

Zeitschrift:	Gioventù e sport : rivista d'educazione sportiva della Scuola federale di ginnastica e sport Macolin
Herausgeber:	Scuola federale di ginnastica e sport Macolin
Band:	37 (1980)
Heft:	11
Artikel:	La tecnologia dello sci alpino
Autor:	Woerhlé, Maurice
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-1000509

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Rivista d'educazione sportiva della
Scuola federale di ginnastica e sport
Macolin (Svizzera)

XXXVII
Novembre 1980

La tecnologia dello sci alpino

Maurice Woehrlé
Traduzione: Sandro Rossi

Dalla rivista «La Recherche», gennaio 1980

Dopo gli sci di legno degli uomini preistorici, questi attrezzi dapprima utilitari poi sportivi, hanno conosciuto uno sviluppo considerevole. Diversi fattori hanno contribuito alla loro evoluzione: la tecnica degli sciatori e soprattutto quella dei campioni, la messa a punto del materiale nuovo e... la moda.

Per capire il comportamento dello sci sulla neve, quantificare i suoi effetti e decidere della scelta dei materiali, i costruttori hanno previsto due metodi: le prove in laboratorio e quelle sulla neve. Da qualche tempo si orientano verso prove su ordinatore. Lo sci alpino non è più soltanto una disciplina sportiva ma anche un'avventura tecnologica.

L'origine dello sci si perde nella preistoria. Le xilografie rupestri scoperte in Norvegia e gli sci fossilizzati trovati in una tomba a Hoting, Svezia, indicano che la disciplina dello sci era già praticata 2500 anni prima della nostra era. Delle buone ragioni ci permettono di credere che lo sci era pure conosciuto nell'Altaï e in Manciuria, otto secoli prima di Cristo. Già dalla loro origine gli sci hanno una forma longilinea con una parte più rialzata, davanti, e fusolare (la punta). Una tale geometria dimostra che gli sci, a differenza delle racchette, sono stati concepiti per scivolare in terreno aperto e poco accidentato. Se questa forma tipica è stata mantenuta durante tutto questo tempo, la lunghezza, per contro, ha subito innumerevoli cambiamenti a seconda delle regioni. Un'eccezione ha però fatto storia: durante più di 2000 anni, i lapponi, hanno utilizzato degli sci di lunghezza asimmetrica: uno molto corto e ricoperto di pelli per poter prendere lo slancio sulla neve e l'altro lungo, stretto munito di una scanalatura centrale, guida, per scivolare.

I primi sci erano evidentemente fatti di legno; scolpiti letteralmente da rami di pino, abete, quercia di forma conveniente per realizzarne le punte. Solo più tardi è stato perfezionato il principio di

seccatura del legno mantenuto ricurvo.

Fino alla fine del XIX secolo lo sci era un mezzo di spostamento utilizzato nelle campagne durante la brutta stagione e per la guerra.

Gli sciatori dell'epoca utilizzavano un solo bastone per mantenersi in equilibrio e per la propulsione in quanto la mano libera serviva a tenere l'arma da caccia o da guerra. Lo sci sportivo appare soltanto nel 1930. I norvegesi, che già praticavano competizioni di resistenza, in quell'anno, organizzarono la prima gara di salto nel Telemark e fondarono il primo sci club, il Christiana, nel 1883.

Oltre Atlantico gli sci vennero scoperti solo nel 1850, importati da boscaioli norvegesi, emigrati nel Nevada e in California durante la febbre dell'oro. I meno fortunati ridiventaroni boscaioli e cominciarono a organizzare delle competizioni sul continente americano, prove di velocità pura in linea retta e con partenza su di un rango. In Francia bisogna aspettare fino al 1879 per vedere a Chamrousse, il grenoblesco Henry Duhamel lanciarsi sulla neve; non fu un passo senza difficoltà in quanto il suo fornitrice svedese dimenticò di precisargli come le scarpe dovevano essere fissate sugli sci!

L'introduzione, nelle Alpi, del vecchio sci di marcia scandinavo ha provocato la nascita di un nuovo attrezzo, adattabile a pendii ripidi e a nevi gelate; mentre che nel suo paese d'origine l'evoluzione si

dirigeva verso lo sci di fondo fine e leggero come un giavellotto. Gli inizi di questo nuovo sci, che chiamiamo sci alpino, possono essere fissati al 1910 con la famosa scuola dell'Arlberg creata da Hans Schneider. Qui si insegnava lo stembogen, una nuova tecnica di virata, adattata all'inclinazione dei nostri pendii, che potevano essere

I padri dello sci alpino

È ancora del Telemark che, verso il 1850, Sondre Norkheim, immaginò di fissare il tacco della scarpa dello sciatore allo sci stesso. Ebbe soprattutto l'idea, geniale a quell'epoca, di dare ai lati dello sci, una forma concava. Con una parte davanti e una parte dietro più larga che non la centrale, rispettivamente di 18 e 8 mm circa, lo sci acquistò la proprietà di condurre lui stesso la curva dettata dallo sciatore. Una seconda tappa importante dello sci alpino portava all'alleggerimento senza però diminuire la resistenza all'usura dello strato inferiore. Dal 1891, furono fatte delle ricerche, sempre nel Telemark, per associare, tramite collaggio, due estratti di legno differente, del frassino per la suola degli sci e del legno più leggero per la parte superiore. È soltanto nel 1930 che l'idea fu effettivamente volgarizzata e diventò un vero procedimento di fabbricazione.



Questa fotografia, riproduzione di un quadro scandinavo, ricorda una scena antica, si possono osservare due guerrieri in posizione di difesa con ai piedi degli sci in legno. La loro forma è un compromesso fra uno sci da gita e uno sci da fondo, lungo, stretto e con una punta molto pronunciata. L'introduzione di questo tipo di sci, nelle Alpi, ha fatto nascere lo sci alpino nel 1910.

Le tecniche di assemblaggio nella fabbricazione degli sci

La fabbricazione degli sci dipende dalle tecniche di incollaggio e risp. di calco. Arriva, in definitiva, a solidificare dieci a venti elementi formati da materiali totalmente diversi. Tutti questi procedimenti di assemblaggio portano a creare una fusione di tipo adesivo. Conosciamo tre tecniche di assemblaggio:

- L'assemblaggio tramite incollaggio che si applica nei casi dove tutti gli elementi dello sci si trovano allo stato solido. Si impiegano in questi casi degli adesivi «epoxy» o «phénoques» che si applicano sotto forma liquida (pennello, collatrice, macchina per tende) o in film.
- L'assemblaggio tramite calco concerne gli sci ad armatura in fibra di vetro ed eventualmente di carbone o poliamide aromatica, nel caso in cui la fibra di vetro è messa nel calco con una resina di stratificazione non ancora polimerizzata. Tramite questo processo, la resina diventa liquida. Si mescolerà all'adesivo o prenderà la parte d'adesivo. Dunque, sarà obbligatoriamente un «epoxy». Sebbene questo tipo di assemblaggio sia applicato, la maggior parte delle volte, con nuclei solidi, esso concerne il caso degli sci a nucleo cavo. Uno dei procedimenti di questa struttura consiste a disporre nel calco, al posto del nucleo, dei tubi elasticci e impermeabili, ricoperti di fibra di vetro e che vengono gonfiati quando il calco è sotto pressione.
- Infine, il processo *in-situ* che, sotto questa denominazione, copre i procedimenti di fabbricazione nelle quali si ricalca il nucleo (in poliuretano) all'interno dello sci stesso. I diversi elementi dello sci sono concepiti in modo da poterli disporre in cassoni all'interno del calco. Questa tecnica è veramente seducente. Sopprime la prefabbricazione del nucleo e accelera considerevolmente la cadenza di calco, dal momento che il poliuretano si espande e si solidifica in tre minuti. Al contrario, questa tecnica, implica la realizzazione di certi preassemblaggi dal momento che il poliuretano può solidificare soltanto le quattro facciate interne del cassone nel quale si espande. Questo processo è soltanto economico nelle strutture relativamente poco elaborate.

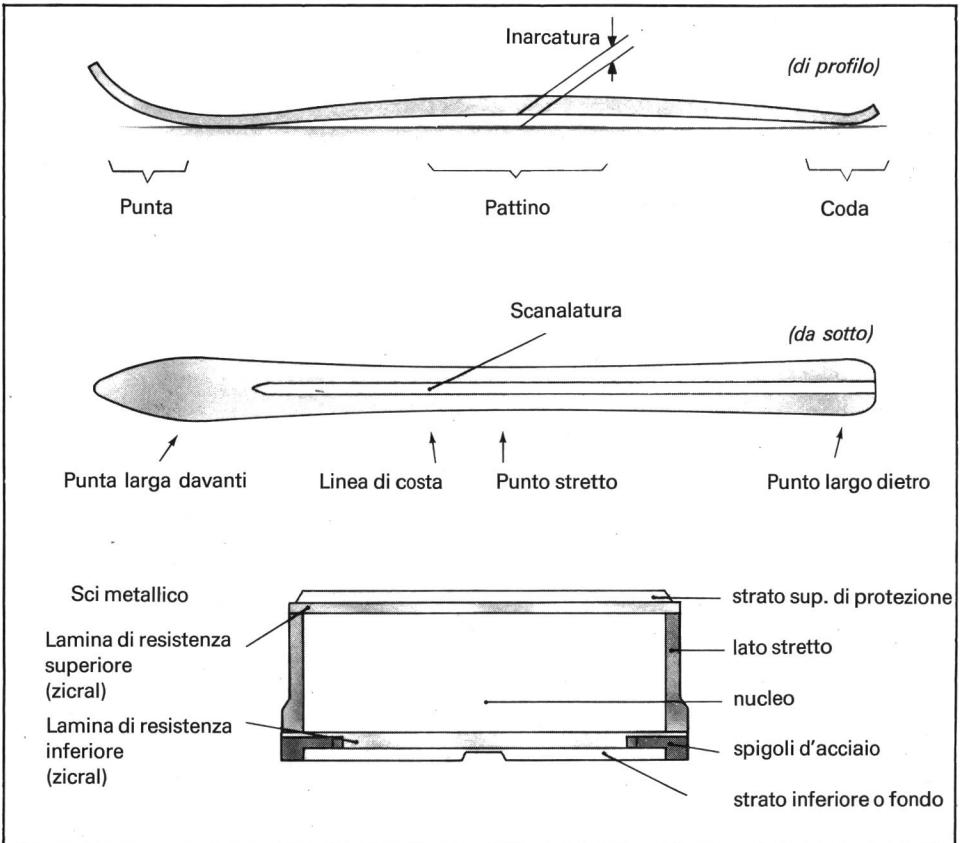


Figura 1: La forma dello sci alpino assomiglia ad un coltello. Di uno spessore di 15 a 20 mm nella parte centrale (pattino), diminuisce a 5/8 mm alle estremità. Si prolunga verso l'avanti in una parte ricurva (la punta). Dietro, la geometria degli sci è meno accentuata, misura soltanto 4/6 mm. Visto da sotto si può distinguere la concavità delle linee laterali che caratterizzano la sua forma e la scanalatura; nel nostro caso quella di uno sci metallico. Comprende il nucleo che occupa una parte importante del volume totale, un fondo e un rivestimento protettore collato alla lamina di resistenza superiore. Il nucleo è protetto dall'umidità dei lati stretti che servono pure da supporto agli spigoli. La costruzione è leggermente modificata nel caso di sci in fibra di vetro.

I primi sci alpini francesi furono fabbricati nel 1907 dalla scuola di sci militare del 159.o reggimento di fanteria a Briançon. Il capitano Rivas, che aveva incominciato a insegnare i metodi di fabbricazione degli sci alle reclute della regione, mise a punto una serie di processi rudimentali, estremamente ingegnosi e semplici, per fabbricare sci, bastoni e attacchi. Gli sci erano di legno massiccio, la curva longitudinale o inarcatura e la curva della punta erano formate seccando il legno, fissato fra due forme, in un forno da pentiere. È appunto in quest'epoca che naque la prima fabbrica francese di sci, fondata da Abel Rossignol. Depositerà nel 1939 un brevetto sul controcollaggio, procedimento che permette di dare allo sci un'inarcatura e un profilo di punta duraturi. Un altro problema acuto: l'usura dei bordi inferiori dello sci. L'idea di proteggerli con degli spigoli metallici

risale già al secolo precedente (dalla Groenlandia tramite Fridtjof Nansen, nel 1888) mancava però il processo di fissazione conveniente. Gli spigoli diventarono generalità nel 1930 sotto forma di elementi in rame o acciaio fissati con delle viti speciali. Purtroppo il metallo scivola male sulla neve; così per ridurre questo attrito, Paul Michal inventò nel 1949 lo spigolo nascosto. Questo tipo di spigolo era costituito da due rami a forma di L, l'uno visibile, l'altro avvitato allo sci e praticamente camuffato dal fondo in plastica. Furono dapprima in cellulosa poi in polietilene (1955), grazie a Kofler che trova la difficile soluzione al problema di incollaggio di questo materiale aggiungendogli un supporto in tela. Più recentemente, l'evoluzione dello sci si è soprattutto concentrata sul miglioramento del suo comportamento sulla neve che dipende dalla struttura e dai materiali utilizzati. Nomi di grandi

campioni sono legati a queste diverse tappe: Adrien Duvillard e Jean Vuarnet per gli sci metallici, Karl Schranz per gli sci in fibra di vetro.

Niente sci senza scarpe e attacchi

Non possiamo parlare di sci senza evocare le scarpe e gli attacchi. Fino al 1937, data d'apparizione dei primi mezzi di risalita meccanici, le scarpe sono di cuoio molle ed elastico e gli attacchi permettono al tacco di sollevarsi. Più tardi si cerca di assicurare la stabilità laterale del piede, dapprima con l'introduzione nel 1850 da M. Zdarsky di una placca metallica, poi nel 1894 di una staffa. Il tallone sarà definitivamente bloccato nel 1937 quando gli attacchi comprendranno una staffa che fissa la punta e una lunga cinghia che avvolge letteralmente il piede e lo fissa sullo sci.

I primi attacchi di sicurezza nascono negli anni 50. Comprendono un meccanismo che libera la staffa o il cavo in caso di sforzo eccessivo. L'evoluzione li trasforma in seguito a sistemi a due elementi, una testa che si sgancia al momento di una rotazione e una placca girevole sotto il tallone. L'abbandono della lunga cinghia assai pericolosa, ma che aveva il vantaggio di stringere la caviglia e il piede tramite la scarpa, obbliga i costruttori a rendere quest'ultima molto più rigida. I primi modelli non danno purtroppo soddisfazione. Diventano molli, prematuramente, al livello della giuntura fra la tomaia e la suola. Questo difetto si aggrava al momento dell'introduzione della talloniera a disinnesto, dal momento l'unione sci-scarpe è localizzata all'altezza della suola. Il procedimento di ricalco di una suola in plastica ben incastrata alla base della tomaia porta una soluzione transitoria, quando, nel 1965, Bob Lange arriva a mettere a punto e perfezionare la scarpa totalmente in plastica. In tre anni, le scarpe tradizionali saranno eliminate categoricamente da tutti i mercati.

Uno sciatore sugli sci

La forma dello sci alpino è stata studiata per rispondere a certe esigenze. Lo sci deve essere utilizzabile su tutti i tipi di neve e rispondere alle sollecitazioni esercitate dagli sciatori e dal terreno. Deve essere elastico ma indeformabile (fig.1). Non è dunque per caso che ha la forma di un coltello. Uno sci deve, innanzitutto, scivolare in linea retta e restare stabile. Per questo motivo, la sua parte inferiore comporta quasi sempre una scanalatura centrale che gli serve da guida. Interviene quando lo sci si trova piatto sulla neve e contribuisce alla sua stabilità trasversale, ad eccezione di quando si trova sul ghiaccio. Questa forma caratteristica dello sci deve inoltre impedirgli di sparire nella

neve profonda, giustificazione dalla punta rialzata, e di «sfregare» dietro, per ciò anche la coda è leggermente rialzata. Se lo scivolare sulla neve è in fondo lo scopo ricercato, sul ghiaccio la situazione cambia aspetto: bisogna controllare la traiettoria assicurando «il mordente» dello sci. La lunghezza del «pattino» è allora fondamentale: più lo sci è stretto, e più è «mordente» (fig. 2).

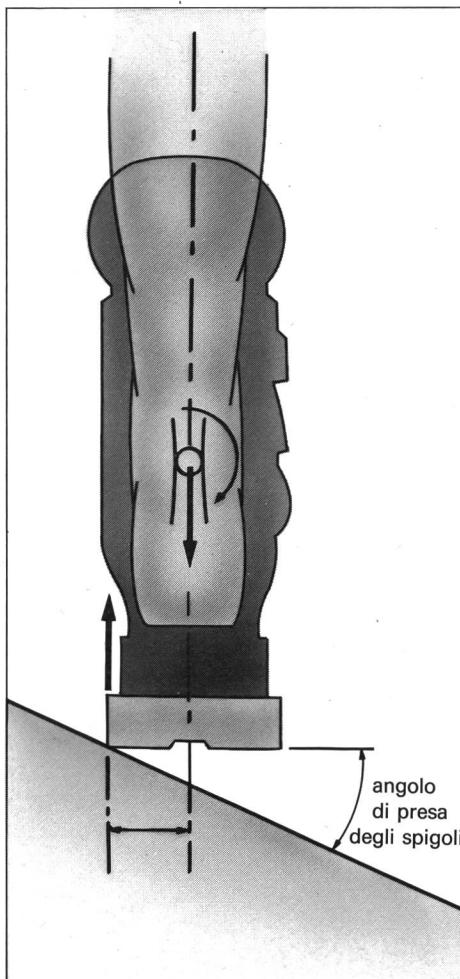


Figura 2: La larghezza del pattino condiziona in parte la potenza di «morsa» sul ghiaccio e sulla neve dura. Più lo sci è stretto, e più «morde». Si tratta qui di un effetto di leva all'altezza della caviglia dello sciatore. Il momento di flessione applicato alla caviglia è proporzionale alla mezza larghezza dello sci. Con uno sci stretto, lo sciatore arriva a mantenere più facilmente un grande angolo di presa degli spigoli.

Uno sci deve sempre descrivere una curva ed è a questo livello che la forma della linea di costa, come pure la sua concavità, intervengono. Gli sci a

linea di costa profonda sono più diretti, dal momento che la pressione esercitata dagli spigoli sulla neve è distribuita maggiormente sulle estremità (fig. 3b). Il fatto che uno sciatore si trova però sugli sci, induce più di un effetto sul loro comportamento. La natura delle forze presenti è molto diversa, a seconda che lo sciatore scivoli in traccia diretta o che effettua una curva (fig. 4). Nel primo caso la forza motrice è la componente di peso parallela al pendio e le forze antagoniste risultano dalla resistenza dell'aria e dallo sfregamento dello sci sulla neve. I fenomeni di sfregamento dello sci sulla neve sono estremamente complessi e ancora mal conosciuti. Il scivolamento dello sci dipende dalla ripartizione delle pressioni che lo stesso esercita sulla neve (fig. 3a), dalle vibrazioni che subisce, dalla natura e dallo stato della superficie del fondo, e, evidentemente, dalla qualità della neve. Ammettiamo che lo sfregamento dello sci provoca una fusione che si limita alle punte dei microrilievi della neve. Sono stati immaginati due tipi di soluzione per minimizzare queste forze: il primo è passivo e consiste a migliorare la scivolata dello sci applicandogli della sciolina. Si tratta di prodotti idrofughi a base di paraffina. La loro composizione è più o meno segreta. Accanto a scioline relativamente polivalenti, esistono prodotti adattati a temperature e a qualità di neve ben determinate. In competizione la scelta di una buona sciolina è talvolta assai delicata in quanto esistono un'infinità di tipi di neve o miscele di neve che, soprattutto quando la temperatura è vicina a 0°C, sono in continuo cambiamento. Quest'ultimo processo è attivo e provoca di conseguenza l'intervento diretto dello sciatore. Per minimizzare la resistenza dell'aria, i corridori evolvono in posizioni basse, raggruppate, dette posizioni di ricerca di velocità e indossano delle tute molto attillate. Lo sciatore può anche favorire la scivolata rilassando sufficientemente le caviglie affinché lo sci possa essere assolutamente piatto sulla neve e soprattutto seguire, in questa posizione, tutte le piccole inegualanze del terreno. Un buon discesista è innanzitutto qualcuno che sa ben scivolare. Le forze che intervengono al momento di una curva sono quelle della scivolata nella linea di massima pendenza addizionate alla forza centrifuga. Lo sciatore deve essere inclinato all'interno della curva per poter lottare contro la forza centrifuga e contro le forze d'attrito che lo sci, in posizione diagonale per rapporto alla traiettoria, genera a livello della neve. Una curva è un movimento composto di uno spostamento in avanti, di uno slittamento e di una rotazione (fig. 5). Dall'ampiezza dello slittamento dipende anche la tecnica della curva. Quando essa è piccola, la curva è come si dice, spaccata: caso tipico dello slalom gigante. Per contro è veramente preponderante in una curva detta scivolata, figura caratteristica dise-

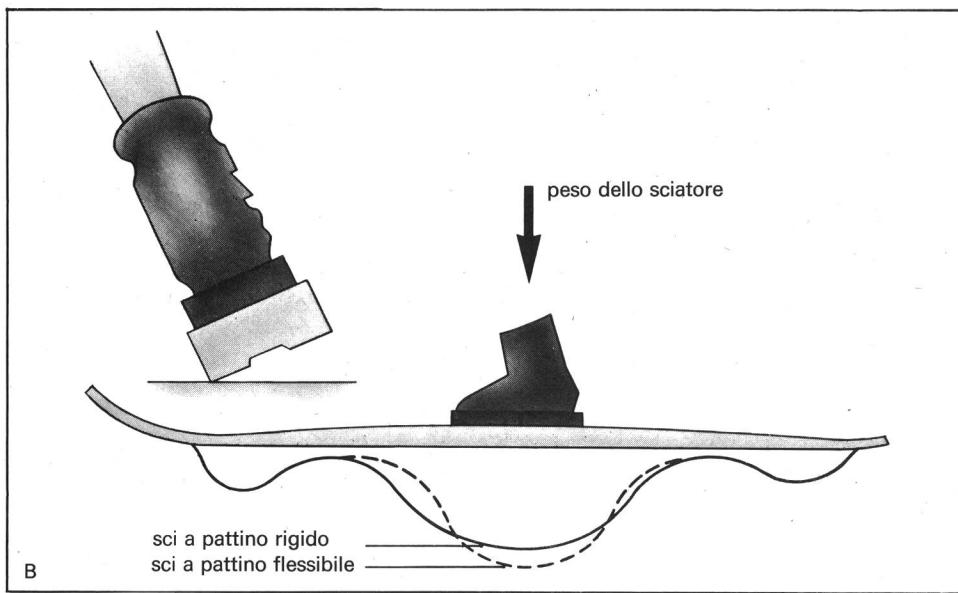
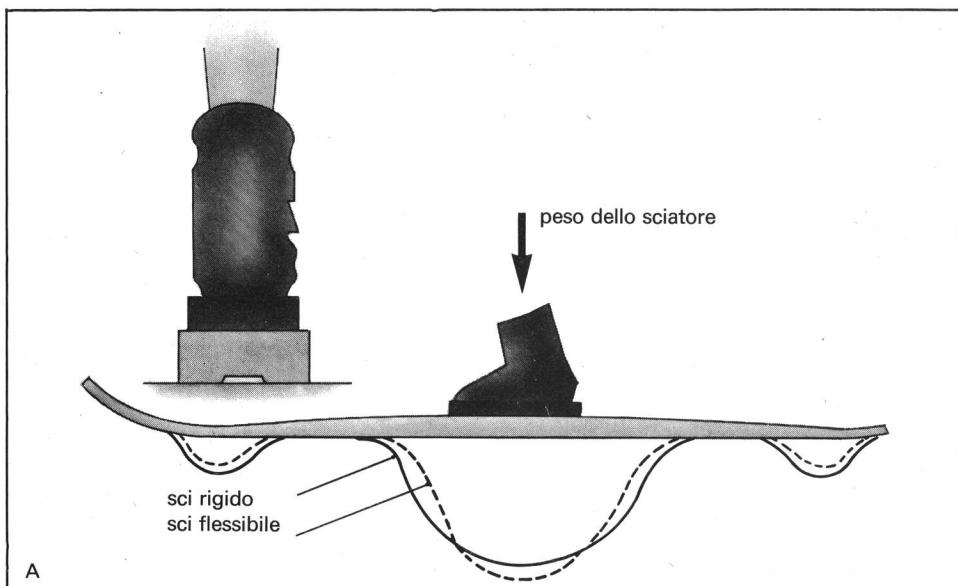


Figura 3: La pressione che esercita lo sci sulla neve non è del tutto la stessa se esso è piatto o sugli spigoli. Lo sci posato piatto e fermo sulla neve esercita una pressione distribuita in modo discontinuo (A). Le zone di pressione davanti e dietro dello sci risultano dall'eliminazione dell'incavatura iniziale. La zona di pressione sotto il pattino dello sci è determinata dal peso dello sciatore e dalla distribuzione della rigidezza dello sci. Nel caso di uno sci flessibile, la pressione è relativamente concentrata sotto il piede (linea tratteggiata). Quando lo sci è in movimento, diventa fonte di vibrazioni che modificano continuamente la ripartizione della pressione. Quando lo sciatore scivola in curva, lo sci è in appoggio, di sghebbo sugli spigoli (B). La flessione allora indotta dalla concavità dei fianchi dà una ripartizione di pressione più «sparsa» che nel caso precedente. Per gli sci a pattino flessibile, la distribuzione della pressione è concentrata maggiormente sotto il piede dello sciatore. La presa di spigoli è così migliorata. Per contro la condotta della curva è diminuita.

gnata dallo sciatore in uno slalom speciale (pendio ripido e porte vicine) (fig. 5b). L'ampiezza della

scivolata non è sempre scelta voluta dallo sciatore. Sul ghiaccio, il problema è, al contrario,

quello di evitare la caduta. In questo caso, la tecnica dello sciatore interviene così come la rigidezza del collo della scarpa da sci, che aiuta a mantenere l'angolo di presa degli spigoli. La funzione dello sci è però essenziale; terrà sul ghiaccio soltanto se, influenzato dalla spinta dello sciatore, lo spigolo arriverà a «mordere». Per questo è evidente che lo spigolo sia ben limato e soprattutto che lo sci sia sufficientemente molle al livello del pattino per poter sviluppare una pressione molto concentrata. Deve pure resistere all'effetto di torsione provocato dalla curva e non far nascere delle vibrazioni.

Agli sforzi di torsione si aggiungono, e ciò in modo costante, delle coazioni importanti di flessione. La nostra preoccupazione di aumentare la prestazione degli sci assicurandone però la resistenza e la flessibilità ci crea dei veri problemi di ricerca.

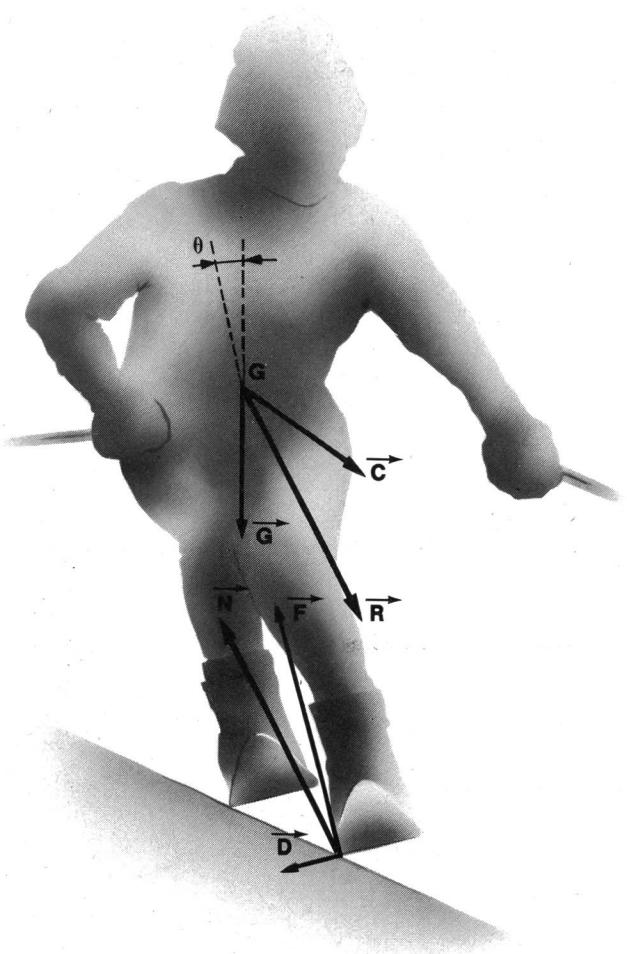
Un materiale per ogni sezione dello sci

Dal momento che le diverse sezioni di uno sci sono sottoposte a sollecitazioni differenti, è naturale che il tutto sia costituito da una decina di materiali diversi. Agli inizi tutto era semplice, esisteva soltanto il legno. La scelta era in fondo ragionata, in quanto grazie alla sua struttura di fibre unidirezionali, il legno è il materiale naturale più adatto agli sforzi di flessione. Comunque, la sua resistenza e la sua elasticità lasciano alquanto a desiderare. I materiali che hanno la caratteristica di una rigidezza sufficiente (flessione, torsione), un peso specifico (leggerezza) ridotto e un limite di deformazione elevato (elasticità) sono molto pochi.

Oggi, si utilizzano essenzialmente gli stratiificati di fibra di vetro e una lega di alluminio (lo zicral). Facciamo pure notare che una grande fabbrica francese ha sviluppato uno sci per bambini e sci da fondo la cui armatura è composta di fili di acciaio. Questa soluzione ha il vantaggio di essere economica, ma questo tipo di armatura puramente unidirezionale è soltanto positiva se la rigidezza di torsione deve o può essere debole.

Che si tratti però di sci metallici o di sci in fibra di vetro, questi materiali hanno dei pesi specifici troppo elevati per essere utilizzati individualmente. Li si devono disporre in lamine fini da una parte e dall'altra di un nucleo in materiali più leggeri ai quali si adatta lo spessore per ottenere la rigidezza richiesta. Siamo così portati a realizzare una struttura «sandwich» dove l'essenziale delle coazioni d'allungamento e compressione è sopportato dalle lamine esterne, e gli sforzi del cesellamento dal nucleo interno. In certi tipi di costruzione, si prevedono degli assiti fra le lamine esterne che rinforzano o sostituiscono il nucleo: si parla allora di strutture in cassoni.

Per limitare il peso del nucleo si utilizzano dei legni



G Peso dell'insieme sci-sciatore al punto G
A Forza aerodinamica dell'insieme applicata al punto A
I Inerzia dell'insieme applicata al punto G
N Reazione della neve applicata al punto N. Il momento pungente delle forze x equilibrato dal momento d'incarcamento delle forze z:

$$GX = Nx + Ax + Ix$$

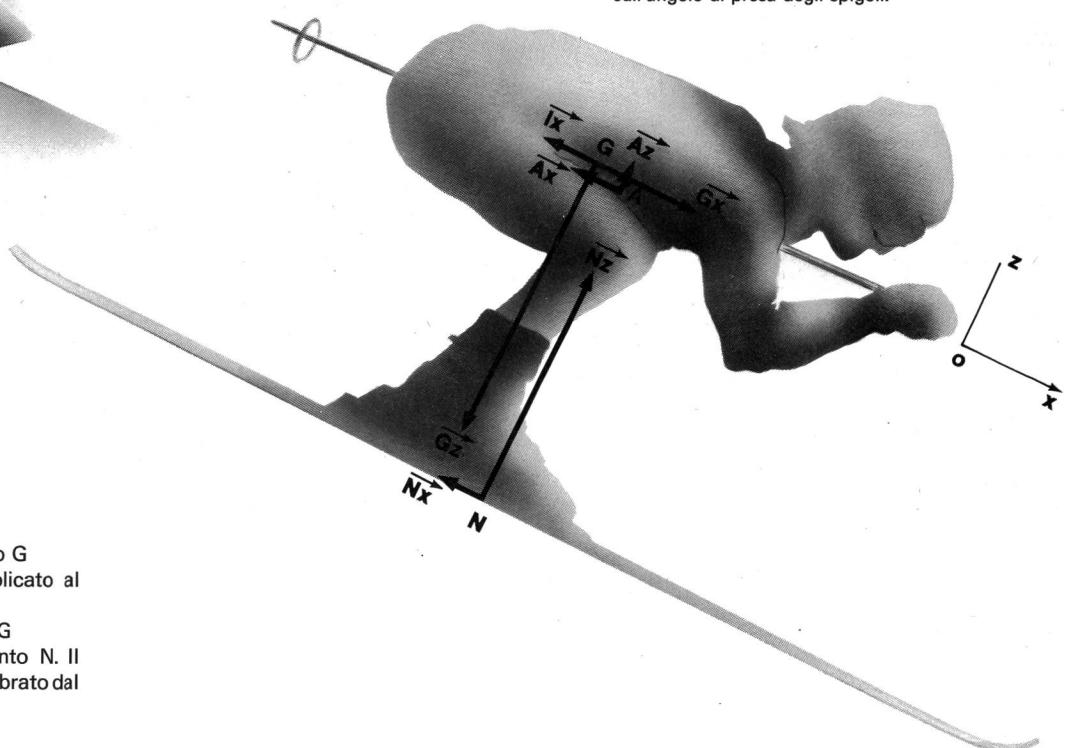
$$Gz = Nz + Az$$

G Peso dello sciatore
C Forza centrifuga
N Reazione della neve
F Sforzo in flessione applicato allo sci
D Sforzo in scivolata applicato allo sci
O Angolo di spostamento dello sciatore

$$R = G + C$$

$$N = F + D$$

Figura 4: Uno sciatore sugli sci è un sistema supposto indeformabile. Studiamo il suo movimento sotto l'azione di diverse forze (A). Queste forze differenziano a seconda che lo sciatore si trovi in posizione dinamica di scivolata nella linea di massima pendenza o di scivolata in curva. Nel primo caso la forza motrice (componente della pesantezza parallela al pendio G_x) è applicata al centro di gravità. Le forze d'inerzia applicate a G possono aggiungersi (rallentamento) o sottrarsi (accelerazione). Le forze antagoniste risultano dalla resistenza dell'aria (A_x) e dalla sfregamento dello sci sulla neve (N_x). Nel caso di una curva (B) dobbiamo aggiungere una forza d'inerzia, la forza centrifuga. La reazione della neve è in questo caso la componente di due forze, F e D , forze di sfregamento che lo sci, obliquo per rapporto alla traiettoria, genera a livello della neve. La curva è preceduta da uno stacco che consiste in uno spostamento relativo dello sci e del centro di gravità dello sciatore tali che la risultante del peso e delle forze d'inerzia si applicano obliquamente sulla coda degli sci. Nella misura in cui l'angolo di presa degli spigli è debole, la coda dello sci sbanda più facilmente che la punta. La componente di rotazione così creata è in seguito modulata dallo sciatore che gioca sulla posizione del suo centro di gravità per rapporto ai suoi piedi e sull'angolo di presa degli spigli.



di densità debole (okoumé) o delle plastiche espansive (poliuretano, acrilico). Grazie alla loro leggerezza questi materiali sono più resistenti: ma, nella loro struttura «sandwich», l'essenziale dello sforzo si riporta sulle lamine esterne in zicral o in stratificati di vetro.

Talvolta si associano delle fibre di carbone o delle fibre di poliamide aromatica (Kevlar) alle fibre di vetro. Malauguratamente l'impiego del carbone è doppiamente frenato dal suo prezzo e dalla sua mancanza relativa di elasticità. Nella proporzione dove egli può essere introdotto in modo economico, il guadagno di peso è insignificante. Al contrario, l'influenza sul comportamento dinamico dello sci non è cosa trascurabile.

Bisogna pure contare, fra gli elementi di sostegno della struttura, gli spigoli di acciaio. A dire il vero, potremmo farne a meno, in questo particolare ruolo, in quanto il migliore degli acciai così profilato ha un'elasticità appena sufficiente. Per fortuna la durezza e l'elasticità di questo materiale si equivalgono. Così non esiste nessuna incompatibilità fra il funzionamento primo degli spigoli, assicurare un'arresto ad angolo molto chiuso, e la sua funzione fortuita di elemento strutturale.

I rivestimenti

Nel capitolo dei materiali, non possiamo dimenticare i rivestimenti. Il rivestimento inferiore ha funzione doppia: di scivolata e di resistenza alla corrosione della neve e del ghiaccio. Deve essere facilmente riparabile in caso di rigature, inevitabili, sulle pietre. Si utilizza del polietilene ad alto peso molecolare. La superficie superiore dello sci è relativamente poco maltrattata. Può essere rigata dagli spigoli (sci incrociati, e gli effetti ben conosciuti di attesa agli sci-lift) o marcata dalla punta dei bastoni. Questo rivestimento è dunque piuttosto decorativo, laccato e verniciato, più che protettivo. Si utilizza quasi sempre dell'ABS¹. Per contro, i bordi della lamina superiore di uno sci sono veramente malmenati dagli spigoli in acciaio dello sci opposto. La frequenza e la violenza degli urti raggiunge il suo punto culminante sulle punte, così si deve, sugli sci in fibra di vetro, montare un robusto elemento protettivo in acciaio o in lega d'alluminio. Sul resto della sua lunghezza, lo sci è munito di spigoli superiori in ABS o in zicral. I fianchi dello sci sono relativamente poco strapazzati. Il loro rivestimento è soltanto necessario sugli sci a nucleo in legno e questo per evitare una penetrazione di umidità. Infine è necessario un proteggi tallone in lega di alluminio in quanto questa parte dello sci è usata sensibilmente dagli impatti sul terreno; impatti voluti per togliere la neve o gesti involontari durante le diverse manipolazioni.

¹ ABS: copolimero d'acrilonitrile, di butadieno, e di stirene

Il verdetto delle prove

Quando si pensa di aver scoperto l'associazione adatta dei materiali, rimangono ancora le prove in laboratorio e nel terreno. Le prove in laboratorio riproducono in modo approssimativo le coazioni che lo sci subisce una volta ai piedi dello sciatore e concernenti innanzitutto le proprietà di resistenza dei materiali o dei loro accoppiamenti. Ma a struttura identica, le prestazioni variano a seconda della forma dello sci e le sollecitazioni sulla neve sono pure diverse. Dobbiamo dunque tener conto dell'interpretazione dei risultati. Le prove più classiche sono quelle di deformazione in flessione che simulano in modo molto globale il passaggio a piccola velocità dello sci in una conca profonda. Si tratta di prove di flessione tre punti. Detto in altre parole, lo sci riposa su due punti e a un terzo punto, situato a mezza distanza dagli appoggi, è applicato un peso che aumenta progressivamente. Un test di complemento è la rottura in flessione. Consiste a determinare il peso che, applicato fra due appoggi ravvicinati, provoca la rottura dello sci. La distanza è allora volontariamente ridotta fra gli appoggi in modo da evitare che lo sci possa sfuggire alla coazione flettendosi fra i supporti. Infine la prova classica di «fatica» che simula le flessioni continue subite dallo sci e che

assomigliano, a lungo andare, ad un certo rilassamento nella prestazione. Anche se è certamente la prova più anziana e più comune della nostra industria non è la meno deludente. Consiste nel far subire allo sci 10 000 a 30 000 flessioni, ad una frequenza di due «hertz» e con un'ampiezza che varia, secondo la forma dello sci, di 12 a 20 mm. Si misura la diminuzione d'incarcatura. Molto rapida all'inizio della prova, quest'ampiezza tende a stabilizzarsi verso le 8000 flessioni. È pure logico pensare che si produce pure una piccola riduzione della durezza ma finora non si è potuto metterlo in evidenza. Se si rende la prova più «cattiva», per esempio aumentando l'ampiezza delle flessioni, si provoca una rottura degli spigoli d'acciaio, cosa che non si constata nell'utilizzazione vera e propria dello sci.

Per tutte queste prove, non esiste scala di referenze assoluta per interpretarne i risultati. Ogni fabbricante si è dunque fissato dei punti di riferimento basandosi sull'esperienza pratica. Hanno tuttavia solo valore che in determinati condizioni sperimentali.

In pratica, uno si è usato allo strato inferiore (suola) (rigature causate dalle pietre), agli spigoli (usura data dalla limatura) e le punte i cui bordi finiscono per essere usati dagli spigoli dello sci opposto. Si produce pure un regresso di presta-



Le ricerche in vista di migliorare la concezione degli sci passano ora tramite l'identificazione precisa del loro lavoro sulla neve. Perciò vengono equipaggiati di fettucce estensometriche (misura delle deformazioni superficiali) o di accelerometri (misura degli choc) i cui segnali sono registrati su nastro magnetico. Nella foto, il collaudatore porta il registratori sul petto e sulla schiena l'alimentatore e gli amplificatori.

zione sul ghiaccio. Cosa percettibile per gli sci a nucleo in legno. Per il momento questo fenomeno non ha potuto essere misurato.



Le prove in laboratorio hanno il vantaggio di essere fatte in modo assai rapido e di dare dei risultati cifrati, ma non permettono di valutare gli eventuali punti deboli. Procediamo dunque a delle prove di resistenza nel terreno, unico esperimento determinante.

Consiste a prestare gli sci a degli specialisti, durante tutta la stagione, e a valutarne la loro resistenza paragonando certi parametri misurati prima e dopo la prova: inarcatura, flessibilità, allineamento suola-suola (proprietà dei due sci di uno stesso paio di allinearsi l'uno *contro* l'altro, suola-suola), ed esaminando lo stato generale degli spigoli superiori, dello strato superiore in generale, della punta, ecc. Esiste un altro modo di prove sulla neve, molto più difficile da realizzare dal momento che i risultati non sono altro che impressioni personali. Si domanda a degli specialisti d'apprezzare o meno la facilità di stacco dei diversi tipi di curva (corto e ampio raggio, scivolata o tagliata), la potenza di «morso» sulla neve battuta o sul ghiaccio, la stabilità orizzontale e verticale, la tenuta della traiettoria, l'attitudine a condurre la curva senza nessuna correzione da parte dello sciatore, la malleabilità in neve difficile (profonda, pesante), l'adattamento al terreno ondulato (assorbire l'impatto), il conforto o l'attrito troppo importante del contatto sci-neve. Certi fabbricanti hanno delle vere e proprie

squadre di «collaudatori» esterne ai loro servizi di ricerca, altre preferiscono integrare degli ingegneri responsabili dello sviluppo del modello. Con questa procedura di prova si arrischiano però giudizi soggettivi che si possono però ridurre addottando altri sistemi particolari: sci con referenze, rapporti separati, espressione dei risultati in termini d'impressione globale. Per contro si ha il vantaggio di essere a contatto diretto con delle sensazioni umane. È molto importante, dal momento che la molteplicità delle impressioni risentite e l'estrema diversità della neve, dei rilievi delle piste e delle evoluzioni dello sciatore fanno sì che letteralmente è impossibile esprimere la totalità delle esperienze fatte in un solo rapporto di prova. Trovare la parola giusta non è il problema minore. L'esperienza acquisita in comune ha permesso di stabilire una terminologia «maison» che supera queste difficoltà. In queste condizioni l'apprezzamento concorda generalmente bene e talvolta anche in modo eccellente. È indispensabile che sia così in quanto questi apprezzamenti determinano delle decisioni industriali e commerciali di importanza capitale, quali per esempio il lancio di una nuova serie di modelli.

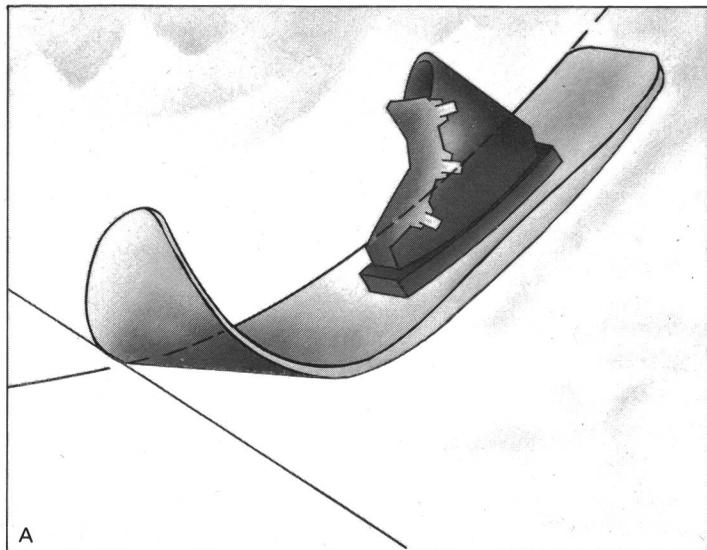
Degli sci per tutti i gusti

Lo sviluppo della pratica dello sci ha provocato una vera e propria esplosione di sciatori classificati in tre categorie: competizione, sport e ricreazione. Gli sciatori della famiglia «competizione» sono coloro che ricercano la velocità e la precisione. I loro sci devono dunque essere molto stabili ad alta velocità e capaci di descrivere delle traiettorie precise. Questo significa che devono essere lunghi (2,03 m per un uomo di taglia media) e che «mordano» fortemente il ghiaccio. A questo scopo il loro pattino sarà flessibile e stretto. Infine questi sci devono sopportare degli sforzi laterali importanti (curve nello slalom) e ammortare le vibrazioni. Nella famiglia degli «sport» lo sci è pure concepito come attività essenzialmente sportiva ma, per delle ragioni di forma fisica o gusto personale, ci si limita a delle velocità intermedie. Gli sci sono allora meno lunghi (1,90 m è la lunghezza tipica). Questa misura riduce la stabilità dello sci, che resta però perfettamente adatto alla velocità d'utilizzazione e ne migliora la malleabilità, ciò che è l'effetto ricercato. Ridurrebbe ugualmente la condotta della curva se non si compenserebbe quest'effetto dotando lo sci di una linea laterale maggiormente concava.

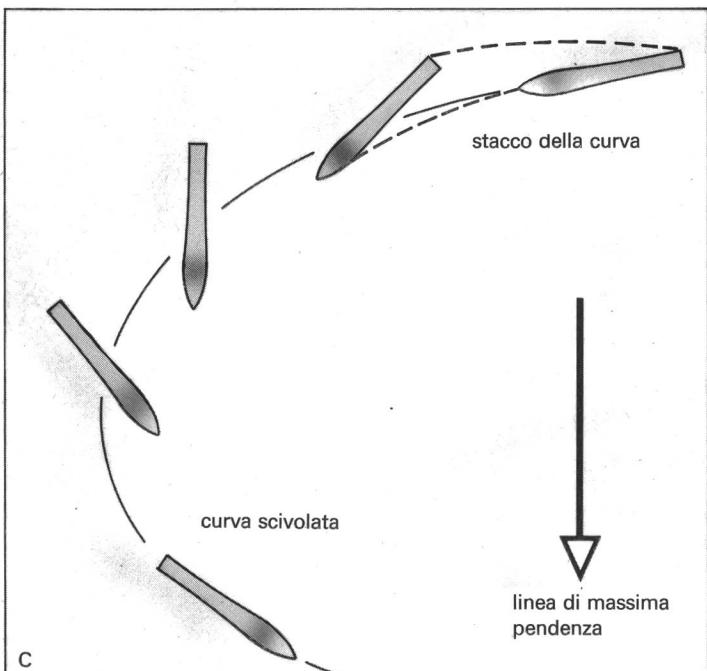
Per i membri della famiglia «ricreazione», lo sci è innanzitutto un passatempo. Cercano di sciare con rischio e sforzo minimi. Gli sci, in questo momento, devono essere il più possibile malleabili. Sono dunque corti: 1,80 m. È la ragione per la

quale questo tipo di sci è stato denominato «compatto» al momento della sua introduzione sul mercato. E gli sciatori di dossi? I fabbricanti si sono interessati a loro e sono in misura di proporre degli sci che sono corti e stretti ma che possono soprattutto girare istantaneamente sotto il piede dello sciatore. Il loro pattino è dunque relativamente rigido per poter costituire una piattaforma che penetra leggermente nella neve e la lamina inferiore (fondo) è priva di scanalatura centrale. Per ridurre al massimo gli impatti estremi contro dossi, le loro estremità sono molto flessibili. Sappiamo che il comportamento degli sci sulla neve risulta dalla combinazione degli effetti di diversi parametri: la geometria, le caratteristiche meccaniche e le proprietà di vibrazione. La modifica di un solo elemento della struttura e degli effetti in ognuno di questi tre settori, e non esiste più nessuna ragione perché ottengano i risultati previsti. I costruttori possono dunque pretendere di fare degli sci realmente diversi nel loro comportamento solo se quest'ultimi differenziano nella loro costruzione nei materiali e nell'assemblaggio.





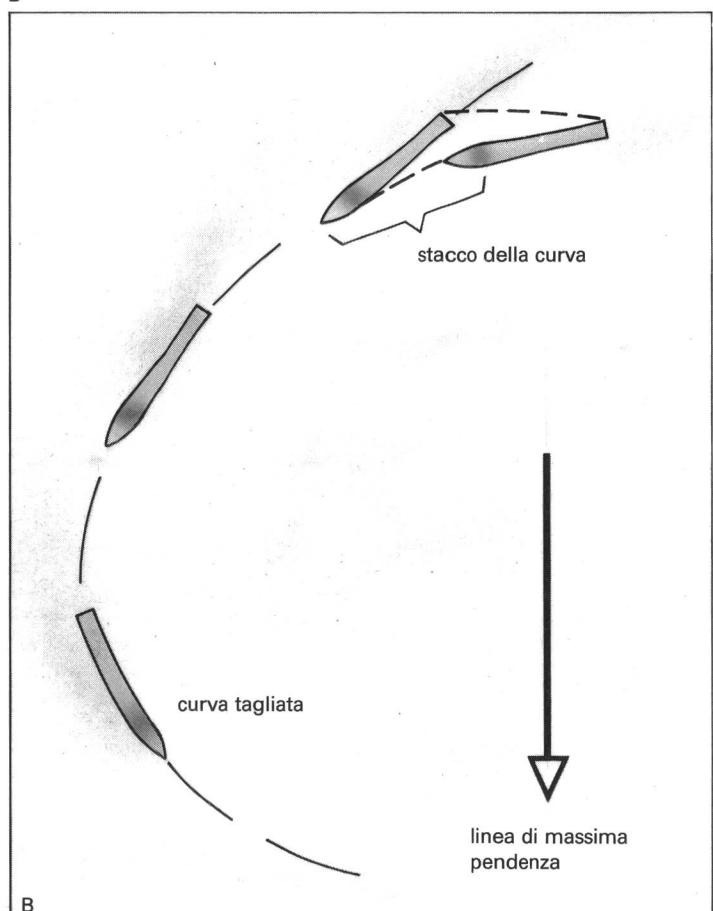
C



C



B



B

Figura 5: Vista dallo sci, una curva riunisce tre spostamenti elementari: spostamento in avanti, scivolata e rotazione. La componente dello spostamento in avanti dello sci in una virata è leggermente curvilinea, dal momento che la concavità laterale (linea laterale) lo costringe a una flessione sin dal momento della presa degli spigoli (A). Questo effetto è nettamente visibile sulla fotografia che ci presenta P.Gros in uno slalom gigante (pagina 249). L'incurvatura della traiettoria è sempre più pronunciata quanto l'angolo di presa degli spigoli è grande. La differenza fra una curva scivolata e una curva tagliata risiede nell'ampiezza della scivolata. In una curva tagliata (B), lo sci seguirebbe in modo perfetto la traiettoria che descrive. La scivolata sarebbe nulla. In realtà esiste una piccola componente di scivolata (C), lo sciatore regola l'ampiezza del movimento rotatorio con dei movimenti in avanti-indietro e adattando l'angolo di presa degli spigoli. Caricando i talloni accelererà il movimento rotatorio quando gli sci hanno debole resa, frena se la presa di spigoli è grande.

Competizioni, federazioni e industriali

La competizione di sci (Giochi olimpici, Coppa del mondo, ecc.) proviene dallo sport «dilettantesco». La relativa contraddizione esistente fra questa situazione e certi aspetti finanziari dell'attività stessa non mancano d'intrigare molta gente. Bisogna in fondo sapere che tutti i punti relativi alla competizione transitano dalle federazioni nazionali di sci. Per facilitare e formalizzare i rapporti delle industrie di sport invernali con la Federazione, è stato costituito un «pool» di fabbricanti. Solo i membri di questo «pool» possono essere fornitori della Federazione e sono autorizzati ad attrezzare uno o più corridori. La partecipazione al «pool» degli industriali è oggetto di un contratto che determina gli obblighi delle diverse parti e l'ammontare delle tasse annuali a carico dei fabbricanti (spese di gestione della Federazione).

La Federazione fissa pure, in accordo con i fornitori, l'ammontare dei premi che saranno pagati ai corridori. Qualificate come «perdite di guadagno» sono in funzione delle classifiche internazionali (FIS) del corridore o della sua classifica in seno alla Federazione. La stessa cosa è per il premio di vittoria. Gli accordi Federazione-industriali regolano pure, a titolo di collaborazione tecnica, la posizione dei tecnici di ogni fabbrica che devono essere individualmente accreditati presso la Federazione per essere autorizzati ad intervenire presso i corridori.

Questo sistema funziona in modo assai soddisfacente; poiché non gestito in modo burocratico, garantisce gli interessi in causa e permette di salvaguardare una certa qualità di rapporti umani.

I metodi d'insegnamento dello sci hanno pure avuto una parte importante. Prima, si insegnava a sciare su sci lunghi poi, seguendo gli Americani, abbiamo adottato gli sci corti, cosa che ha favorito la moda dello sci compatto e dello «freestyle» fra i giovani non conformisti.

I progressi dello sci stesso sono stati marcati dall'introduzione di materiali nuovi, la fibra di vetro, il poliuretano ecc. Anche se non così evidente agli occhi del praticante, risultano inoltre, e per molti, le finezze delle caratteristiche fisiche (rigidezza, peso) e geometria. L'evoluzione degli sci, di regola motivata dalle necessità dei praticanti, si ripercuote sulla tecnica e le possibilità degli sciatori. È così che gli sci metallici hanno fatto scoprire la tecnica della curva tagliata. Per quanto concerne il futuro, sembra evidente che ci saranno ancora degli sciatori geniali che inventeranno nuove forme di curve. È pure chiaro che la concezione della pratica dello sci continuerà ad evolvere. Certi nuovi orientamenti, come la discesa in canaloni, sono riservate a degli sciatori di buon livello tecnico, altri, come lo sci estivo che presenta il piacere di poter praticare, in più, il tennis e le escursioni in montagna, hanno buona speranza di sviluppo. È prevedibile che gli sci diventeranno più

leggeri, più tecnologici, senza perdere la loro polivalenza, e in più la robustezza, soprattutto per quanto concerne lo strato inferiore (fondo). Le scarpe dovrebbero diventare più confortevoli e più comode da infilare, gli attacchi più leggeri e ancora più sicuri. I fabbricanti troveranno sempre una soluzione per migliorare i loro prodotti. Tutti, nella misura delle loro possibilità, cercano una breccia nella tecnologia.

Per saperne di più:

- Joubert, G.: *Le ski, un art, une technique*, Arthaud, 1978.
Duvillard, A. e Toussaint, J.: *Manuel de fartage*, Media, Sallanches, 1974.
Lang, S.: *Le ski*, Larousse.
Capitaine Rivas: *Petit manuel du skieur*, La Montagne, Club alpin français, 1907.
Hdek, H.: *L'Ecole du ski*, S. Borneman, Paris, 1933.
Evans, H., Jackman, B. e Ottaway, M.: «The Sunday Times», We learned to ski, Collins, 1974.
Vaage, J.: *Ski makers in last century*, Norwegian Ski Museum, Holmenkollen, Oslo.
Glenne, B., Mason, W. e Gardiner, R.: *Evolution of ski design*, «Aiaa Student Journal», University of Utah, 1976.



Una bella curva di slalom gigante dimostrata da Piero Gros.