Padova, la Scuola di Alpinismo Franco Piovan e in particolare gli amici Gianni e Sandro Bavaresco, Giuseppe Grazian, Fabrizio Marangon e Giancarlo Zella; un ringraziamento anche ai colleghi Pierangelo Bellotti e Gigi Signoretti per la collaborazione e gli utili suggerimenti.

Per le prove effettuate a Varese, a cui si fa cenno nell'introduzione, ringraziamo la Scuola di Alpinismo di Varese, in particolare Luciano Valentini e Franco Facchinetti che ci ha messo a disposizione un capannone della sua fabbrica.

Copie di questa pubblicazione sono disponibili, fino ad esaurimento, presso la Sede Centrale del



### **CLUB ALPINO ITALIANO**

Via Fonseca Pimentel, 7 - 20127 Milano