CLUB ALPINO ITALIANO
SEZIONE DI SEREGNO

SCUOLA DI ALPINISMO
RENZO CABIATI

CATENA DI ASSICURAZIONE

APRILE 2010

LA CATENA DI ASSICURAZIONE: LA NORMATIVA EUROPEA E I COMPONENTI

LE NOZIONI DI BASE

La commissione materiali e tecniche del C.A.I.

La Commissione Centrale Materiali e Tecniche (CCMT) si occupa dei problemi di sicurezza connessi all'attività alpinistica e all'arrampicata; la sua attività è complementare a quella della Commissione Scuole di Alpinismo, cui fornisce informazioni su particolari aspetti tecnici della sicurezza nella progressione in montagna o in falesia.
La Commissione è composta di un ristretto numero di persone, scelte su proposta dei Convegni Regionali del CAI; questo allo scopo di consentire che, nei limiti del possibile, sia rispettata una rappresentatività regionale. Esistono due Commissioni Regionali, la Veneto-Friulano-Giuliana (CIMT VFG), che va citata per il grande contributo dato alla nostra attività, e la Lombarda (CLMT). La Commissione si avvale inoltre del supporto di consulenti esterni e, per le prove sul campo, della collaborazione di tanti alpinisti, in particolare di Istruttori; un valido sostegno è di frequente fornito dalla Scuola Alpina Guardia di Finanza. L'attività sperimentale si svolge per la massima parte a Padova. I test sui materiali sono effettuati presso il laboratorio per le Prove sui Materiali del Dipartimento di Costruzione e Trasporti dell'Università. Le prove che coinvolgono cadute di masse o di persone si effettuano alla Torre, eretta in prossimità del Palasport di S.Lazzaro.
La Commissione nasce a metà degli anni '60. Scopo della Commissione è lo studio, pratico e teorico, dei problemi legati alla sicurezza nella progressione in montagna e in parete, nonché delle caratteristiche di resistenza (e più in generale delle prestazioni) delle attrezzature alpinistiche. Questa attività è stata svolta, fin dagli inizi, in stretta collaborazione con la analoga Commissione della UIAA (Unione Internazionale Associazioni Alpinistiche): la Commission de Sécurité. Buona parte di questa collaborazione riguarda la definizione delle Norme che regolano l'assegnazione, ai prodotti nel campo della attrezzatura alpinistica, del Marchio di qualità, ormai più conosciuto con il suo nome inglese/francese LABEL UIAA, nonché al controllo della corretta utilizzazione del Label da parte dei fabbricanti. Non va però dimenticato che la Commissione Sicurezza della UIAA si occupa anche di tutti gli altri problemi tipici della nostra Commissione, ne siano esempio l'adozione del nostro "*mezzo barcaiolo*" (Italian Hitch) come "*nodo UIAA*" e più in generale l'attenzione ai problemi di assicurazione dinamica.

Introduzione

I materiali e le tecniche che vengono utilizzate durante una ascensione hanno il duplice scopo di permetterne la progressione e di garantirne la sicurezza. In questa trattazione ci concentreremo sugli aspetti legati alla sicurezza.
Garantire la sicurezza significa prima di tutto indagare sulle possibili cause che potrebbero pregiudicare questa, indi cercare, se possibile di prevenirle o di allontanarle dalla nostra persona. Quando questo non fosse possibile è comunque necessario cautelarsi in modo opportuno per minimizzare i possibili danni, ovvero proteggersi.
Già in precedenza la Commissione Materiali e Tecniche del CAI aveva affrontato il problema della sicurezza nella pratica dell'alpinismo e della divulgazione dei concetti correlati. Ne era nata l'ottimo manuale didattico "La Catena di Assicurazione" nelle due edizioni del 1995 e 1997. Il presente lavoro parte da quel testo, prendendo spunto sia dalle basi tecnico scientifiche che dall'approccio con finalità didattiche, e le sviluppa utilizzando le nuove ricerche effettuate in questi anni dalle Commissioni Tecniche del CAI.
Il modo di procedere in montagna dipende sostanzialmente dal tipo di terreno su cui avviene la progressione. Molto schematicamente possiamo considerare due tipologie principali di progressione:

quella verticale tipica dell'alpinismo, dell'arrampicata in generale e delle ascensioni tecnicamente impegnative, e quella orizzontale, tipica dell'escursionismo, dello scialpinismo ma anche dell'alpinismo (ad esempio durante l'attraversamento dei ghiacciai). Tralasciando in questa trattazione i pericoli oggettivi dovuti all'ambiente esterno (valanghe, temporali…), la principale causa di pericolo intrinseco in entrambi i casi è la caduta. Ci concentreremo sulla progressione verticale, in quanto più complessa ma codificabile e comunque più gravosa dal punto di vista delle sollecitazioni in atto. Un modo di analisi simile può essere comunque applicata anche ad una caduta su terreno orizzontale, quale ad esempio un crepaccio anche se in questo caso le condizioni ambientali e l'esperienza degli alpinisti avranno un ruolo paragonabile a quello dei dispositivi della catena di assicurazione messi in atto.
Sostanzialmente possiamo associare la progressione verticale all'arrampicare, nel senso più ampio del termine.
L'arrampicare necessita di un insieme di materiali e tecniche non solo al fine della progressione vera e propria (il salire) ma anche e, a volte soprattutto, per l'assicurazione (la sicurezza). Si pensi all'arrampicata sportiva dove la progressione avviene solo e unicamente grazie alle capacità motorie individuali. In questo caso i materiali utilizzati (corda, rinvii, moschettoni, sistemi di assicurazione) hanno il solo scopo di garantire la sicurezza di chi arrampica in caso di caduta, Figura 1.

Figura 1

Prima di entrare nel merito della materia rivediamo brevemente la principale tecnica di progressione su terreno difficile: la progressione a tiri della cordata.

La progressione a tiri della cordata

La progressione a tiri della cordata avviene da un vincolo fisso alla parete denominato sosta. Questo vincolo deve garantire l'incolumità della intera cordata in qualsiasi situazione, anche nel caso che le altre protezioni, che vengono disposte successivamente, non resistano alle sollecitazioni contingenti. La sosta è formata da più ancoraggi uniti tra di loro in modo opportuno. In Figura 2 viene illustrata una sosta alla base di una parete e il sistema di progressione. La progressione della cordata avviene a tiri, ovvero un componente, il primo di cordata, sale posizionando delle protezioni intermedie che permettono di limitare l'entità del volo e le sollecitazioni in caso di caduta del medesimo.
Il secondo di cordata, vincolato alla sosta, assicura il primo di cordata e sale successivamente quando il primo si è nuovamente vincolato ad un'altra sosta e lo assicura dall'alto.

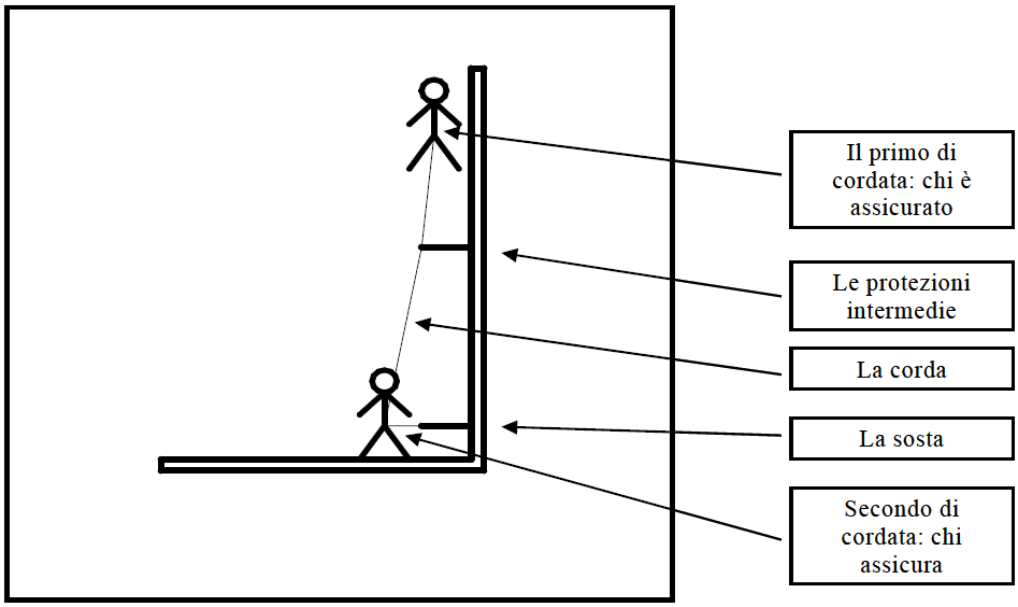

Figura 2

La principale causa di pericolo durante l'attività alpinistica è quindi la caduta Fig.2. La Catena di Assicurazione CA è l'insieme degli elementi (materiali e tecniche) che permettono, in caso di caduta, di limitare i danni agli alpinisti (sia a colui che cade, sia a chi, in sosta, sta assicurando.. particolare spesso sottovalutato). I materiali che la compongono sono: corda, imbracatura, casco, moschettoni, cordini, fettucce, chiodi, dadi, friend… Una non corretta applicazione della CA può comportare conseguenze anche molto gravi alla cordata.

Da queste breve introduzione si capisce subito come la materia, all'apparenza teorica, abbia profondi risvolti pratici. Una corretta e critica conoscenza delle nozioni fondamentali della CA può quindi comportare notevoli ed indubbi vantaggi di natura pratica durante la progressione, nonché essere d'aiuto nel momento della scelta e dell'acquisto dell'attrezzatura.

?

Quale è la funzione dei materiali nell'attività dell'arrampicata ?
Quale è la principale causa di pericolo nell'attività dell'arrampicata ?

La direttiva 89/686/CEE

Per quanto riguarda tutto il materiale tecnico (corda, casco imbracatura, moschettoni, cordini…) esso risponde pienamente alla direttiva europea 89/686/CEE riguardante il PPE (Personal Protection Equipment), in italiano DPI (Dispositivi di Protezione Individuale). La direttiva disciplina gli equipaggiamenti destinati ad essere indossati o tenuti da una persona affinché essa sia protetta contro uno o più rischi che potrebbero metterne in pericolo la salute o la sicurezza. La direttiva europea è obbligatoria, nel senso che gli stati membri della Comunità europea adottano e pubblicano, entro una data prestabilita, le disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative necessarie per conformarsi alla presente. Nel caso della direttiva 89/686/CEE il riferimento legislativo italiano è il seguente: **Decreto Legislativo del Governo n. 475 del 4 dicembre 1992** - *Attuazione della direttiva 89/686/CEE del Consiglio del 21 dicembre 1989, in materia di ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative ai dispositivi di protezione individuale.* - (pubblicato sulla S.O.G.U. n. 289 del 9 dicembre 1992). Attualmente la direttiva 89/686/CEE ha avuto alcune modifiche contenute nelle

direttive 93/68/CEE, 93/95/CEE e 96/58/CEE. Esse sono state attuate in Italia attraverso il **Decreto Legislativo 2 gennaio 1997, n. 10** - *Attuazione delle direttive 93/68/CEE, 93/95/CEE e 96/58/CE relative ai dispositivi di protezione individuale* - (pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* n. 24 del 30 gennaio 1997).
Gli organismi europei di normazione inoltre stabiliscono norme europee armonizzate in base ai requisiti essenziali richiesti dalla direttiva (generalmente le stesse direttive consigliano che si stabiliscano norme armonizzate a livello europeo). Tali norme, in realtà, non rivestono carattere obbligatorio, ma tutti i DPI fabbricati in conformità delle norme armonizzate sono presunti conformi ai requisiti essenziali della direttiva. In altre parole rispettare le norme EN (Norme Europee), approvate dal CEN (Comitato Europeo di Normazione), significa garantirsi, attraverso una procedura di valutazione, la conformità CE. Le norme infatti, come lo stesso loro sottotitolo evidenzia, contengono i requisiti di sicurezza e le prove per comprovare che questi siano rispettati. I membri del CEN sono gli organismi nazionali di normazione; in Italia l'UNI (Ente Nazionale Italiano di Unificazione) che cura anche la traduzione in italiano.
La direttiva 89/686/CEE è entrata in pieno vigore il 30 giugno 1995 (dal 1992 al 31 Dicembre 1994 vi è stato un periodo di transitorio in cui venivano tollerate le precedenti normative). Da questa data in avanti non è più legale produrre e mettere in commercio in Europa materiale che non disponga del marchio di conformità CE, Figura 3 (ogni DPI deve essere munito di questo marchio). La diretta applicazione pratica di questa direttiva è che tutto il materiale tecnico per alpinismo attualmente in commercio è sottoposto a studi e controlli circa la sua conformità alle esigenze richieste. Tutto il materiale in commercio è stato quindi studiato e testato per resistere nella peggiore delle condizioni possibili che si possono realizzare nella pratica dell'alpinismo, preservando l'incolumità di chi lo usa. E' quindi conforme alle esigenze, a condizione che venga usato correttamente ovvero applicando scrupolosamente ciò che viene descritto nel libretto delle istruzioni (particolare spesso sottovalutato). Il manuale di istruzioni è imposto dalla direttiva e fornisce informazioni riguardanti l'uso in condizioni di sicurezza.

Figura 3

Generalmente sono riportate anche le più comuni condizioni di pericolo che si possono ingenerare con l'uso, e la corretta manutenzione.
In realtà, dal punto di vista della direttiva, sarebbe possibile produrre del materiale non "a norma" a condizione che il fabbricante, all'atto della procedura di dichiarazione di conformità, dimostri il rispetto dei requisiti essenziali della direttiva stessa (procedura però gravosa). In pratica quello che accade è che tutti i fabbricanti si limitano a seguire scrupolosamente le norme esistenti (ove presenti).
In altri campi, dove gli investimenti sono maggiori, si assiste invece al processo inverso. Le aziende producono materiali ed impianti molto innovativi con una conseguente analisi dei rischi sostitutiva delle norme. Successivamente sono gli stessi enti di normazione che, per non rimanere indietro, immettono norme che coprono anche tali innovazioni. Le norme dovrebbero essere un ausilio, non un vincolo alla progettazione. Le direttive europee in merito alla sicurezza non impongono infatti delle specifiche scelte tecniche ma solo delle linee guida al fine di garantire la sicurezza. Le norme che discendono da esse invece propongono/impongono, più o meno direttamente, delle soluzioni tecniche che hanno la presunzione di soddisfarle.
Oltre alle normative EN esistono altre normative, generalmente non vincolanti. Tra queste, quelle più importanti sono quelle emanate dall'UIAA (Unione Internazionali delle Associazioni Alpinistiche). Il

rispetto di queste normative è segnalato con un marchio ed è volontario (sta al fabbricante decidere se vuole o no produrre attrezzi che soddisfino le norme UIAA), Figura 3; di solito comunque le normative EN sono quasi sempre una traduzione delle norme UIAA (che vanta più di trenta anni di esperienza nel campo) anche se in alcuni casi, per le norme più recenti, si è verificato il processo inverso. Per quanto riguarda i materiali, all'inizio di ogni paragrafo verrà richiamata la norma che lo riguarda e la definizione in essa contenuta.

?

Quale è la funzione dei DPI ?
Cosa significa che il dispositivo deve essere utilizzato in maniera conforme al suo scopo ?

La forza

Prima di procedere è necessario puntualizzare un concetto che è alla base di questa trattazione: il concetto di forza. Esula da questa dispensa una trattazione rigorosa di ciò (comunque presente in un qualsiasi libro di Fisica). La nozione che ci interessa è di carattere più intuitivo e possiamo utilizzare il principio di azione e reazione, ovvero che ad ogni azione che noi esercitiamo corrisponde una reazione uguale ed opposta, ossia che agisce su di noi. Ad esempio noi non avvertiamo l'esercitarsi della nostra forza peso sul pavimento ma la reazione che questo attua sui nostri piedi. Allo stesso modo noi non avvertiamo la forza peso e di arresto (definita successivamente) che noi esercitiamo sulla corda attraverso l'imbraco (durante la caduta), ma la sua reazione su noi stessi attraverso le sollecitazioni dell'imbraco nei punti di contatto col nostro corpo. La forza è una quantità variabile e misurabile. Purtroppo le unità di misura che si usano per quantificarla differiscono nei vari sistemi in uso. E' così possibile trovare espressa la medesima forza in N e nei suoi multipli oppure in Kg_{peso} o, più semplicemente in Kg[1] (cosi come uno stesso prezzo poteva essere espresso in lire o in euro).

Le unità di misura

N -	Newton, unità di misura della forza nel sistema internazionale S.I.; forza che applicata ad una massa di 1 kg, le imprime l'accelerazione di 1 m/s^2.
daN	deca Newton cioè 10 N; spesso usato perchè equivale a circa 1 kg peso.
kN	kilo Newton cioè 1000 N.
kg peso	unità di misura della forza, nel sistema tecnico, fuori norma ma ancora frequentemente usata nella pratica; viene definito come il peso del campione di platino-iridio depositato a Sevres, in un luogo dove l'accelerazione di gravità ha un valore di 9,80665 m/s^2.

Valgono a proposito le seguenti relazioni: 1 kg peso = 9.81 N = 0.981 daN,
1 N = 0.102 kg peso,
1 daN = 1.02 kg peso,
1 kN = 102 kg peso

Figura 4.

1 Kg_P e Kg rappresentano in realtà due grandezze profondamente diverse la forza e la massa; all'atto pratico vengono entrambi utilizzati per indicare la forza.

La corda

- *Corda dinamica per alpinismo:* corda in grado di arrestare la caduta libera di una persona impegnata in una azione di alpinismo o di scalata con forza limitata
- *Corda singola:* corda dinamica per alpinismo che, se usata singolarmente, è in grado, come collegamento nella catena di sicurezza, di arrestare la caduta libera di una persona
- *Mezza corda:* corda dinamica per alpinismo che, se usata in coppia, è in grado, come collegamento nella catena di sicurezza, di arrestare la caduta libera di una persona
- *Corda gemellare:* corda dinamica per alpinismo in grado di arrestare la caduta libera di una persona quando viene usata in coppia e in parallelo

Ritorniamo adesso ad indagare come è possibile limitare i danni agli alpinisti in caso di caduta. Premettiamo che il componente fondamentale della CA è la corda. Quasi tutti gli altri materiali vengono progettati in funzione di questa. Consideriamo infatti la peggiore delle situazioni, ovvero immaginiamo la corda legata un capo alla sosta e l'altro capo all'alpinista che arrampica. Nel caso che questi cada la corda dovrà comportarsi in modo tale da limitare le sollecitazioni in atto sull'alpinista al di sotto di una certa soglia (definizione di CA), sarà essa ad assorbire tutta l'energia di caduta dell'alpinista. Non entriamo nel merito del concetto di energia. Per lo scopo di questa trattazione ci basti sapere che l'energia di caduta è una quantità proporzionale all'altezza di caduta e che diviene nulla quando la caduta dell'alpinista è stata arrestata. Maggiore è l'altezza di caduta e più energia vi sarà che dovrà essere dissipata fino al valore nullo.
Il limite delle sollecitazioni applicabili sul corpo umano è stato trovato attraverso ricerche sui paracadute durante la seconda guerra mondiale (all'apertura del paracadute agiscono sull'uomo delle sollecitazioni paragonabili a quelle che stiamo analizzando: brusca decelerazione), Figura 5.

Figura 5

La massima decelerazione sopportabile (senza danni permanenti) da una persona in posizione eretta è pari a quindici volte l'accelerazione di gravità convenzionale, 15g.
Essa corrisponde ad una sollecitazione di 12 KN (≈1200 Kg_P) per un corpo di massa pari a 80 Kg. Se la persona si trova in posizione ribaltata (a testa in giù) il valore scende da 15 g a 4-5 g. Valori superiori possono portare a perdita di sensi o a danni più gravi.
Tutti i materiali che intervengono nella CA dovranno quindi evitare, nella peggiore delle situazioni possibili, che questi valori vengano superati.

Il fattore di caduta

Abbiamo già sottolineato come una tra le peggiori condizioni sia quella in cui la corda venga fissata alla sosta (oppure vengano utilizzati per fare sicurezza dispositivi statici, come ad esempio arrampicando su strutture sportive: le falesie). In questo caso il compito di limitare le sollecitazioni sull'alpinista grava per intero sulla corda. Essa dovrà quindi essere dimensionata affinché sia capace non solo di dissipare l'energia di caduta dell'alpinista ma anche di deformarsi in modo tale che le forze in gioco siano basse ovvero inferiori ai valori precedentemente trovati. Per fare ciò la corda si comporta come un sistema molla-smorzatore. Essa stessa infatti è costruita intrecciando migliaia di filamenti di poliammide 6 (nylon) a guisa di una molla, Figura 6.

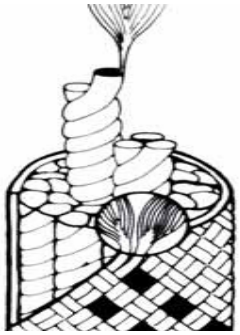
Figura 6

Composizione di una corda:

- **Monofilamento**: filo continuo in poliammide
- **Stoppino**: più monofilamenti attorcigliati
- **Trefolo**: più stoppini attorcigliati
- **Anima**: più trefoli attorcigliati
- **Calza**: più stoppini intrecciati
- **Corda**: anima più calza

La dissipazione viene attuata attraverso l'attrito tra i medesimi filamenti e successiva dispersione attraverso calore.
La scelta dei filamenti di nylon per la costruzione di corde in generale e delle corde per alpinismo in particolare è dovuta alle eccellenti proprietà tensili di queste fibre sintetiche:

- notevole resistenza alla trazione
- elevato allungamento a rottura
- buon recupero elastico (mantenimento delle proprietà fisico-meccaniche e dimensionali anche dopo sollecitazioni relativamente elevate)
- ottima maneggevolezza che si traduce in buona funzionalità

Il Nylon però possiede anche difetti:

- le proprietà tensili dei fili di nylon decadano fortemente quando sono sottoposti a compressioni laterali (effetto nodo, spigolo, ecc.)
- essi si rompono facilmente per semplice sfregamento su materiale abrasivo (scarsa resistenza all'abrasione)
- le loro caratteristiche fisico-meccaniche vengono sensibilmente modificate dall'azione delle radiazioni ultraviolette che sono presenti nella luce solare
- l'acqua diminuisce le caratteristiche meccaniche

La geometria costruttiva di una corda è caratterizzata da due parti distinte: un agglomerato interno detto anima ed un involucro esterno detto camicia (o calza, mantello). La camicia è un tessuto a costruzione tubolare ottenuto per intreccio, del tipo trama-ordito, di un certo numero di stoppini colorati, ossia fasci di 5/600 filamenti blandamente torsionati tra loro. Il numero varia a seconda del grado di compattezza e rigidità che si vuole ottenere. Al suo interno è disposta l'anima, che è formata da un insieme di trefoli (fasci di filamenti bianchi opportunamente ritorti tra loro) il cui numero varia a seconda del costruttore e del diametro della corda. Sia l'anima che la camicia contribuiscono alla

resistenza della corda e all'assorbimento di energia. La camicia inoltre svolge anche una funzione protettiva e di contenimento nei riguardi dell'anima. Osserviamo inoltre che l'allungamento della corda (ovvero la capacità di assorbire l'energia della caduta con minor forza), che deriva dalla sua deformazione, dipende anche dalle caratteristiche proprie della corda interessata. In "soldoni" esistono corde migliori e corde peggiori. Quelle migliori sono quelle che applicano sull'alpinista che cade delle decelerazioni minori e quindi forze minori.
Intuitivamente quindi possiamo comprendere come la gravità di una caduta non dipenda solo dall'altezza di caduta ma anche dalla quantità di corda interessata nella stessa. Più corda è coinvolta nella caduta, maggiore sarà l'allungamento e quindi la capacità di dissipare una quantità di energia (quella di caduta), in un tempo maggiore (minore decelerazione, minore tensione). Il concetto può sembrare ostico ma proviamo a considerare una analogia che tutti ben conosciamo. Immaginiamo di paragonare l'arresto di un alpinista che cade alla frenata di una autovettura. Come per l'alpinista che cade ci interessa l'altezza di caduta per una macchina che deve arrestarsi ci chiediamo quale sia la sua velocità prima di frenare. Maggior velocità sarà paragonabile ad una maggior altezza di caduta. Anzi potremmo considerare al posto dell'altezza di caduta la velocità dell'alpinista che cade prima che metta in tensione la corda. Questa, la velocità, è comunque proporzionale (non ci interessa come) all'altezza di caduta. Adesso dobbiamo fermarci, dobbiamo portare la nostra energia, che dipende dall'altezza di caduta o dalla velocità, da un valore definito a 0, quando siamo fermi. In automobile il problema non sarebbe esclusivamente dipendente dalla velocità posseduta prima di iniziare a rallentare ma anche dallo spazio disponibile per frenare. E' ovvio che se sto andando a 100 Km/h e devo frenare in 200m agirò sul freno con delicatezza e avrò una decelerazione dolce. Se devo frenare in 50 m o meno dovrò agire energicamente e avrò una frenata brusca con una forte decelerazione. In entrambi i casi io mi fermo e porto la mia energia a 0 ma con decelerazioni e quindi forze (pensiamo a quelle che sentiamo attraverso le cinture di sicurezza) più o meno alte a seconda della decelerazione più a meno brusca. Ritorniamo adesso al problema dell'alpinista. Immaginiamo che stia cadendo da 10 m. Se l'alpinista ha a disposizione 20 m di corda (tra questi e la sosta quindi includiamo anche quella che passa attraverso i rinvii) la corda si allungherà molto e sarà rallentato fino alla velocità nulla in uno spazio "lungo", come un lungo elastico. Se invece ha a disposizione il minimo, ovvero 5m, la corda non potrà allungarsi eccessivamente e la decelerazione sarà brusca con alte forze applicate. Provate infatti a caricare un elastico con un carico, si allungherà di una certa quantità. Se applicate il medesimo carico ad un elastico uguale ma lungo la metà si allungherà della metà… è come se gli spazi di frenata si dimezzassero!
Durante la caduta la tensione della corda, ossia la forza che agisce su di essa e che si scarica sull'alpinista, aumenta progressivamente fino a toccare il valore più elevato in corrispondenza del massimo allungamento della corda, cioè al momento dell'arresto della caduta; di qui il termine *forza d'arresto (FA)*. A parità di lunghezza di caduta, una maggior disponibilità di corda produrrà quindi una minore FA. Poiché la forza di arresto viene percepita per intero dall'alpinista (oltre che da altri componenti critici della catena di assicurazione) è ovvio che una sua riduzione sia auspicabile. Comprendiamo adesso come per la determinazione dei carichi e quindi delle sollecitazioni che agiscono sull'alpinista non sia importante solo l'altezza di caduta quanto questa rapportata alla lunghezza della corda interessata. Il rapporto tra queste due grandezze prende il nome di *fattore di caduta FC*, Figura 7 (esso vale solo nel caso che la corda sia bloccata, inoltre nel computo delle lunghezze non si considerano i vari allungamenti dovuti alla deformabilità della corda). Si può dimostrare che la FA è proporzionale (non linearmente) al FC.

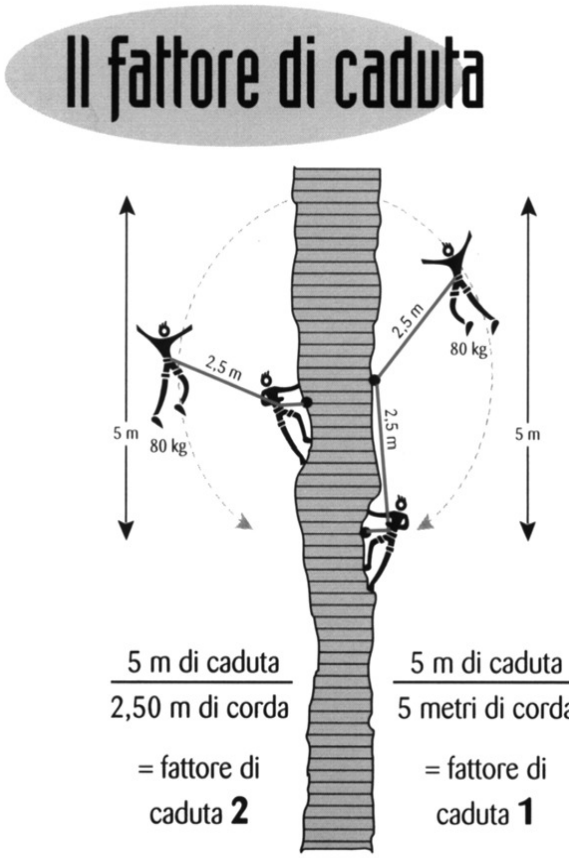

Figura 7

Comprendiamo subito che la peggiore delle situazioni si verifica nel caso in cui l'alpinista sale dalla sosta senza predisporre alcuna protezione intermedia e cade: la lunghezza di caduta è il doppio di quella della corda interessata nella caduta. In questo caso (che è la peggiore del situazioni possibili) la FA non deve superare quella critica per il corpo umano, ovvero sull'alpinista non devono agire decelerazioni superiori a 15g, ovvero per un corpo di 80 Kg non si devono realizzare forze superiori a 12 Kn (≈1200 Kgp). Dal punto di vista strettamente pratico queste considerazioni ci suggeriscono di posizionare un rinvio appena possibile dopo aver lasciato la sosta al fine di ridurre il FC. Il carico che si genera sulla sosta infatti sarà lo stesso se cadiamo appena usciti dalla sosta oppure 10 o 20 metri dopo, ammesso di non aver posizionato alcun rinvio, in quanto il FC è sempre 2 (in questo esempio non si tengono in considerazione eventuali attriti alpinista-roccia…comunque non piacevoli!).

In realtà esistono delle situazioni in cui il FC 2 viene superato: le vie ferrate per le quali esistono materiali appositamente studiati per queste evenienze (longe dotate di dissipatore), e un'altra più casuale e imprevedibile e per questo più pericolosa, Figura 8.

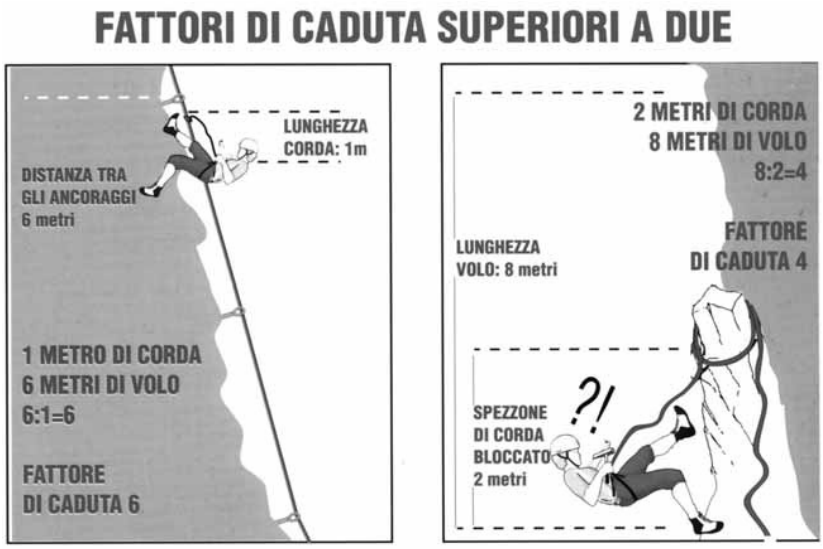

Figura 8.

?

Quale è la caduta più pericolosa in termini di sollecitazioni sulla catena di assicurazione ?

Le prestazioni delle corde dinamiche da alpinismo

Le corde oggi in commercio hanno spessori variabili da 8 a 11 mm, in funzione della loro destinazione d'uso, ma ai fini di un loro corretto utilizzo non è il diametro l'elemento importante da tenere in considerazione, bensì i criteri derivanti dalla seguente classificazione, Figura 9.

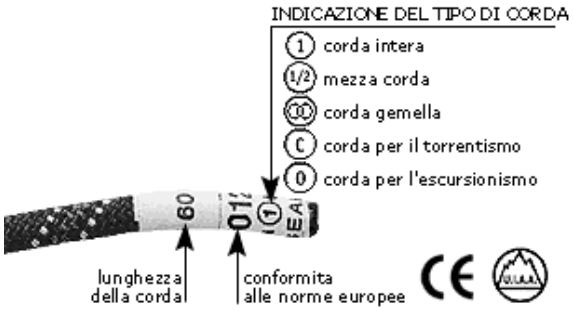

Figura 9

- *corde semplici:* testate singolarmente e omologate per essere impiegate da sole in arrampicata
- *mezze corde:* testate singolarmente e omologate per essere impiegate in coppia con un'altra mezza corda
- *corde gemellari:* testate in coppia e omologate per essere impiegate in coppia con un'altra corda gemellare

Le normative prevedono che tutti i modelli di corde presenti sul mercato siano sottoposti a prove che ne certifichino dei valori di resistenza minima. Le prove sono sia di natura statica che dinamica.
Queste ultime in particolare permettono di stabilire le proprietà della corda in caso di caduta, vedi Tabella 2.

	Coda semplice	**Mezza corda**	**Corde gemellare**
Minimo numero di cadute	5 (80 Kg)	5 (55Kg)	12 (80 Kg)
Massimo valore della forza di arresto	1200 daN	800daN	1200daN
Massima deformabilità a carico statico	8%	10%	8%
Annodabilità massima	1,1	1,1	1,1
Massimo scorrimento della calza	2%	2%	2%

Tabella 2

- *Rapporto di annodabilità:* la flessibilità della corda deve essere tale che il diametro interno di un nodo semplice opportunamente caricato non superi 1,1 volte il diametro effettivo della corda
- *Scorrimento della guaina:* la corda viene tirata attraverso degli orifizi e l'attrito provoca lo scorrimento della guaina rispetto all'anima, questo scorrimento deve essere limitato
- *Allungamento:* la deformabilità con un carico statico di 80 Kg deve essere limitata
- *Forza di arresto e numero di cadute:* la corda viene sottoposta a delle prove dinamiche di caduta che simulano la condizione più gravosa in esercizio, ovvero una FC prossimo a 2 (con corda bloccata) Durante la prova vengono conteggiate il numero di cadute sopportate dalla corda e misurato il valore della FA durante la prima caduta al fine di verificare le limitazioni sulla FA viste in precedenza.

Le prove dinamiche vengono effettuate attraverso una opportuna strumentazione, il Doderò. Figura 10
In realtà un basso valore della forza di arresto potrebbe essere facilmente ottenuto aumentando la deformabilità statica. A questa viene però posto un limite poiché una corda troppo deformabile (al limite un elastico) avrebbe altri svantaggi: eccessivo allungamento in caso di caduta, difficoltà nell'attuazione delle manovre.

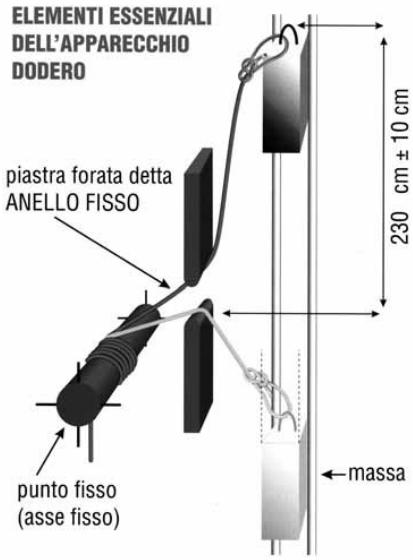

Figura 10

Abbiamo visto come la corda giochi un ruolo importante non solo come semplice connessione tra gli alpinisti e la parete e tra gli alpinisti stessi. Essa è un vero e proprio paracadute che si "attiva" automaticamente nel momento del bisogno. Affinché essa si comporti per intera da assorbitore e dissipatore di energia è però necessario che tutta la porzione di corda che va dalla sosta all'alpinista sia libera di deformarsi. L'interposizione di rinvii molto angolati limita infatti il trasferimento delle forze e la deformazione della corda, Figura 11. Portando la situazione al limite, se avessimo dei rinvii molto angolati, l'attrito che questi genererebbero, avrebbe l'effetto di "bloccare" la corda, come se questa fosse legata ad uno di essi!

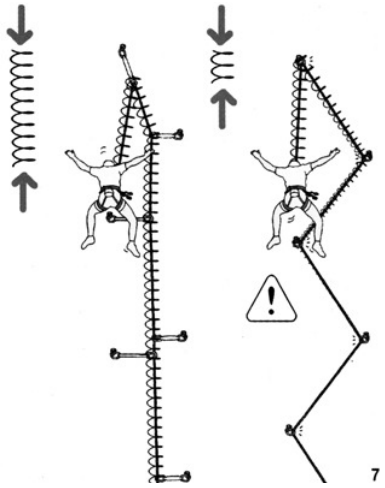

Figura 11

Breve introduzione agli altri materiali della catena di assicurazione

Fino ad ora abbiamo considerato al corda fissata/vincolata alla sosta. La corda, e soltanto la corda, aveva il compito di dissipare l'energia accumulata dall'alpinista durante al caduta. Ciò genera una FA molto elevata. Essa non solo risulta dannosa per l'alpinista ma anche per tutte le altre componenti della CA quali i vincoli alla parete e la sosta. Nella realtà alpinistica quasi mai viene adottato un sistema "statico" per l'assicurazione ma si adotta una assicurazione di tipo "dinamico" ovvero con la presenza di freni in cui la corda ha la possibilità di scorrere e dissipare energia.
Un freno che rappresenta un buon compromesso, in ambito alpinistico, tra esigenze a volte contrastanti (bassa forza applicata dalla mano, scorrimento limitato, facilità d'esecuzione, limitazione di materiale usato per approntarlo) è attualmente il nodo mezzo barcaiolo. Esistono comunque numerose altre possibilità, sia come materiali sia come metodologia di utilizzo dei medesimi, preferibili in talune circostanze.
Chiarito il ruolo fondamentale svolto dalla corda e dal freno nella CA passiamo adesso ad analizzare gli altri componenti. Essi non partecipano, in prima approssimazione, alla dissipazione di energia, ma servono a permettere lo scorrimento della corda e a vincolare la stessa in modo sicuro alla parete e agli alpinisti. Potremmo facilmente considerarli come elementi rigidi agli effetti della caduta. Conseguentemente, moschettoni, cordini, fettucce, imbraco… sono caratterizzati da resistenza a trazione e non da forza d'arresto. Il nome catena di sicurezza, al posto che cordata di sicurezza, non è stato scelto a caso. Esso infatti sottolinea come ogni anello di questa catena sia importante per l'integrità dell'insieme. Tutti i componenti della CA devono quindi garantire una resistenza tale da sopportare le sollecitazioni precedentemente esaminate, ovvero la peggiore delle condizioni possibili nella attività alpinistica.
Le prove a cui verranno sottoposti i materiali avranno come comune denominatore quel valore di forza massima prima trovato, ovvero 12 KN, con eventuali variazioni dovute alla particolare morfologia e all'uso degli stessi.

Invecchiamento e usura delle corde

Una caratteristica spesso sottovalutata delle corde è la progressiva perdita delle caratteristiche meccaniche dovuta all'uso. Generalmente una corda non invecchia naturalmente se lasciata inutilizzata in un luogo asciutto, ben ventilato e lontano dalla luce solare diretta. Una corda viene invece logorata dallo scorrimento nei discensori, sotto carico e soprattutto per lo stress ripetuto a seguito di discese a corda doppia, moulinette (una corda usata in palestra di norma si usura più in fretta di una utilizzata in montagna).
Tale effetto viene esaltato in presenza di microcristalli e di fenomeni di abrasione superficiale e, naturalmente, nel caso di cadute. Sostanze chimiche, come acidi, carburanti, oli, sali disciolti in acqua, detersivi sono estremamente dannosi per la struttura chimica della corda. Essi sono contenuti anche in nastri adesivi, vernici e pennarelli. Anche la radiazione ultravioletta presente nella luce solare (in modo particolare ad alte quote dove essa risulta ancora debolmente filtrata dall'atmosfera) può risultare dannosa per la corda.
Si raccomanda quindi, durante il periodo di inutilizzo della stessa, di riporla in un luogo adatto. Da recenti studi inoltre si è scoperto come la presenza di acqua nella corda (anche in quantità modeste) porta ad una drastica ma temporanea perdita delle caratteristiche meccaniche. E' quindi opportuno, quando ciò sia possibile, evitare di arrampicare con corde bagnate e riporle ad asciugare in un luogo ben ventilato ma comunque lontano dalla luce solare diretta.
La durata di una corda è quindi molto dipendente dal suo utilizzo. Per avere un ordine di grandezza si può dire che la vita media di una buona corda usata nei fine settimana e durante le vacanze difficilmente può superare i 3 anni (con sufficienti garanzie di sicurezza residua). Questo valore comunque potrebbe scendere anche drasticamente quando la si usa in arrampicata sportiva. La tipologia di uso infatti, frequenza maggiore, numerose cadute di bassa entità, frequenti strisciamenti su

roccia, frequente contatto con agenti abrasivi quali terra, diminuiscono la vita in condizioni di sicurezza della corda.
Sarà quindi opportuno avere molta cura delle corde, evitando il più possibile che si sporchino, che rimangano esposte senza ragione ad agenti usuranti, e soprattutto verificare di frequente l'integrità delle medesime in modo da possedere sempre un ampio margine anche in caso di eventi imprevisti quali ad esempio la pioggia.
Il possedere una corda con ampio margine si traduce nel rinnovarla spesso… una corda nuova è il miglior investimento che possiamo fare… ci appendiamo la vita!!

I freni

Fino ad ora abbiamo considerato al corda fissata/vincolata alla sosta. La corda, e soltanto la corda, aveva il compito di dissipare l'energia accumulata dall'alpinista durante al caduta. Ciò genera una FA molto elevata. Essa non solo risulta dannosa per l'alpinista ma anche per tutte le altre componenti della CA quali i vincoli alla parete e la sosta. Nella realtà alpinistica quasi mai viene adottato un sistema "statico" per l'assicurazione ma si adotta una assicurazione di tipo "dinamico" ovvero con la presenza di freni in cui la corda ha la possibilità di scorrere e dissipare energia, Figura 12.

Figura 12

Figura 13

In arrampicata sportiva invece sono spesso utilizzati sistemi di assicurazione statici. In questa attività, dove i punti di assicurazione in parete sono ravvicinati e "robusti" e le cadute frequenti, ma di entità modesta, la scelta del sistema ottimo di assicurazione è dettato anche da altre priorità. Tra queste non dimentichiamo la comodità nel dare corda e la capacità di bloccare con semplicità e con il minimo sforzo le cadute.
In presenza di freni il FC rimane solo come definizione e non rientra più nei discorsi energetici di assorbimento di energia. Questa viene ora assorbita, nella sua stragrande maggioranza, dalla dissipazione che avviene all'interno del freno e, in una ridottissima parte, dalla deformazione interna alla corda. L'impiego di un freno, in sostanza, genera una forza variabile e non eccessiva che resiste allo scorrimento della corda. Questa forza dipende dal tipo di freno, dal tipo di corda, dalla forza della mano che la trattiene e soprattutto dalla tecnica utilizzata.

Più precisamente si può definire per un freno un fattore di moltiplicazione che agisce sulla forza esercitata dalla mano di chi trattiene; questo fattore varia entro limiti piuttosto ampi in dipendenza dal tipo di corda, dal freno e da altri fattori che sono tuttora oggetto di studio.
L'uso del freno comunque porta ad aumentare l'intervallo di tempo in cui l'alpinista è sottoposto a decelerazione. Se riconsideriamo l'analogia automobilistica possiamo pensare che allunga gli spazi di frenata. Portando un po' al limite la situazione possiamo paragonare l'arresto di un alpinista, dovuto alla sola corda, all'arresto di una autovettura contro un ostacolo.
L'uso dei freni invece, in entrambi i casi, porta ad un arresto più graduale con forze di decelerazione più basse. Si genera quindi sull'alpinista una decelerazione minore di quella riscontrabile nel caso della corda bloccata in sosta e quindi una forza minore. Un freno che rappresenta un buon compromesso, in ambito alpinistico, tra esigenze a volte contrastanti (bassa forza applicata dalla mano, scorrimento limitato, facilità d'esecuzione, limitazione di materiale usato per approntarlo) è attualmente il nodo mezzo barcaiolo. Esistono numerose altre possibilità, sia come materiali sia come metodologia di utilizzo dei medesimi, preferibili in talune circostanze, Figura 13.
Ad esempio il mezzo barcaiolo non è consigliabile in falesia. A causa della ripetuta manovra di calata sotto carico, tipica di questa attività, viene enfatizzata la tendenza del nodo ad attorcigliare e rovinare le corde. I suoi vantaggi, in termini di dinamicità, inoltre perdono di efficacia su itinerari dove gli ancoraggi sono molto ravvicinati e resistenti, a vantaggio di altri dispositivi di assicurazione. Eventualmente la scelta e l'uso del freno, o bloccante (in generale un sistema di assicurazione), più adatto deve essere effettuata in relazione al tipo di terreno che si affronta, di volta in volta, e non sulla base di criteri generalizzati.
Per quanto concerne il nodo mezzo barcaiolo è utile ricordare che, mentre il compagno cade, chi assicura non dovrà recuperare la corda. Se cosi fosse il freno, girandosi, creerebbe una situazione quasi di corda bloccata. Attenzione alle definizioni appena utilizzate, non tutti i dispositivi di assicurazione sono freni. Alcuni di essi, come ad esempio il GRI-GRI o il TRE bloccano istantaneamente la corda e si comportano, dal punto di vista della catena di assicurazione, come se la corda fosse bloccata: questi non sono freni. La corda infatti non scorre e non dissipa energia all'interno di essi. Tutta l'energia immagazzinata da chi cade deve essere assorbita e dissipata dalla corda. Pur adottando un sistema di assicurazione, siamo ancora in condizioni di corda bloccata.

I connettori (UNI EN 12275)

- *Connettore:* un dispositivo apribile che permette all'alpinista di collegarsi direttamente o indirettamente ad un ancoraggio

Chiarito il ruolo fondamentale svolto dalla corda e dal freno nella CA passiamo adesso ad analizzare gli altri componenti. Essi non partecipano, in prima approssimazione, alla dissipazione di energia, ma servono a permettere lo scorrimento della corda e a vincolare la stessa in modo sicuro alla parete e agli alpinisti. Potremmo facilmente considerarli come elementi rigidi agli effetti della caduta.
Conseguentemente, moschettoni, cordini, fettucce,… sono caratterizzati da resistenza a trazione e non da forza d'arresto. Il nome catena di sicurezza, al posto che cordata di sicurezza, non è stato scelto a caso. Esso infatti sottolinea come ogni anello di questa catena sia importante per l'integrità dell'insieme. Un eventuale anello più debole diminuirebbe la resistenza di tutta la catena a prescindere dalle caratteristiche degli altri anelli (più forti). Tutti i componenti della CA devono quindi garantire una resistenza tale da sopportare le sollecitazioni precedentemente esaminate, ovvero la peggiore delle condizioni contingenti. Consideriamo i moschettoni, la loro morfologia ed il loro uso.
Attualmente il termine tecnico individuato dalla norma è connettori.
Essi sono costruiti in modo tale che durante un loro corretto uso (generalmente con carico applicato lungo l'asse maggiore) possano sopportare la più alta delle sollecitazioni possibili: 12 KN. Ne consegue che la forza totale applicata al moschettone risulterebbe di 24 KN (12 KN dal ramo di corda collegato all'alpinista e 12 KN da quello ancorato in sosta); valore invece ridotto dai fenomeni di

attrito dovuti allo scorrimento della corda attorno al moschettone (inoltre se fosse presente un rinvio il FC si abbasserebbe notevolmente e non sarebbe più 2!). Pertanto il valore della sollecitazione massima del moschettone nelle norma EN è stato assunto pari a 20 KN (nella direzione dell'asse maggiore a leva chiusa), Figura 14.
Per il discorso fatto in precedenza sull'anello debole di una catena, questo stesso valore dovrà essere assunto anche per tutti gli altri elementi che costituiscono l'ancoraggio.
Per ragioni di sicurezza vengono garantiti dei carichi minimi anche per altre due configurazioni dei medesimi: a leva aperta e lungo l'asse minore. In questi casi i carichi sono notevolmente minori, inferiori al massimale. In Figura 14 vengono riportati i valori minimi per un tipo di connettore ma in realtà variano leggermente a seconda delle varie categorie di connettore. I connettori sono stati recente oggetto di studio della Commissione Lombarda Materiali e Tecniche che ha prodotto un video sull'argomento.
Risulta quindi importante posizionare i connettori in maniera corretta, evitando che assumano posture pericolose, Figura 15. Le normative prevedono che sugli stessi moschettoni siano impressi i valori limite delle sollecitazioni che possono essere sopportate prima di arrivare a rottura, Figura 16.

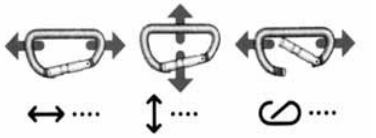

Figura 14

Figura 16

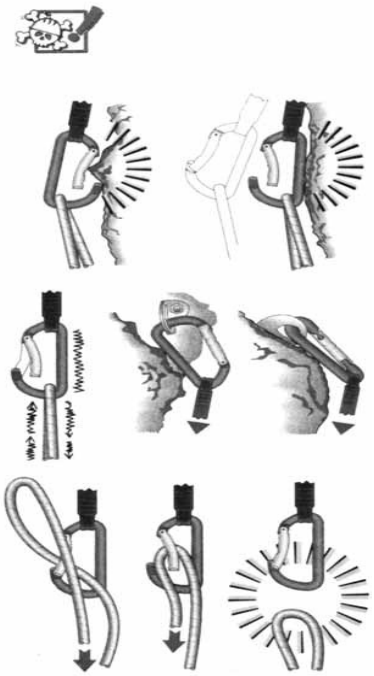

Figura 15

Particolare attenzione va posta sui moschettoni a ghiera al fine di evitare che questa assuma posture inusuali magari incastrandosi con altri elementi quali i discensori, freni o bloccanti. Non vi sono imposizioni di carico per la resistenza della ghiera nelle norme.
Sono state effettuate alcune prove applicando un carico sull'asse del dito fino alla rottura, con il risultato che i modelli dotati di ghiere in metallo e con movimento a vite generalmente hanno tenute superiori ma molto variabili (300 - 900 Kgp) rispetto ai modelli con ghiere in plastica e bloccaggi automatici che possono scendere anche a carichi molto bassi (100 Kgp).

L'imbraco (UNI EN 12277)

- *Imbracatura:* insieme di strisce di tessuto (di seguito denominate fettucce), dispositivi di regolazione o altri elementi che vengono indossati per sostenere il corpo in posizione eretta.

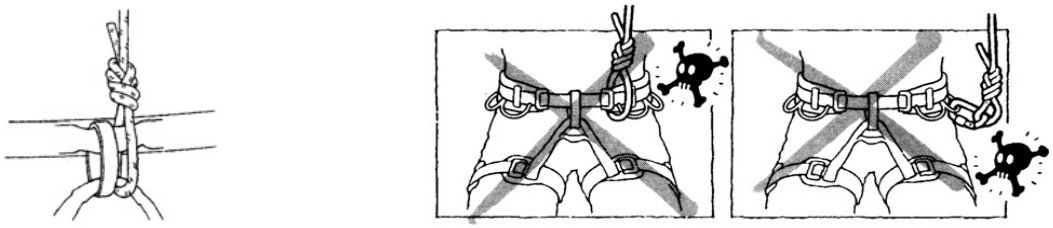

Figura 17

Confronto dei diversi tipi di imbraco

SITUAZIONE	IMBR. BASSA	IMBR. COMBI (o completa)
Progressione su ghiacciaio,	*Bene. Ancora meglio*	*Non consigliabile*
tenuta del compagno che cade in un crepaccio	*se in aggiunta c'è un dissipatore e se si tiene la corda in mano (non con Prusik). Se si vuole tenere un Prusik sulla corda non tenerlo in mano. La imbracatura bassa è migliore anche durante le operazioni se seguono l'arresto.*	*(proiezione in avanti). Se si ha la combi, ci si leghi direttamente alla parte bassa.*
Caduta a testa in alto	*Bene ambedue. Qui: modesto rischio di ribaltamento.*	*Bene ambedue. Qui: modesto colpo di frusta. Più consigliabile se si arrampica con lo zaino.*
Caduta a testa in basso	*Si può rimanere a testa in basso e urtare la parete di schiena.*	*Ribaltamento a testa in alto più o meno violento. Colpo di frusta sul collo. Proiezione più veloce verso la parete, ma spesso a piedi avanti e quasi sempre di faccia.*
Con zaino, per caduta sia a testa in alto che in basso	*Maggiore rischio di trovarsi in posizione orizzontale al momento del colpo di arresto Difficoltà nella sospensione dopo l'arresto.*	*Meglio combi.*
Caduta con corpo in posizione orizzontale	*Rischio di danni alla colonna.*	*Migliore, anche se c'è colpo di frusta al collo.*
Da secondo	*Un piccolo rischio di ribaltamento, specie in traversata.*	*Migliore.*

Tabella 3

Per quanto concerne l'imbraco esso ha un ruolo di connessione dell'alpinista alla CA, ripartizione sull'alpinista della forza d'arresto (in maniera meno traumatica possibile) e mantenimento della posizione corretta durante la fase di decelerazione. Sottolineiamo anche in questo caso l'importanza del corretto uso del materiale, Figura 17.
Nel caso dell'imbracatura è necessario utilizzare le asole preformate in maniera corretta. Quelle laterali, che prendono il nome di porta-materiali non devono, in nessun caso, essere utilizzate per vincolare l'imbraco (e quindi l'alpinista) alla CA, in particolare alla corda o alla sosta. La loro tenuta è infatti irrisoria, dell'ordine di qualche Kg_p, Figura 17.

L'anello di servizio invece, insieme a tutti i punti di attacco della corda, è testato per sopportare le sollecitazioni della CA è quindi possibile utilizzarlo in talune circostanze anche per compiti gravosi (a condizione che non sia usurato). Il carico di prova dei punti di attacco imposto dalla norma è 15 KN (compreso l'anello di servizio), misurati sull'imbraco montato su di un manichino antropomorfo.
Recentemente sono state effettuate delle prove per comprendere la scelta ottimale dell'imbraco nelle diverse situazioni connesse con la pratica alpinistica. Non esiste la soluzione ottima ma una scelta di compromesso a seconda dei vari "terreni".
Nell'arrampicata sportiva ad esempio, dove le cadute sono di modesta entità e si arrampica senza zaino l'imbraco basso può essere molto vantaggioso per la maggior mobilità permessa agli arti superiori. Vedere la Tabella 3

Cordini (UNI EN 564) - Fettucce (UNI EN 565) – Anelli (UNI EN 566)

- *Cordino:* corda o fune costituita da un'anima rivestita da una guaina, di diametro nominale compreso tra i 4 mm e gli 8 mm, e destinata a resistere a forze, ma non ad assorbire energia.

- *Fettuccia:* Banda lunga, stretta e piatta che presenta una struttura tessile destinata a resistere alle forze statiche ma non ad assorbire energia dinamica

- *Anello:* fettuccia cordino o corda uniti mediante cucitura o altro mezzo di chiusura: Forma e lunghezza non sono specificate, Figura 19.
  La cucitura deve essere ispezionabile ed in contrasto con la fettuccia. Il carico minimo di rottura deve essere almeno di 22 KN e deve essere marcato sull'anello.

Per quanto concerne i cordini e le fettucce essi hanno un ruolo di sola connessione. Essi, pur essendo in taluni casi (cordini in nylon) costruiti in maniera similare alle corde, non contribuiscono all'assorbimento di energia: è quindi necessario evitare situazioni tali da essere sottoposti a strappi volenti.
La giunzione dei cordini è stato oggetto di un recente studio della Commissione Regionale Lombarda Materiali e Tecniche.
Le prove eseguite hanno mostrato come il nodo inglese, doppio o triplo (per il Kevlar e il Dynema) garantiscano la maggior tenuta dell'anello.
Rammentiamo inoltre che spigoli, strozzature e nodi diminuiscono in maniera anche drastica la tenuta dei cordini e delle fettucce, Figura 18. E' quindi vivamente sconsigliabile strozzate cordini e fettucce nelle prime protezioni Inoltre se successivamente si avesse bisogno di un maggior distanziamento del rinvio dalla parete e si fosse obbligati ad utilizzare lo strozzo sarebbe consigliabile utilizzare cordini in Kevlar che, a dispetto della loro sezione ridotta, possiedono ottime caratteristiche di tenuta (molto superiori ai cordini in nylon di pari diametro) con effetti spigolo e strozzo molto ridotti (l'effetto sarà oggetto di una prossima campagna sperimentale).
Esiste inoltre una normativa particolare sugli anelli, le usuali fettucce pre-cucite:

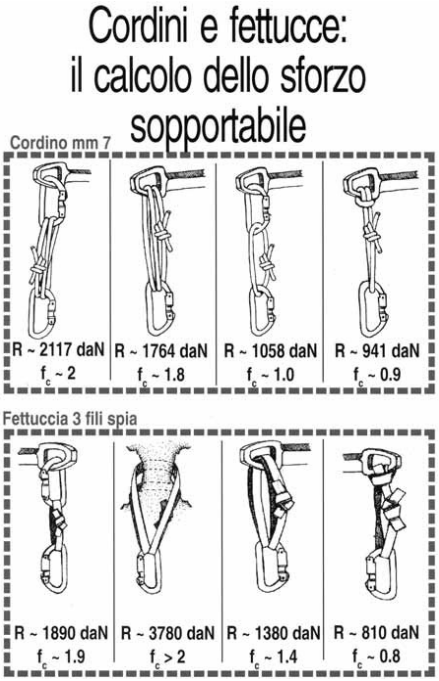

Figura 18

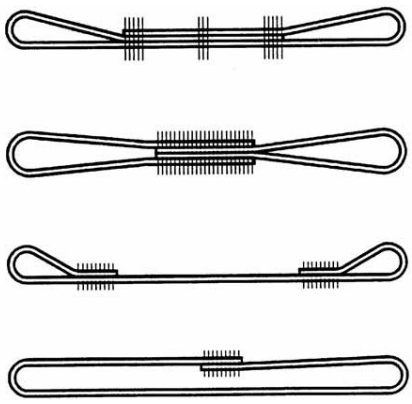
Figura 19

I preparati

Si definiscono "preparati", conosciuti anche come rinvii, due moschettoni uniti da un anello di cordino o di fettuccia, chiuso da un nodo o da una cucitura.
L'unione moschettone fettuccia può portare un accoppiamento sfavorevole per la tenuta dell'insieme. La norma sui moschettoni prevede infatti che il singolo moschettone venga sottoposto ad una prova di trazione tramite due spine parallele del diametro di 12 mm.
Questa situazione non si realizza però nella pratica ove alla spina viene sostituita la fettuccia del preparato con larghezza variabile da costruttore a costruttore: è proprio l'effetto di questo accoppiamento anomalo che opera in senso sfavorevole rispetto alla resistenza del moschettone. Un ragionamento analogo vale per la fettuccia che viene pure provata con due spine tra loro parallele del diametro di 10 mm. Ancora nel caso reale la fettuccia, nell'ansa del moschettone, subisce una deformazione tale per cui non tutte le fibre lavorano alla stessa maniera e questa situazione è ben diversa da quella imposta dalle prove. Sono state effettuate delle prove di trazione dei preparati lungo l'asse maggiore sia con le leve chiuse che aperte al fine di verificare i carichi minimi dell'anello più debole dei singoli componenti ovvero i moschettoni.
Ricordiamo che i carichi imposti dalla normativa sui connettori sono di 20 KN lungo l'asse maggiore e 7 KN lungo l'asse maggiore ma a leva aperta.
Pur avendo riscontrato un decadimento delle prestazioni del preparato rispetto a quelle dichiarate per i singoli moschettoni e fettucce in nessun caso si sono ottenuti carichi inferiori a quelli imposti per i singoli moschettoni.
Da recenti considerazioni è emerso che sia più conveniente, per il posizionamento in parete, avere le leve nella posizione allineata. In questo caso infatti le leve si troverebbero sempre in posizione esterna rispetto a quella della parete e con il lato della leva del moschettone (il lato più debole) non direttamente interessato dalla corda o dall'ancoraggio in caso di caduta, Figura 20. E' opportuno comunque posizionare correttamente i rinvii. Se la via non è verticale è preferibile agganciare il rinvio con i moschettoni aventi l'apertura opposta alla direzione di salita.

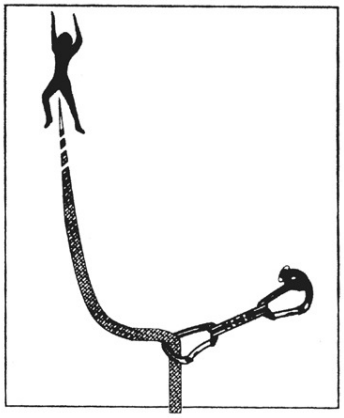

Figura 20

Un altro problema che concerne i preparati è quello del rischio di rottura del primo rinvio in caso di caduta appena partiti dalla sosta. In questo caso infatti la corda interessata è poca e la caduta potrebbe essere considerevole. Le forze in gioco sul rinvio (a causa anche dell'effetto carrucola) potrebbero non essere di lieve entità. A questo si potrebbe sommare l'effetto *whisplash*, ovvero la possibilità che, per effetti inerziali, il moschettone dell'ultimo rinvio attraverso cui passa la corda, possa, per un breve istante di tempo rimanere con la leva aperta, Figura 20. Per quanto questo istante possa essere breve può capitare che proprio in questo la corda vada in tensione applicando un carico considerevole al moschettone. In questo caso il limite di resistenza del moschettone non sarebbe più 20 KN ma bensì 7KN (carico su asse maggiore ma con leva aperta).

Per cadute in prossimità della sosta carichi di tale entità sono facilmente raggiungibili e superabili. E' quindi possibile che il moschettone si rompa con un imprevedibile e pericoloso trasferimento del carico proprio sulla sosta. Al fine di evitare ciò è possibile eliminare il problema utilizzando come primo preparato un rinvio composto da moschettoni a ghiera. Oppure è possibile limitare il tempo di apertura della leva del moschettone utilizzando dei connettori avente come leva un filo in acciaio. La minor massa produrrà un minor effetto inerziale. In alternativa anche i moschettoni con chiusura tipo *keylock* sono vantaggiosi, a causa del fatto che la trasmissione del carico avviene attraverso un accoppiamento che interessa quasi tutta la sezione della leva. Questo permette, in caso di apertura non eccessiva della leva, una parziale tenuta del sistema di chiusura.