

SISTEMI DI CARRUCOLE PER L'AUTOSOCCORSO DELLA CORDATA

1. PARTE

Antonio Carboni
*Commissione VFG Materiali e
Tecniche, Sezione di Padova*
Michele Lopez
*Commissione VFG Materiali e
Tecniche, Sezione di Ponte di
Piave - Salgareda*
Stefano Caravelli
*Commissione VFG Materiali e
Tecniche, Sezione di Pordenone*

1. INTRODUZIONE

Nei manuali di Tecnica di Roccia e di Tecnica di Ghiaccio vengono descritte in un apposito paragrafo le manovre definite come "autosoccorso della cordata" che permettono di recuperare un compagno infortunato o finito in un crepaccio. Devono poter essere compiute anche da un solo alpinista, per comprendere il caso di una sola cordata composta di due persone, delle quali una deve essere soccorra: tali manovre devono pertanto necessariamente comportare, per essere praticabili, una considerevole riduzione dello sforzo necessario per il sollevamento del compagno, mediante l'utilizzo di sistemi di carrucole. Nei manuali ufficiali del C.A.I. finora disponibili, sono descritti principalmente due sistemi: la "carrucola doppia" e la "carrucola doppia con spezzone ausiliario". Già da qualche anno tuttavia sono stati sviluppati sistemi alternativi che presentano alcuni vantaggi (tra i quali sicuramente una maggiore facilità e rapidità di esecuzione), ma che circolano sotto forma di dispense fotocopiate, nell'attesa che i "sacri testi" siano modificati e ristampati: il "mezzo Poldo" ed il "mezzo Poldo con spezzone ausiliario". Ci proponiamo, in questo ed in successivi articoli, di descrivere i vari tipi di carrucole utilizzate e di confrontarle tra loro dal punto di vista dello sforzo necessario per il recupero.

In questo primo articolo tratteremo:

- 1) la "carrucola doppia";
- 2) una sua variante che, pur non presente nei manuali, a volte si vede praticare nelle esercitazioni.

Nei prossimi articoli intendiamo ripetere le prove di recupero utilizzando la "carrucola doppia con spezzone ausiliario" ed i nuovi sistemi: il "mezzo Poldo" ed il "mezzo Poldo con spezzone ausiliario".

Nelle prove, svolte presso la Torre di Padova (figura 1), abbiamo utilizzato una corda piuttosto usurata con diametro 11 mm e tre modelli di pulegge tra le più diffuse in commercio.

I motivi principali che ci hanno spinto a svolgere questo studio sono diversi:

- a) i manuali non riportano di quanto viene ridotta, rispetto al peso del compagno, la forza necessaria al recupero utilizzando questi sistemi di carrucole. I manuali di tecnica di Roccia e di Ghiaccio riportano rispettivamente: - "qualora il sistema con la carrucola doppia risultasse eccessivamente faticoso si può aggiungere un autobloc-

cante con moschettone, ottenendo così un ulteriore diminuzione dello sforzo ..." (cfr. [1]); - "qualora il compagno non sia in grado di collaborare oppure non siano utilizzabili tecniche più semplici, è possibile il recupero utilizzando una carrucola doppia con spezzone ausiliario. Questo sistema permette di ridurre considerevolmente lo sforzo di recupero ..." (cfr. [2]);

b) nei manuali viene precisato che nella manovra intervengono degli attriti, ma non ne viene quantificata l'entità: ci siamo posti quindi l'obiettivo di effettuare il calcolo teorico dello sforzo e di misurarne poi il valore effettivo per dimensionare l'entità degli attriti presenti;

c) la curiosità di verificare se e di quanto i nuovi sistemi non ancora descritti ufficialmente sui manuali riducano lo sforzo necessario per il recupero, rispetto ai metodi classici.

2. CARRUCOLA DOPPIA

Nella figura 2 (tratta da [1]) viene riportata l'esecuzione della "carrucola doppia". Ai fini della nostra trattazione non interessa la presenza dell'autobloccante di sicurezza "Machard" posto a fianco del moschettone della sosta, poiché esso non interviene direttamente nel recupero, ma impedisce alla corda di scorrere verso il basso quando il soccorritore riduce la trazione o lascia la presa durante la manovra di recupero.

Nella Scheda Tecnica 1 viene svolto il calcolo degli sforzi teorici nel caso della carrucola doppia, con le seguenti ipotesi:

- forze "parallele";
- attrito nelle pulegge assente.

Ciò permette di ottenere i seguenti valori:

- 1) il valore teorico della forza che deve essere praticata nel recupero è $1/3$ del peso del compagno (cioè circa il 33% di F, con F peso del compagno);
- 2) la quantità di corda da recuperare è il triplo di quanto deve essere sollevato il compagno;
- 3) lo sforzo sulla sosta è $2/3$ del peso del compagno (cioè circa il 67% di F, con F peso del compagno).

In realtà intervengono diversi attriti perché al posto di pulegge "ideali", che ne sono prive per definizione, noi utilizziamo i moschettoni oppure le pulegge "reali" che introducono valori propri di attrito. Nel caso reale, cioè in montagna, possono intervenire anche attriti ulteriori: fra corda e parete, tra i diversi rami della corda che possono

sfregare tra loro, lo sfregamento della corda nell'auto-bloccante di sicurezza, tutti elementi che nelle prove alla Torre non abbiamo considerato in quanto, essendo fortemente dipendenti dall'esecuzione della carrucola e dalla sua geometria rispetto alla parete, avrebbero impedito il confronto tra i vari sistemi di recupero. Ai fini della nostra trattazione consideriamo pertanto solo gli attriti introdotti dallo scorrimento della corda nei moschettoni e nelle pulegge.

2.1 MISURE E CONSIDERAZIONI SULLA CARRUCOLA DOPPIA

Nella tabella 1 della Scheda Tecnica 3, abbiamo raggruppati le misure relative alle prove sulle carrucole doppie svolte alla Torre, in base alle quali possiamo ricavare alcune considerazioni:

- la forza che deve essere praticata per il recupero varia dal 63% (prova 1) al 50% (prova 8) del peso del compagno, rispettivamente nei casi di non utilizzo di pulegge (cioè la corda viene passata direttamente nei moschettoni), e di utilizzo di due pulegge, rispetto al 33% teorico (n° 9 in tabella 1);
- la quantità di corda da recuperare ovviamente non varia rispetto al caso teorico;
- lo sforzo sulla sosta varia dal 42% (prova 1) al 54% (prova 8) del peso del compagno, rispettivamente nei casi di non utilizzo di pulegge e di utilizzo di due pulegge: il valore sulla sosta ha cioè un andamento opposto rispetto alla forza praticata dal soccorritore (cfr. grafico 1). Al diminuire della forza praticata dal soccorritore (minori attriti), aumenta la forza scaricata sulla sosta, che si avvicina al 67% teorico. Questo risultato è spiegabile in quanto la forza sulla sosta ha lo stesso verso della forza traente sviluppata dal soccorritore (cfr. fig. Scheda Tecnica 1): all'aumentare dell'una si avrà una diminuzione dell'altra, a parità di massa da sollevare. I due casi limite sono quelli di attrito nullo, nel quale la forza sulla sosta è massima (67% teorico), e di attrito infinito, nel quale non si avrebbe scorrimento della corda nelle pulegge e quindi il soccorritore sosterebbe interamente il peso del compagno (forza sulla sosta = 0);
- la puleggia di "tipo 2" (cfr. Scheda Tecnica 3) presenta attriti inferiori agli altri tipi di pulegge (cfr. prova 2 con 3, prova 5 con 6, prova 7 con 8);
- le pulegge di "tipo 1" e di "tipo 3" (cfr. Scheda Tecnica 3) presentano gli stessi attriti (cfr. prova 4 con 5);
- per il loro corretto funzionamento le pulegge di "tipo 2" e

- di "tipo 3" necessitano di un moschettone simmetrico (ovale), mentre ciò non è necessario per la puleggia di "tipo 1";
- la puleggia di "tipo 3" presenta un inconveniente che ne sconsiglia l'utilizzo nelle manovre di autosoccorso della cordata: durante le manovre la corda può facilmente fuoriuscire dalla sua sede, andando a scorrere sul moschettone. In tal caso, essendo la corda sotto carico, risulta molto difficile riposizionarla correttamente, quindi il recupero può divenire difficoltoso;
- disponendo di una sola puleggia, il suo posizionamento sul ramo di corda che viene recuperato dal soccorritore (cfr. fig. Scheda Tecnica 1: puleggia P_B) è decisamente più conveniente rispetto al posizionamento in corrispondenza del moschettone della sosta (puleggia P_A; cfr. prova 2 con 4, e prova 3 con 6); questo risultato è spiegabile in quanto nella puleggia P_B avviene il doppio di scorrimento di corda rispetto alla puleggia P_A, quindi ridurre l'attrito in quel punto risulta più vantaggioso;
- la somma delle forze sulla sosta e praticate dal soccorritore risulta variabile tra il 104% ed il 106% rispetto al peso del compagno da recuperare: lo scostamento rispetto al 100% teorico risulta di entità molto limitata e dipende dal fatto che le forze nel caso reale non sono parallele.

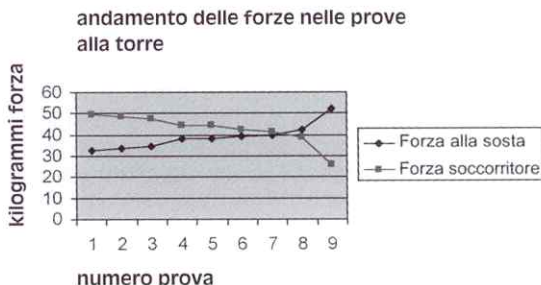


Grafico 1: Andamento della forza sulla sosta e della forza compiuta dal soccorritore nelle prove sulla "carrucola doppia" svolte alla Torre

3. CARRUCOLA DOPPIA MODIFICATA

La "carrucola doppia modificata" è una variante della carrucola doppia che non si trova nei manuali ed è ASSOLUTAMENTE SCONSIGLIABILE come risulta dall'esposizione

MATERIALI E TECNICHE

che segue. Consiste nell'aggiunta di un moschettone alla sosta, attraverso il quale viene fatto passare il capo di corda da recuperare che in tal modo viene tirato verso il basso anziché verso l'alto (cfr. figura Scheda Tecnica 2). Ne parliamo solo perché l'abbiamo vista eseguire in qualche esercitazione dove era presentata come variante equivalente della carrucola doppia.

Nella Scheda Tecnica 2 viene svolto il calcolo degli sforzi teorici, con le medesime ipotesi della carrucola doppia:

- forze "parallele";
- attrito nelle pulegge assente.

Ciò permette di ottenere i seguenti valori:

- 1) il valore teorico della forza che deve essere praticata nel recupero è $1/3$ del peso del compagno (cioè circa il 33% di F, con F peso del compagno): stesso valore della carrucola doppia;
- 2) la quantità di corda da recuperare è il triplo di quanto deve essere sollevato il compagno: stesso valore della carrucola doppia;
- 3) lo sforzo sulla sosta è $4/3$ del peso del compagno (cioè circa il 133% di F, con F peso del compagno): questo valore differisce notevolmente dal caso della carrucola doppia. Anche dal calcolo teorico, senza tenere conto degli attriti, risulta che la sosta deve sopportare uno sforzo doppio rispetto al caso precedente (della carrucola doppia).

Si può supporre che la presenza degli attriti peggiori la situazione in modo più marcato rispetto alla carrucola doppia in quanto, essendo in questo caso presente un ulteriore moschettone, anche gli attriti saranno sensibilmente superiori rispetto al caso precedente.

3.1 MISURE E CONSIDERAZIONI SULLA CARRUCOLA DOPPIA MODIFICATA

Nella tabella 2 della Scheda Tecnica 3, abbiamo raggruppati le misure relative alle prove sulle "carrucole doppie modificate" svolte alla Torre, che confermano quanto supponevamo:

la forza che deve essere praticata per il recupero varia dal 108% al 90% del peso del compagno (rispetto al 33% teorico), rispettivamente nei casi di non utilizzo di pulegge (cioè la corda viene passata direttamente nei moschettoni - prova 1) e di utilizzo di due pulegge (prova 2). Già da questo risultato emerge che se non disponiamo di pulegge non è affatto conveniente utilizzare questo sistema di carrucole, ma è meglio recuperare il nostro compagno a braccia tirando direttamente la corda! Tale manovra risulta comunque, anche nel caso si disponga di pulegge, talmente onerosa da non poter essere portata a termine da un singolo alpinista, come invece era stato posto tra i requisiti delle manovre di autosoccorso;

la quantità di corda da recuperare ovviamente non varia rispetto al caso teorico;

lo sforzo sulla sosta varia dal 219% al 203% del peso del compagno, rispettivamente nei casi di non utilizzo di pulegge e di utilizzo di due pulegge: il valore è cioè più che doppio rispetto al peso del compagno. Questo risultato è spiegabile in quanto la forza che troviamo sulla sosta ha verso opposto rispetto alla forza traente sviluppata dal

soccorritore; pertanto all'aumentare dell'una si avrà un aumento anche dell'altra (forze in opposizione: cfr. grafico 2).

andamento delle forze nelle prove sulla carrucola doppia modificata

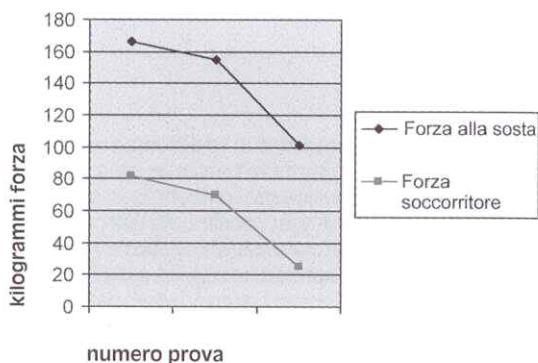


Grafico 2: Andamento della forza sulla sosta e della forza compiuta dal soccorritore nelle prove sulla "carrucola doppia modificata" svolte alla Torre

4. CONSIDERAZIONI FINALI

Si rimanda qualsiasi conclusione ai prossimi articoli dove verranno completate le prove sui sistemi descritti negli attuali manuali di Tecnica di Roccia e Tecnica di Ghiaccio e verranno effettuate quelle sui nuovi sistemi descritti nelle dispense fotocopiate di cui si è parlato nell'Introduzione.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano quanti hanno contribuito all'esecuzione delle prove e al miglioramento dell'articolo con utili suggerimenti: l'ing. Carlo Zanantoni (Commissione Centrale Materiali e Tecniche e Rappresentante del C.A.I. presso l'U.I.A.A.); Giuliano Bressan (Presidente Commissione Centrale Materiali e Tecniche); Marcello Coradeschi, Vito Buoso, Cesare Raumer, Adriano Lamacchia (Commissione VFG Materiali e Tecniche); Sandro Bavaresco (CAI Padova); Renzo Mingardo (CAI Mestre).

BIBLIOGRAFIA

[1] "I Manuali del Club Alpino Italiano: Tecnica di Roccia", Commissione Nazionale Scuole di Alpinismo e Scialpinismo - Commissione Centrale per le Pubblicazioni - edizione 1994

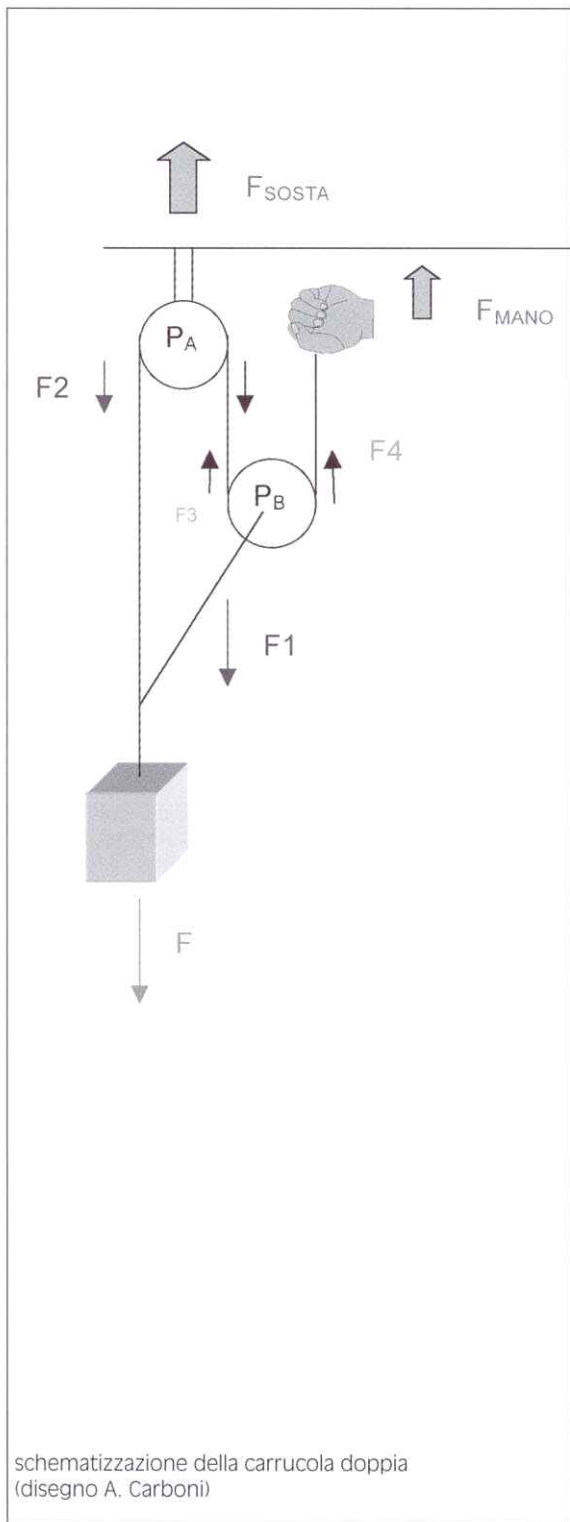
[2] "I Manuali del Club Alpino Italiano: Tecnica di Ghiaccio", Commissione Nazionale Scuole di Alpinismo e Scialpinismo - Commissione Centrale per le Pubblicazioni - 1ª edizione 1995



Sessione di prove sulle carrucole svolte alla Torre di Padova (fotografia S. Caravelli)



Esecuzione della carrucola doppia (figura tratta da [1], pag. 173)



Bilanciamento delle forze:

Il sistema è in equilibrio:

$$F = F_1 + F_2 \quad (1)$$

P_A è in equilibrio:

$$F_{SOSTA} = F_2 + F_3$$

con $F_2 = F_3$ altrimenti la puleggia ruota (a)

P_B è in equilibrio:

$$F_1 = F_3 + F_4 \quad (2)$$

con $F_3 = F_4$ altrimenti la puleggia ruota (b)

È evidente che $F_4 = F_{MANO}$

Da (a) e (b) discende che:

$$F_2 = F_3 = F_4 = F_{MANO}$$

Sostituendo in (2):

$$F_1 = 2 F_{MANO}$$

Sostituendo in (1):

$$F = 3 F_{MANO}$$

$$F_{MANO} = F/3$$

$$F_{SOSTA} = 2 F_{MANO} = 2/3 F$$

E anche:

$$F_1 = 2/3 F$$

$$F_2 = F/3$$

Ipotesi:

- forze "parallele";
- attrito nelle pulegge trascurabile.

Le formule continuano ad essere valide anche dinamicamente purché non siano presenti accelerazioni (velocità di recupero uniforme)

Scorrimento corda:

Quando $F_{MANO} > F/3$, cioè quando $F_{MANO} > F/3$, la massa viene sollevata in quanto non è più verificato il bilanciamento delle forze (ciascuna puleggia è interessata da una forza su un ramo maggiore della forza sull'altro ramo, quindi inizia a ruotare).

Quando la massa si è alzata di 10 cm, si alza di 10 cm anche la puleggia P_B . La corda scorre di 10 cm nella puleggia P_A ; altri 20 cm di corda provengono dall'innalzamento della puleggia P_B ; quindi la mano nel frattempo ha recuperato 30 cm di corda. Pertanto è necessario recuperare una quantità di corda tre volte maggiore di quanto viene sollevata la massa.

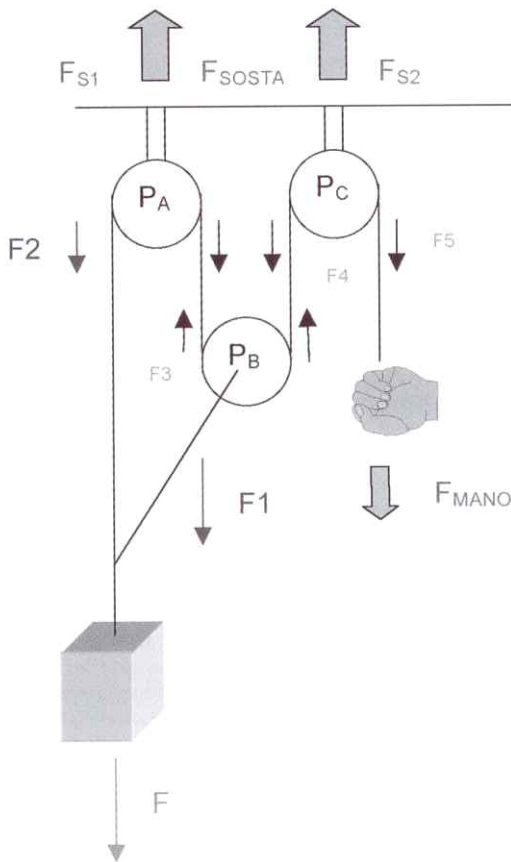


Figura: schematizzazione della carrucola doppia modificata (disegno A. Carboni)

Bilanciamento delle forze:

Il sistema è in equilibrio:

$$F = F_1 + F_2 \quad (1)$$

Le pulegge P_A , P_B , P_C sono in equilibrio:

$$F_{SOSTA} = F_2 + F_3 + F_4 + F_5$$

con $F_2 = F_3 = F_4 = F_5$ altrimenti le pulegge ruotano (a)

Da (a) discende che:

$$F_2 = F_3 = F_4 = F_5 = F_{MANO}$$

Inoltre:

$$F_1 = F_3 + F_4 = 2 F_{MANO}$$

Sostituendo in (1):

$$F = 3 F_{MANO}$$

$$F_{MANO} = F/3$$

$$F_{SOSTA} = 4 F_{MANO} = 4/3 F$$

E anche:

$$F_1 = 2/3 F$$

$$F_2 = F/3$$

Ipotesi:

- forze "parallele";
- attrito nelle pulegge trascurabile.

Le formule continuano ad essere valide anche dinamicamente purché non siano presenti accelerazioni (velocità di recupero uniforme)

Scorrimento corda:

Quando $F_{MANO} > F_2$, cioè quando $F_{MANO} > F/3$, la massa viene sollevata in quanto non è più verificato il bilanciamento delle forze (ciascuna puleggia è interessata da una forza su un ramo maggiore della forza sull'altro ramo, quindi inizia a ruotare). Quando la massa si è alzata di 10 cm, si alza di 10 cm anche la puleggia P_B . La corda scorre di 10 cm nella puleggia P_A ; altri 20 cm di corda provengono dall'innalzamento della puleggia P_B ; quindi la mano nel frattempo ha recuperato 30 cm di corda. Pertanto è necessario recuperare una quantità di corda tre volte maggiore di quanto viene sollevata la massa.

ATTENZIONE: L'aggiunta della terza puleggia (P_C) NON è conveniente in quanto, a parità di sforzo del soccorritore, raddoppia lo sforzo sulla sosta (rispetto al caso di carrucola doppia).

MATERIALE UTILIZZATO

- Corda usurata diametro mm 11
- Puleggia tipo 1 (leggera, apribile, Petzl modello "P02" rotella plastica)
- Puleggia tipo 2 (fissa, Petzl modello "Fixe P05" rotella alluminio)
- Puleggia tipo 3 (molto leggera, Petzl modello "ultraleggere P00" rotella plastica)

Condizione di prova: valori misurati con velocità di recupero uniforme (scorrimento continuo della corda)

TABELLA 1: PROVE RIGUARDANTI LA CARRUCOLA DOPPIA Massa: peso di 78 Kg indicato con "F"

tipo di prova	forza sulla sosta (Kg _f)	forza compiuta da soccorritore (mano) (Kg _f)	note: Forza percentuale rispetto al peso della massa (F)
1. Senza utilizzo di pulegge: la corda passa direttamente nei moschettoni (P _A =NO, P _B =NO)	32-33	49-50	sosta: 42% di F; mano: 63% di F; somma forze: 105%
2. Utilizzo di una puleggia di tipo 3 lato sosta (P _A =tipo 3 P _B =NO)	33-34	48-49	sosta: 43% di F; mano: 62% di F; somma forze: 105%
3. Utilizzo di una puleggia di tipo 2 lato sosta (P _A =tipo 2 P _B =no)	34-35	47-48	sosta: 44% di F; mano: 61% di F; somma forze: 105%
4. Utilizzo di una puleggia di tipo 3 lato soccorritore (P _A =NO P _B =tipo 3)	38-39	44-45	sosta: 49% di F; mano: 57% di F; somma forze: 106%
5. Utilizzo di una puleggia di tipo 1 lato soccorritore (P _A =NO P _B =tipo 1)	38-39	44-45	sosta: 49% di F; mano: 57% di F; somma forze: 106%
6. Utilizzo di una puleggia di tipo 2 lato soccorritore (P _A =NO P _B =tipo 2)	39-40	42-43	sosta: 51% di F; mano: 54% di F; somma forze: 105%
7. Utilizzo di due pulegge di tipo 3 (P _A =tipo 3 P _B =tipo 3)	40	41-42	sosta: 51% di F; mano: 53% di F; somma forze: 104%
8. Utilizzo di due pulegge di tipo 2 (P _A =tipo 2 P _B =tipo 2)	42-43	38-40	sosta: 54% di F; mano: 50% di F; somma forze: 104%
9. Carrucola DOPPIA TEORICA	52	26	sosta: 67% di F; mano: 33% di F; somma forze: 100%

TABELLA 2: CARRUCOLA DOPPIA MODIFICATA Massa: peso di 76 Kg indicato con "F"

tipo di prova	forza sulla sosta (Kg _f)	forza compiuta da soccorritore (mano) (Kg _f)	note: Forza percentuale rispetto al peso della massa (F)
1. Carrucola DOPPIA MODIFICATA senza utilizzo di pulegge	165-168	80-84	sosta: 219% di F; mano: 108% di F; somma forze: 327%
2. Carrucola DOPPIA MODIFICATA con utilizzo di due pulegge	154-155	69-70	sosta: 203% di F; mano: 90% di F; somma forze: 294%
3. Carrucola DOPPIA MODIFICATA TEORICA	101	25	sosta: 133% di F; mano: 33% di F; somma forze: 166%