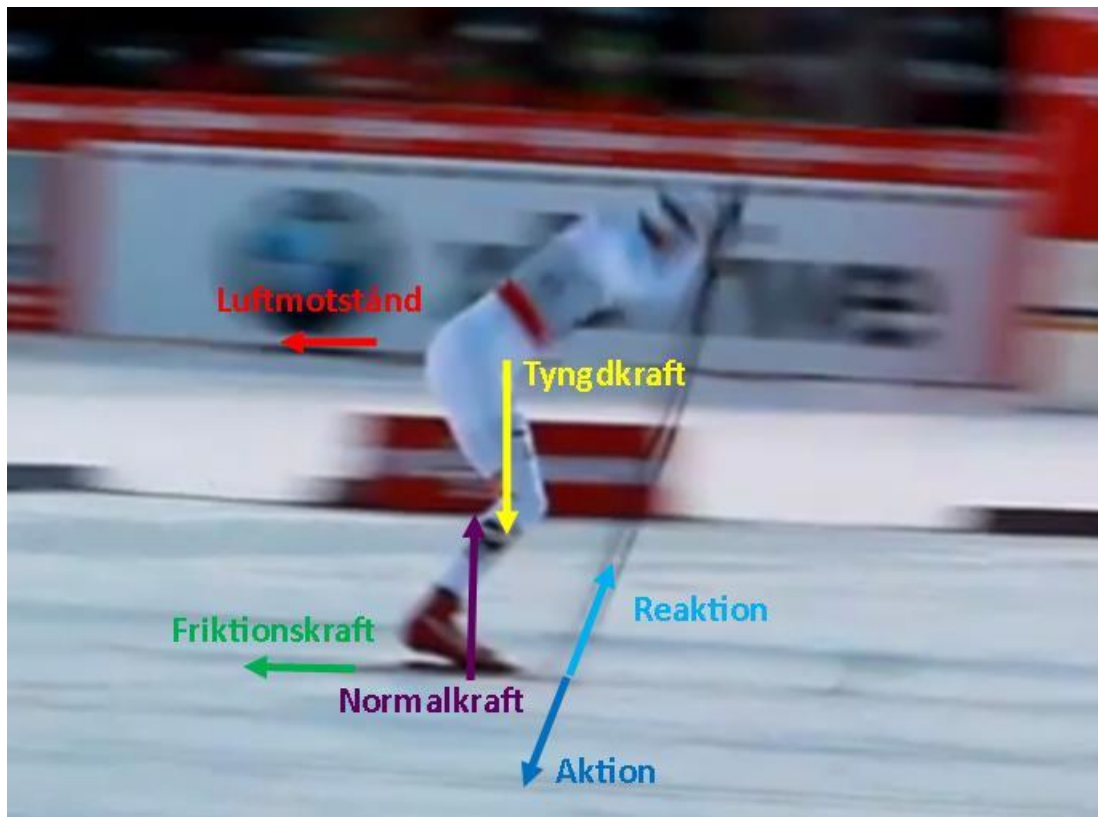


Biomekanik för längdskidåkning



Rolf Wirhed

Mattias Nilsson

Förord

”Biomekanik för längdskidåkning” har skrivits på uppdrag av Svenska Skidförbundet. Kunskaper i ämnet biomekanik efterfrågas allt mer inom idrotter där effektiv teknik är avgörande för prestation. Ordet biomekanik står för att man tar hänsyn till både kroppens muskelkrafter och de yttre krafter (tyngdkraft, friktionskraft, luftmotstånd, normalkraft) som idrottaren utsätts för.

Avsikten med boken är att ge tränare och aktiva tävlingsåkare en bättre förståelse för hur kroppens muskler hanterar de yttre krafter som påverkar åkaren. Ju mer kunskap som finns om musklers kraftutveckling och yttre krafterns verkan, desto mer energisnål och kraftbesparande åkteknik kan utvecklas.

De viktigaste fysikaliska lagarna går igenom och exemplifieras med en mångfald bilder från olika moment inom längdskidåkning. Olika stilar jämförs, stavtag och frånskjut i olika situationer diskuteras. Effekten av krafter i olika positioner för armar och ben redogörs för.

Innehållet är anpassat till de frågeställningar som diskuteras bland tävlingsinriktade åkare och tränare. Boken är inte en ny instruktionsbok inom teknik. Syftet är istället att ge en djupare förståelse som kan ligga till grund för vidare teknikutveckling, för effektiviserad pedagogik, och för mer effektiva råd och instruktioner vid teknikträning. Förhoppningen är att Svenska Skidförbundets övriga undervisningsmaterial vad gäller längdskidåkningens teknik skall kunna läsas med nya ögon efter att boken ”Biomekanik för längdskidåkning” lästs och begrundats.

Innehåll

Kapitel 1 – Yttre krafter	4
1.1 Allmänt om krafter (F)	4
1.1.1 Kraft, massa och acceleration	4
1.1.2 Kraftriktning.....	5
1.2 Tyngdkraft (F_{mg})	7
1.3 Normalkraft (F_N)	8
1.4 Friktionskraft (F_μ).....	13
1.5 Luftmotstånd (F_L).....	21
1.6 Exempel på samverkan - yttre krafter.....	23
Sammanfattning.....	24
Kapitel 2 – Muskelkraft (F_{Mu}) och vridande moment (M)	25
Sammanfattning.....	32
Kapitel 3 – Stavtag och begreppet impuls ($F \cdot t$)	33
Sammanfattning.....	39
Kapitel 4 – Benfrånskjut	40
4.1 Allmänt om benfrånskjut.....	40
4.2 Benfrånskjut i klassiskt	42
4.3 Benfrånskjut i fristil	43
4.4 Kurvtagning	45
Sammanfattning.....	47
Kapitel 5 – Biomekaniskt perspektiv på deltekniker och tekniknycklar	48
5.1 Klassiskt	48
5.1.1 Saxning	48
5.1.2 Diagonal.....	49
5.1.3 Stakning	52
5.1.4 Stakning med frånskjut.....	53
5.2 Fristil.....	54
5.2.1 Växel 2	54
5.2.2 Växel 3	56
5.2.3 Växel 4	59
5.2.4 Växel 5	60
5.3 Val av delteknik	61

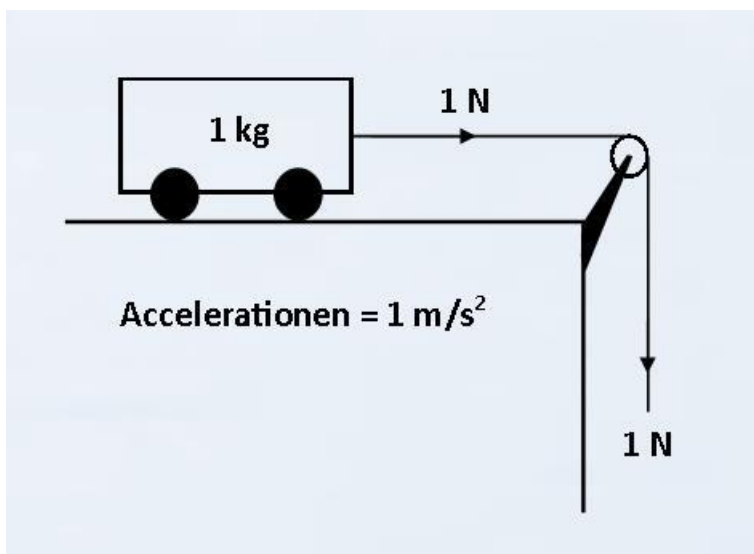
Kapitel 1 – Yttre krafter

1.1 Allmänt om krafter (F)

Om ett föremål ändrar sitt rörelsetillstånd, till exempel ökar farten, bromsar, ändrar riktning eller börjar rotera, så har det påverkats av en kraft. De krafter som vi måste ta hänsyn till vid skidåkning är framför allt tyngdkraft (F_{mg}), normalkraft (F_N), friktionskraft (F_μ), luftmotstånd (F_L) och muskelkraft (F_{mu}).

1.1.1 Kraft, massa och acceleration

Sir Isaac Newton, engelsmannen som till stora delar lade grunden till modern mekanik, visade i experiment att om man låter en kraft som motsvarar tyngden av 1 hg dra i en lätttrörlig vagn som väger 1 kg så ökar farten med 1 m/s för varje sekund som experimentet pågår (skrivs som att fartökningen (accelerationen) är 1 m/s/s eller 1 m/s²). Luftmotståndet i försöket är försumbart, och den lätttrörliga vagnen innebär att inte heller friktionen mot underlaget spelar någon större roll. Den huvudsakliga kraften som påverkar vagnens rörelse är alltså tyngdkraftens påverkan på 1 hg.



Figur 1.1. Samband mellan kraft och acceleration.

Jordens dragningskraft (tyngdkraften) på 1 hg kallas för 1 newton (1 N). Det innebär att 1 kg påverkas av en tyngdkraft motsvarande 10 N. (Egentligen 9,81 N, men i den här texten förenklas siffrorna eftersom vi bara skall lära oss principer och inte någon gång mäta exakta värden vid vetenskapliga försök. Förhållandet mellan kilo och newton avrundas alltså till 1 kg = 10 N.)



Figur 1.2. Tyngdkraften påverkar en kropp med 10 N per kilo kroppsvikt.

Sambandet mellan kraft (N), massa (kg) och acceleration (m/s^2) kan uttryckas genom formeln:

$$F = m \cdot a$$

Formeln säger att en given kraft (F) som verkar på en kropp med en viss massa (m) ger en given acceleration (a). Ju större kraft, desto större acceleration förutsatt att massan inte förändras. På samma sätt visar formeln att det krävs en större kraft för att åstadkomma en given acceleration på en stor kropp jämför med en liten.

Om till exempel en skidåkare med massan 60 kg påverkas av en kraft framåt som är 120 N så accelereras åkaren med 2 m/s^2 för varje sekund som kraften får verka ($120 \text{ N} = 60 \text{ kg} \cdot 2 \text{ m/s}^2$).

Då det konstaterats att tyngdkraften påverkar 1 kg med 10 N, visar formeln också att 1 kg som faller fritt kommer att accelerera med 10 m/s^2 ($a = 10 \text{ N/1 kg}$). Denna acceleration kommer att vara konstant oavsett vilken massa som tillåts falla. Om exempelvis en skidåkare som väger 80 kg faller fritt i ett ögonblick innan stavisättningen kommer skidåkarens kropp då att accelerera med 10 m/s^2 då $a = 800 \text{ N/80 kg}$.

1.1.2 Kraftriktning

Newtons tre rörelselagar sammanfattar krafters påverkan på föremål:

1. Utan kraft ingen rörelseförändring.
2. Kraft ger en acceleration i kraftens riktning.
3. Varje kraft åtföljs av en lika stor men motriktad kraft på ett annat föremål. Detta kallas ofta för lagen om aktion-reaktion.

Lag 1 och 2 konstaterar att en skidåkare som står på startlinjen måste påverkas av en kraft för att börja röra sig när starten gått (lag 1), och att åkarens acceleration kommer att bero på hur stor den påverkande kraften är samt hur den är riktad (lag 2). Så var skall kraften då riktas för att ge önskad effekt på skidåkaren? Informationen som behövs för att förstå detta finns i lag 3.

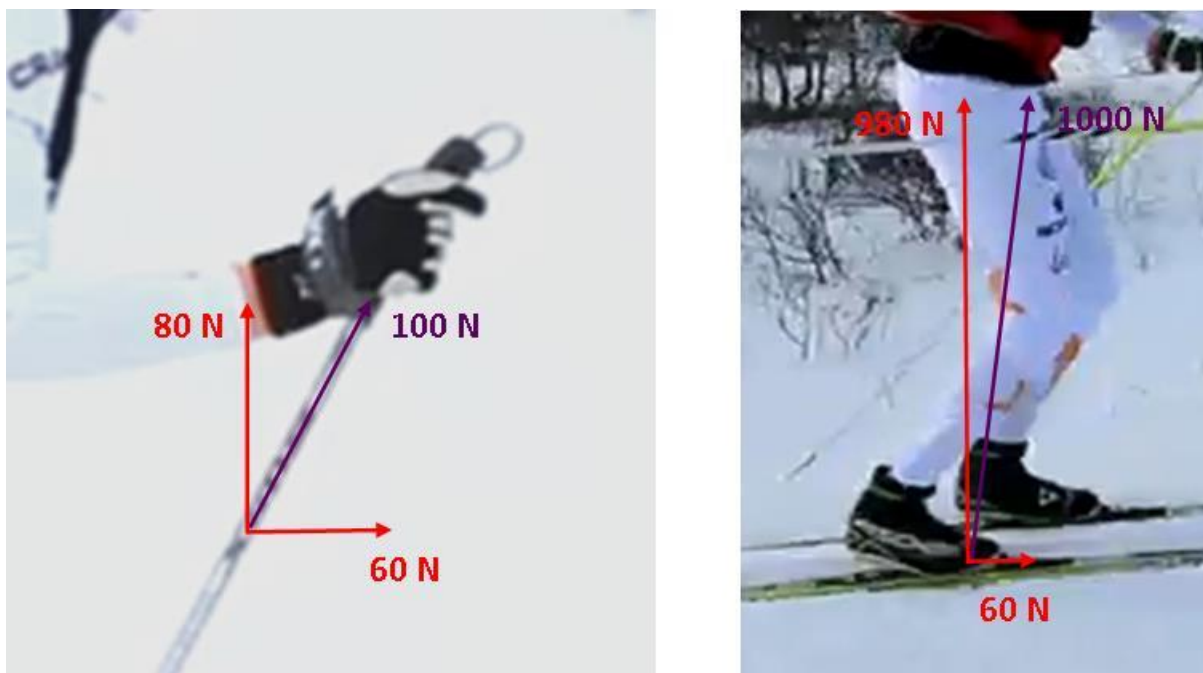
Om ett frånskjut eller ett stavtag analyseras, riktas kraften nedåt-bakåt eller uppåt-framåt? Svaret är "både och" enligt Newtons tredje lag. Kraften på snön, aktionen, är riktad nedåt-bakåt. Kraften på åkaren, reaktionen, är uppåt-framåt. Fart skapas alltså genom att åkaren applicerar kraft mot underlaget. Så länge underlaget är fast kommer åkaren att kunna trycka hårt och få en lika stor kraft i motsatt riktning. Är kraften stor nog kommer det leda till att åkaren accelererar (hur stor kraft som krävs kommer att gås igenom i senare kapitel). För att påverka åkaren i en riktning framåt måste i alla fall en del av kraften som appliceras mot underlaget vara riktad bakåt.



Figur 1.3. När åkaren trycker mot snön med en kraft (F_a) påverkas åkaren av en lika stor, men motsatt riktad, reaktionskraft (F_b).

För att det inte skall bli missförstånd vid kommunikation mellan exempelvis tränare och aktiv är det viktigt att bägge är överens vilken terminologi man använder. Vid ett frånskjut appliceras kraft nedåt-bakåt. Men man skall alltså vara medveten om att det även resulterar i en lika stor men motriktad kraft på åkaren uppåt-framåt.

I längdskidåkning är man oftast intresserad av krafter i åkriktningen, alltså framåt, trots att stavtag och frånskjut ger krafter som är riktade framåt-uppåt på åkaren. För att enkelt kunna analysera komponenterna av en snett riktad kraft kan denna delas upp i en del som är parallell med underlaget och en del som är vinkelrät mot underlaget, som tillsammans ger samma resultat som den ursprungliga kraften.



Figur 1.4. För enkel analys kan en kraft delas upp i en del parallell med underlaget och en del vinkelrät mot underlaget.

En sned kraft på 100 N vid exempelvis ett stavtag ger upphov till kraft framåt vars storlek beror på stavens vinkel mot snön. Sätts staven i vinkelrät mot underlaget så blir kraften framåt 0 N. Ju mer vinklad framåt staven är desto mer av de 100 N kommer också att riktas framåt. Vid frånskjut med benet kan kraften kanske vara mycket större, men om kraftriktningen är mer vinkelrät mot underlaget blir komponenten framåt inte nödvändigtvis större än vid stavtaget.

1.2 Tyngdkraft (F_{mg})

Tyngdkraften (F_{mg}) har redan beskrivits i kapitel 1.1 där jordens dragningskraft användes som exempel när krafter beskrevs. Här repeteras det viktigaste samt att några fakta om hur tyngdkraften fungerar läggs till.

Varje fritt fallande kropp accelereras av tyngdkraften med värdet $9,81 \text{ m/s}^2$. (Skrivs $9,81 \text{ m/s}^2$ och betecknas med bokstaven g för gravitation).

En åkare som hoppar rakt upp med hastigheten 1 m/s landar alltid med samma hastighet, alltså 1 m/s , vid nedslaget. Detta är oberoende av hur snabbt åkaren färdas framåt. Alltså alltid samma fart ned som upp. När kroppen bromsas upp av ben och armar i nedslaget byggs en hög kraft upp vilken sedan kan användas till att skjuta ifrån igen. Detta beskrivs utförligare i kommande kapitel.

Tyngdkraften bromsar åkaren (armen, överkroppen, etc.) lika mycket på vägen upp som den accelererar den på vägen ned. Hastigheten blir densamma på upp och nedväg men med olika riktning förutsatt att man bortser från muskelkrafter som påverkar. Tyngdkraften hjälper till att ge fart åt en arm eller ett ben som pendlas nedåt från ett läge bakom kroppen och bromsar på

vägen upp framför kroppen. Vidare bidrar tyngdkraften också till att sätta tryck på stavarna med hjälp av armarnas och övriga kroppens tyngd.

Att förflytta något uppåt kräver påverkan med en kraft som dels uppväger tyngdkraften och dels skapar ett överskott av kraft som ger en acceleration uppåt enligt $F = m \cdot a$.



Figur 1.5. Om kraften uppåt är större än kraften nedåt sker en acceleration uppåt.

Om armen i figuren ovan antas väga 5 kg ($F_{mg} = 50 \text{ N}$) och dras uppåt av deltamuskeln med kraften 75 N blir det ett överskott uppåt av 25 N. Enligt formeln $F = m \cdot a$ får vi då $25 = 5 \cdot a$ vilket resulterar i en acceleration som är 5 m/s^2 .

1.3 Normalkraft (F_N)

Med begreppet normalkraft (F_N) menas den kraft som underlaget påverkar en kropp med när kroppen har kontakt med underlaget.

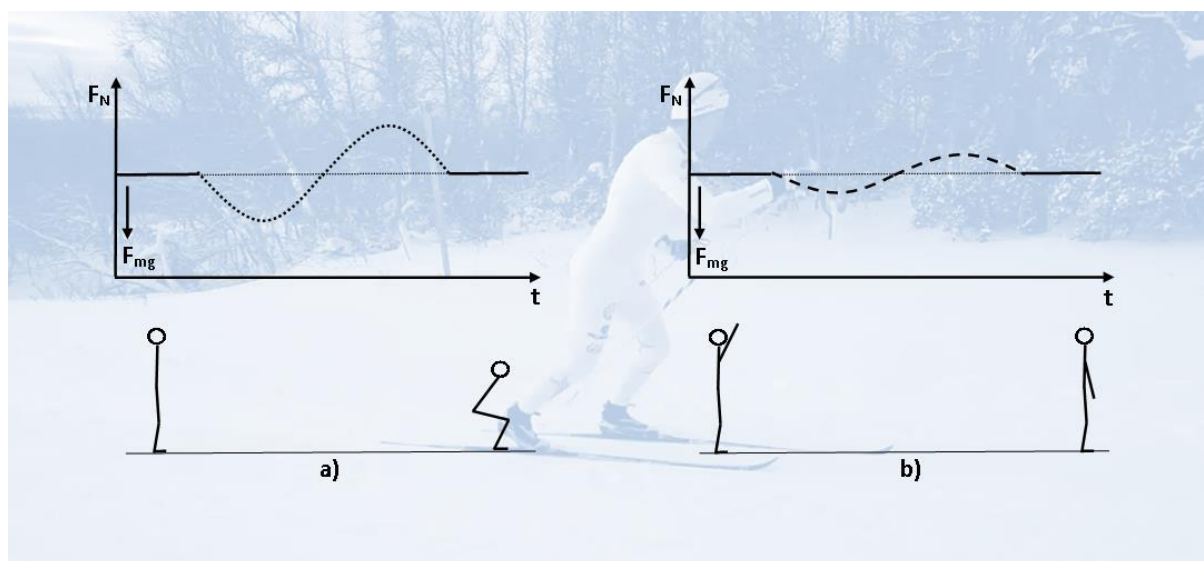


Figur 1.6. Krafter när ingen rörelse sker uppåt eller nedåt.

Lite förenklat kan sägas att normalkraften är den kraft som en badrumsvåg visar när man står på den. Står man helt stilla på vågen och den visar 60 kg så betyder det att både tyngdkraften och normalkraften är 600 N. Krafterna tar ut varandra (summan är 0) och ingen rörelse (acceleration) sker (enligt Newtons första lag).

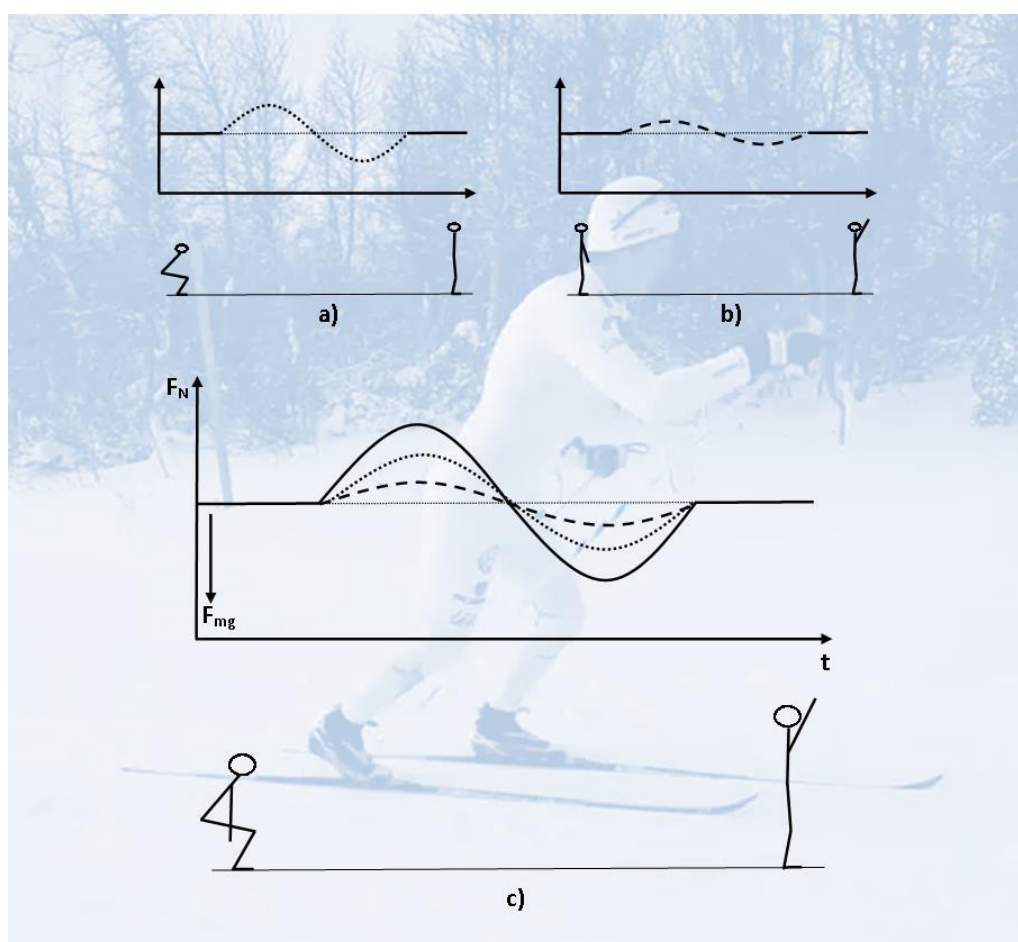
Om man däremot står och gungar lite upp och ned på vågen (accelererar och bromsar om vartannat) så varierar utslaget. Man ändrar normalkraften genom att slappna av eller spänna benmuskelnerna. Tyngdkraftens påverkan är 600 N hela tiden, det är bara trycket mot vågen som ändras. Vid minsta rörelse upp eller ned så ändras trycket mot underlaget. Badrumsvågens reaktionskraft mot benens muskelarbete kallas alltså för normalkraften från underlaget och betecknas F_N . Kraften är alltid riktad vinkelrät upp från underlaget, alltså snett uppåt om marken lutar.

Nedan visas hur normalkraften varierar om en åkare gör några grundläggande rörelser. Om åkaren står på en badrumsvåg eller snabbt glider framåt i ett skidspår har ingen betydelse för resultatet. Inga rörelser i höjdlängd undgår att "sätta sina spår" mot underlaget.



Figur 1.7. Vertikala tyngdpunktsförändringar ändrar storleken på normalkraften.

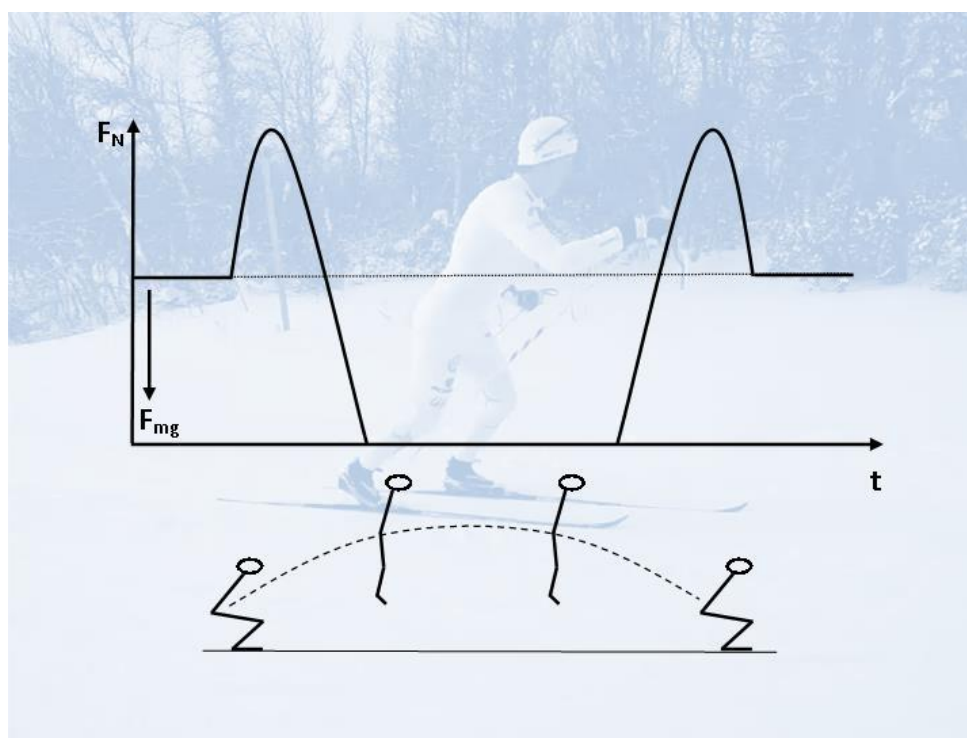
Alla tyngdpunktssänkningar ger upphov till en kraftförändring enligt a) i figuren ovan. I detta fall sjunker hela kroppen nedåt genom en kraftig knäböjning. I b) sänks bara armarna, vilket ger samma typ av kurva som men med lägre utslag. En fällning av överkroppen ger ett liknande resultat.



Figur 1.8. Ju större vertikala tyngdpunktsförändringar, desto mer påverkas storleken på normalkraften.

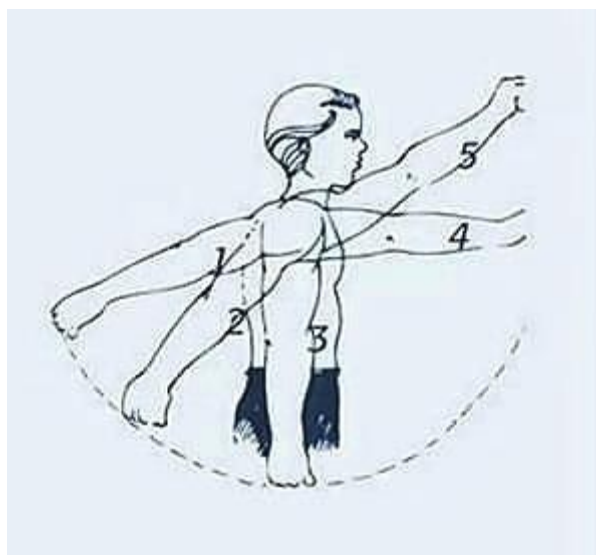
Alla tyngdpunktshöjningar ger utslag enligt a) i figur 1.8, där kroppen reses upp från en låg position. Om endast armarna höjs som i b) blir effekten densamma, men mindre. Om en resning av kroppen sker samtidigt som armarna lyfts blir effekten ytterligare förstärkt, vilket visas i c). Effekterna adderas och kan då vid skidåkning ge ett kraftfullare frånskjut än om armrörelsen vore mindre eller orymtisk. Kurvan förstärks även genom att överkroppen "gungar" i takt med övriga rörelser. Förståelse för hur normalkraften varierar är av mycket stor vikt vid skidåkning, inte minst därför att normalkraften är ett resultat av hur åkarens benmuskler arbetar. Normalkraften bestämmer dessutom, som beskrivs i kapitel 1.4, hur stor friktionskraften kan bli.

Om kroppen reses upp med tillräckligt hög kraft kommer ett upphopp att ske, vilket påverkar normalkraften enligt nedan.



Figur 1.9. Normalkraftens utveckling vid ett upphopp. Ingen normalkraft finns under tiden kroppen saknar kontakt med underlaget.

Vid ett upphopp så kommer normalkraften att öka till ett värde som räcker för att kroppen skall lämna underlaget. Under en kort tid finns ingen kontakt med marken ($F_N = 0$). Vid landningen sker en inbromsning för att få stopp på kroppen. Insatsen i inbromsningen motsvarar den som gjordes vid upphoppet. Ju högre startkrafter desto högre hopp och desto längre tid i luften. Kurvan är tillämplig på alla frånskjut och isättningar där skidan först lämnar underlaget och sedan sätts i igen.

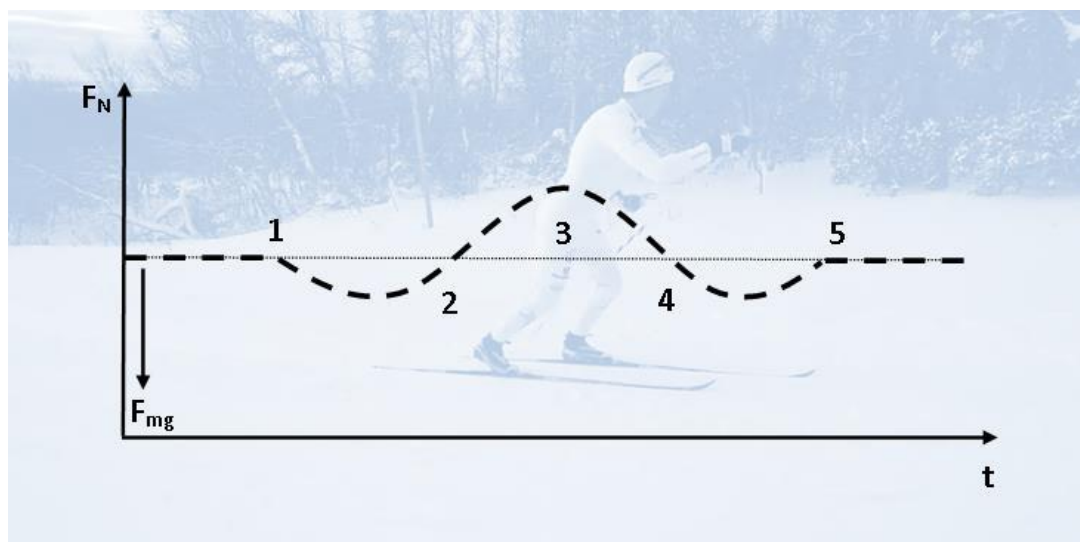


Figur 1.10. En armpendling påverkar normalkraften genom att den har en vertikal påverkan på kroppens tyngdpunkt.

Antag att en åkare pendlar fram armen från läge 1 till 5 och pendelns påverkan på normalkraften skall analyseras.

Det som behöver göras är att titta på hur armens tyngdpunkt rör sig i höjddled:

- Från 1-2 accelererar armen nedåt
- Från 2-3 bromsas armens rörelse nedåt (armen rör sig nu ganska snabbt rakt framåt men den har bromsat sin fart nedåt, och normalkraften reagerar bara på rörelser vertikalt, inte på rörelser horisontellt)
- Från 3-4 sker en acceleration uppåt
- Från 4-5 sker en uppbromsning uppåt
- Från 1-3 blir det som en liten nedsjunkning och från 3-5 som en liten uppresning

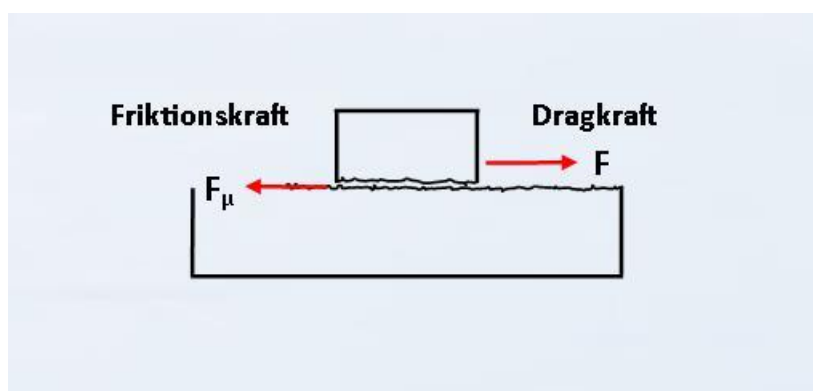


Figur 1.11 Armpendlingens påverkan på normalkraften.

I läge 2-4 trycks åkaren fast lite extra mot underlaget och det är då frånskjutet med benet skall ske, inte tidigare eller senare!

1.4 Friktionskraft (F_μ)

Friktionskraft (F_μ) är ytterligare en kraft som man bör förstå sig på när det gäller att analysera olika moment vid skidåkning. Friktionskraft uppstår då två ytor (exempelvis skida mot snö) vill förskjutas mot varandra. Orsaken är att ytorna, hur jämna de än tycks vara, trots allt har mikroskopiska ojämnheter. Dessa ojämnheter hakar i och vill hindra de två ytorna att glida mot varandra.



Figur 1.12. Samband mellan dragkraft och friktionskraft.

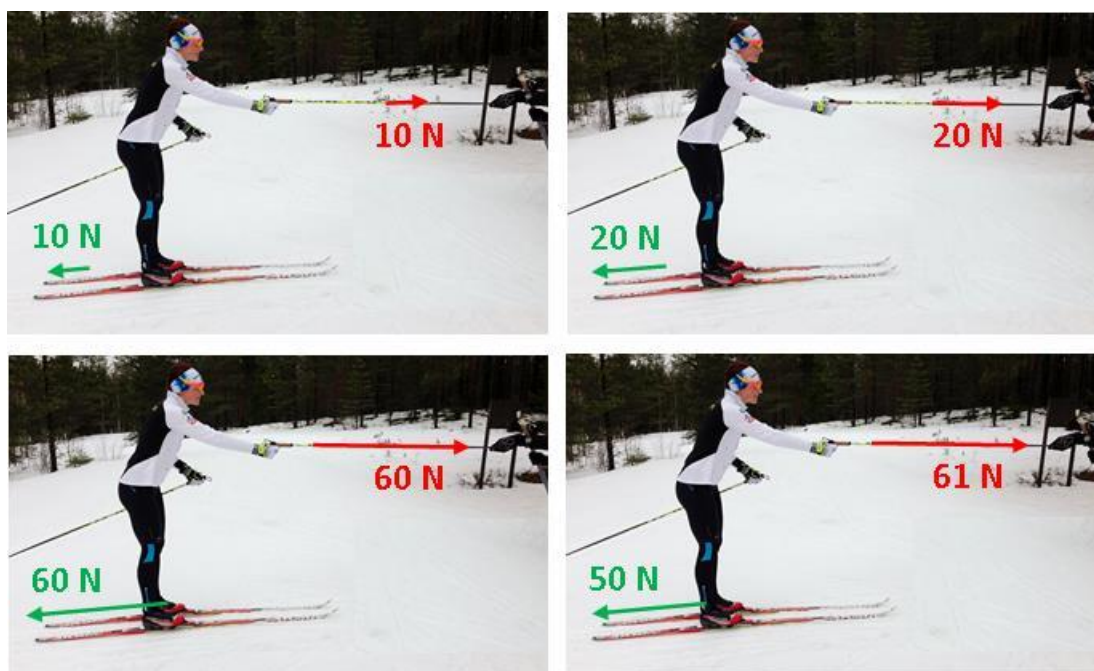
Avgörande för hur stor kraft det går åt för att tvinga ytorna att glida mot varandra är:

- Ytornas strävhets, som även kallas för ytornas friktionskoefficient och betecknas med den grekiska bokstaven μ (my).
- Hur hårt ytorna trycks mot varandra, alltså hur stor normalkraft som verkar mellan ytorna.

Sambandet mellan friktionskraftens maximala värde (F_μ), normalkraften och ytornas ojämnheter (μ) beskrivs av formeln:

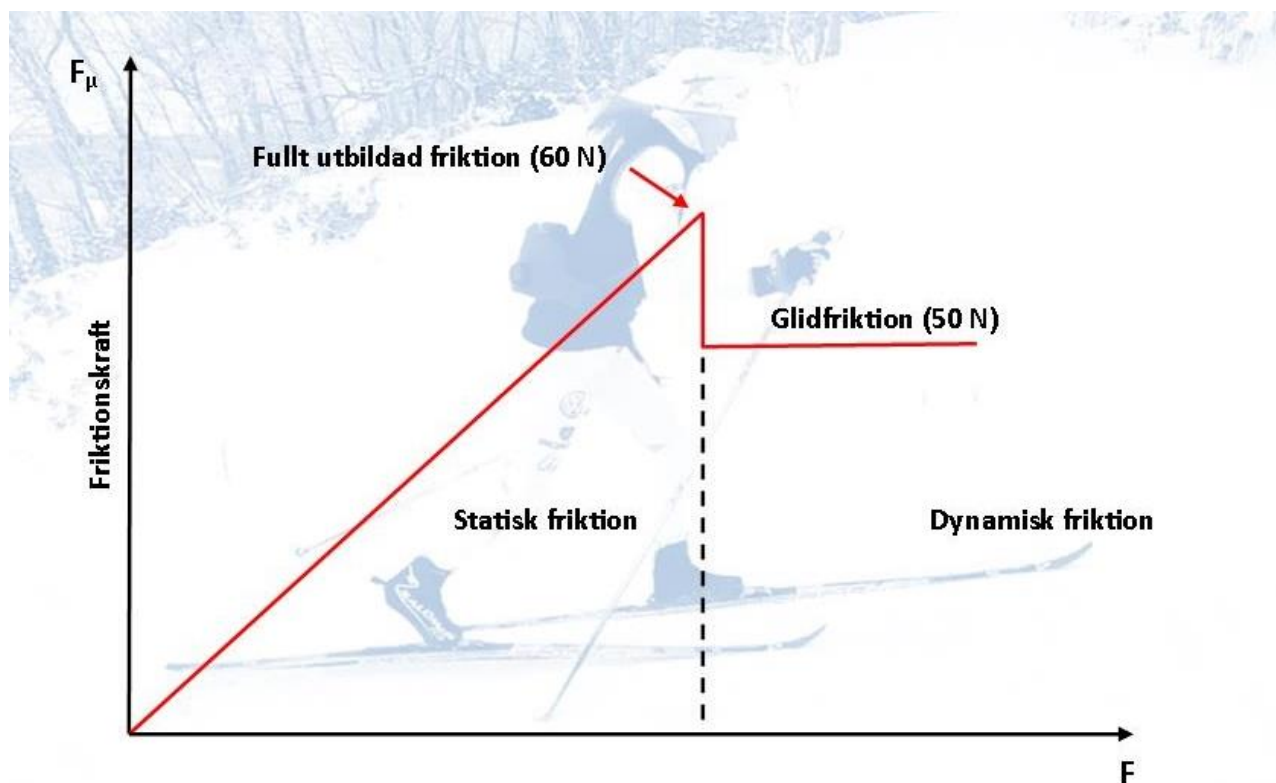
$$F_\mu = F_N \cdot \mu$$

Vid frånskjut med benen är friktionskraften riktad framåt på åkaren, och när skidorna glider så är den riktad bakåt. Under frånskjutet accelereras åkaren och under glidfasen sker en fartminskning (retardation).



Figur 1.13. Krafter vid ett tänkt dragprov.

För att närmare beskriva friktionens roll görs följande tänkta experiment. En skidåkare står på skidorna och någon drar försiktigt i staven tills åkaren börjar glida framåt. Om åkaren dras med en kraft F som inte räcker till för att få denne att glida iväg beror det på att friktionskraften som uppstår mellan skidan och snön är lika stor som dragkraften och ingen rörelse sker. Vid ett visst värde på F lossnar skidorna. Det värdet kallas för fullt utbildad friktionskraft. Påverkas skidorna med mer kraft kommer de att släppa sitt grepp i snön och glida iväg. Om åkaren i exemplet ovan väger 60 kg och står stilla påverkas skidorna av tyngdkraften och normalkraften som båda är 600 N. Siffrorna i figur 1.13 visar att när man försöker få loss skidan med 10 N så går det inte. Inte heller med 20 N. Vid 60 N börjar kanterna i ojämnheterna brista och värdet på den maximala friktionskraften mellan skida och snö har uppnåtts. Eftersom värdet på F_μ är 60 N och värdet på F_N är 600 så är den så kallade friktionskoefficienten 0,1 enligt formeln $F_\mu = F_N \cdot \mu$. Påverkas skidan av lite mer kraft än 60 N, exempelvis 61 N som i figur 1.13, så glider skidan iväg och då försämras greppet ytterligare och friktionskraften sjunker lite (från 60 N till 50 N i exemplet). Värdet 60 N kallas för fullt utbildad friktion och värdet 50 N kallas för glidfriktion. Friktionskoefficienten är alltså lite högre på en stillastående skida än på en som glider.



Figur 1.14. Friktionskraften ökar då dragkraften ökar, tills fullt utbildad friktion uppnåtts.

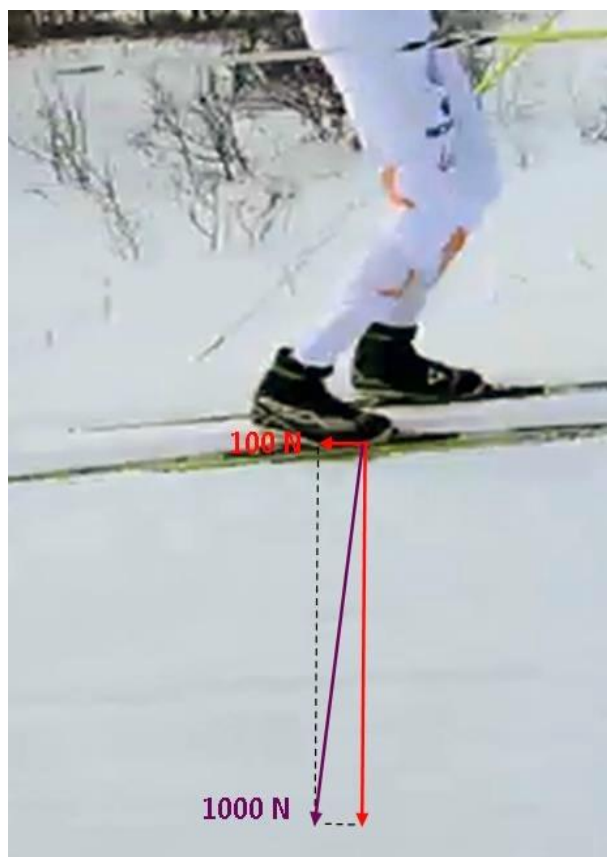
Anledningen till att fullt utbildad friktion är större än glidfriktionen är att när skidan är stilla så sjunker ojämnheter djupare ned i varandra än om ytorna glider mot varandra. Kurvan i figur 1.14 visar vad som sker om drakraften (F) successivt ökar från 0 till 60 N (då skidan släpper sitt grepp). Om drakraften ökar ytterligare så accelereras skidan men med en konstant bromskraft på 50 N.



Figur 1.15. Friktionskraftens inverkan på en åkare som glider framåt.

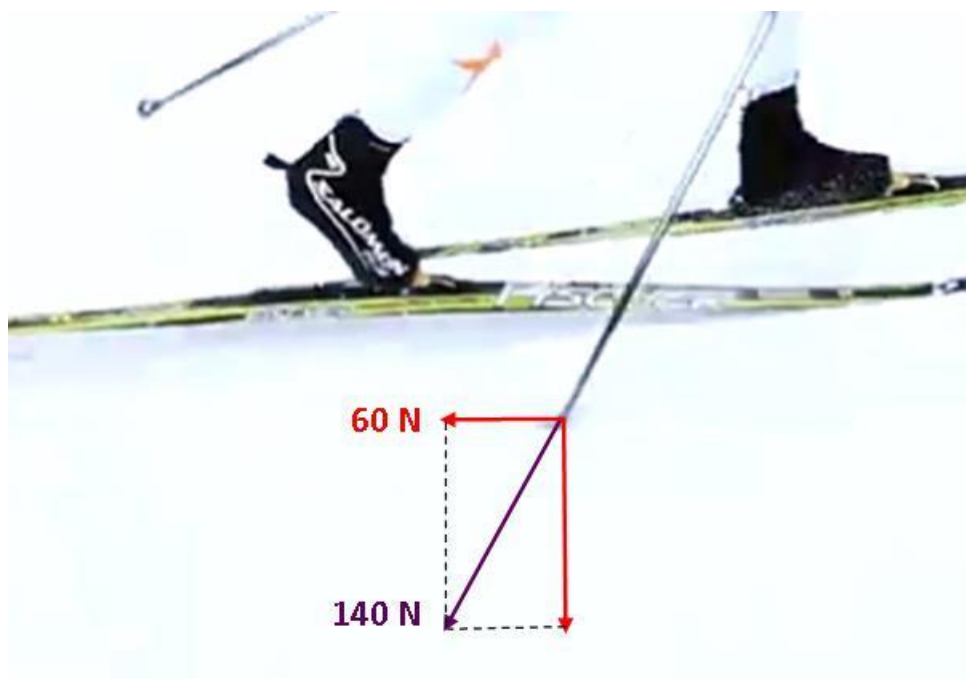
En tillämpning visas i figuren ovan. Antag att vallningen ger $\mu = 0,05$ på glidyterna och att åkaren väger 80 kg. Det skulle betyda att åkaren bromsas av en kraft på $F_\mu = 800 \cdot 0,05$, det vill säga 40 N när han glider fram i spåret. Så länge den framåt drivande kraften är större än, eller lika med, 40 N (≥ 40 N) kommer åkaren att accelerera, eller glida med konstant fart.

Olika sätt att skapa fart framåt påverkas på olika sätt av friktionskraften.



Figur 1.16. Exempel på uppdelning av kraften vid ett frånskjut.

Om fästzonens μ antas vara 0,1 så ger kraften 1000 N i figur 1.16 upphov till en maximal friktion på 100 N. Riktar åkaren frånskjutet mer bakåt så släpper skidan. Kraften bakåt på snön ger en reaktionskraft framåt på åkaren som är lika stor.



Figur 1.17. Exempel på uppdelning av kraften vid ett stavtag.

Vid ett stavtag sitter staven oftast tryggt i snön och friktionskraften blir inte en begränsande faktor. En större del av kraften kan då riktas bakåt än då skidan används för att skjuta ifrån.



Figur 1.18. Om åkaren glider långsamt på skidorna, så att luftmotståndet är obetydligt, är det friktionskraften (bromskraften) som avgör farten utifrån en given framåt drivande kraft.

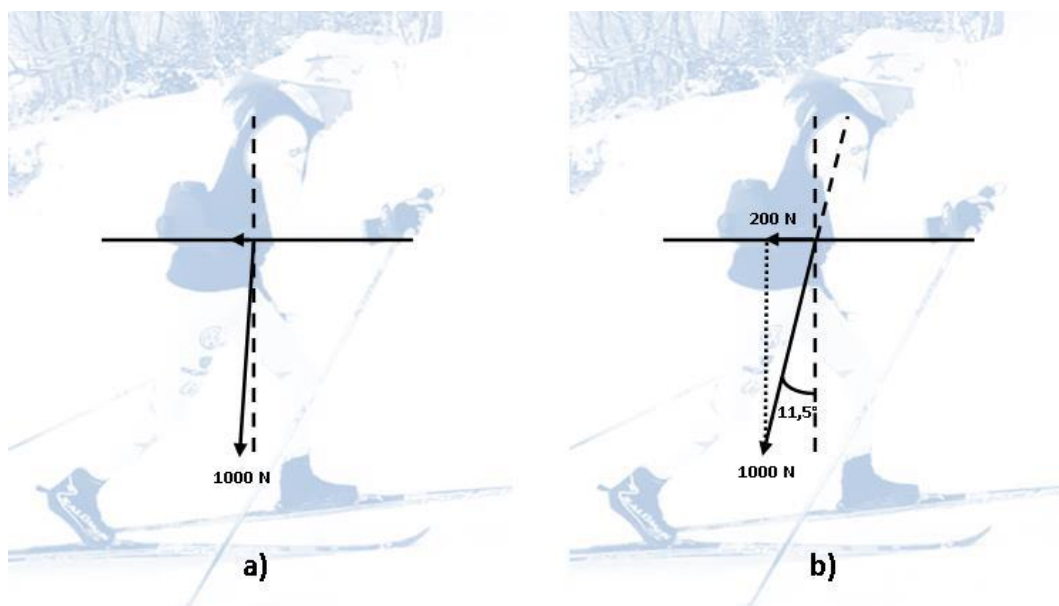
Om en åkare står i en utförsbacke har tyngdkraften en framåtriktad komponent. Är denna större än friktionskraften kommer åkaren börja glida framåt. I en uppförsbacke har tyngdkraften istället en bakåtriktad komponent.



Figur 1.19. Kraftsamband vid maximal glidhastighet i en viss lutning.

Glider åkaren snabbare utför en backe kommer även luftmotståndet att påverka hur snabbt åkaren färdas. Om tyngdkraftens komponent framåt är 60 N och friktionskraften bromsar med 25 N så är det ett överskott av kraft framåt. Åkaren accelererar tills luftmotståndet jämnar ut skillnaden. Summan av krafterna bakåt måste bli lika med kraften framåt innan accelerationen upphör och maximal hastighet uppnåtts för åkarens position och för den lutning backen har. Luftmotstånd behandlas i kapitel 1.5.

Friktionskraften, närmare bestämt värdet på μ , är helt avgörande för hur åkarens frånskjut kan utföras. Om μ antas vara 0,2 betyder detta att åkaren har tillgång till en frånskjutskraft som är $0,2 \cdot F_N$, det vill säga 20 % av kraften skidan trycks mot marken med.

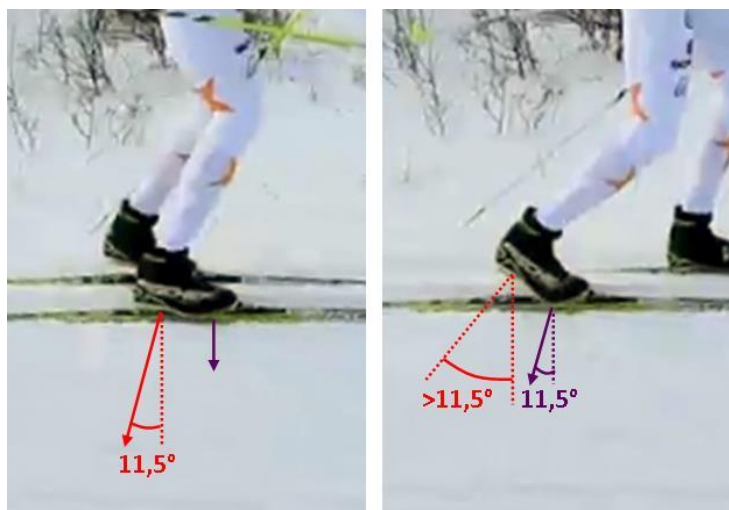


Figur 1.20. Krafter och riktningar i början respektive slutet av ett frånskjut.

I början av frånskjutet, i a), riktas nästan all kraft nedåt och väldigt liten del bakåt (långt under 20 %) så någon risk att det "släpper" finns inte. Snart hamnar åkaren i ett läge b) där, hur mycket eller hur lite hen än trycker så blir kraften bakåt 20 % av kraften nedåt. Åkaren har nått gränsen för hur mycket frånskjutet kan riktas bakåt utan att det släpper. Den vinkel vid vilket detta inträffar är $11,5^\circ$ om $\mu = 0,2$. Frånskjutets längd är alltså helt bestämt av fästet, det vill säga värdet på μ . Innan friktionsvinkeln passeras kan åkaren trycka hur hårt som helst utan att det släpper, och ett kraftfullare frånskjut kommer att resultera i mer fart framåt. Efter att friktionsvinkeln uppnås släpper det alltid.

Om frånskjutskraften i exemplet ovan riktas bakåt i en vinkel större än $11,5^\circ$ kommer den bakåtriktade kraftkomponenten att överstiga de 20 % som är max utifrån $\mu = 0,2$, oavsett om den totala frånskjutskraften är 1000 N eller 500 N. Det släpper alltså vid en viss vinkel och det hjälper då varken att trycka hårdare eller lösare.

Siffror är naturligtvis inget som man som åkare eller tränare "bär med sig" ut i spåret. Men en bra och tydlig förståelse för principen ger en möjlighet till de små justeringar i tekniken som måste till för att bemästra olika situationer, fören och lutningar. Regeln är alltså att skjuta på så mycket man orkar eller vill, innan friktionsvinkeln uppnås.



Figur 1.21. Frånskjut utan och med aktiv fot.

Frånskjutssteget kan förlängas en aning genom att det avslutas med ett kraftigt tryck med foten. Fotens främre del trycker mera nedåt i början och kan därför arbeta en kort stund innan den kritiska friktionsvinkeln uppnås även här.

Vid minsta motlut minskas friktionsvinkeln med motsvarande antal grader som spåret lutar. Man får helt enkelt ta kortare steg än vid åkning på horisontellt underlag. I planare terräng blir det tvärt om, man kan åka "stort" med längre steglängd. Att anpassa steglängden till terrängen blir en viktig teknisk åtgärd. Vid små lutningsförändringar är det viktigt att skjuta ifrån på rätt ställe. Det kan löna sig att glida en decimeter längre för att komma över en mindre förhöjning i spåret, så att det blir lättare att få fast skidan i snön.

Ett frånskjut kan förberedas genom att skidan stannas upp bråkdelen av en sekund framför åkarens tyngdpunkt. En liten extra "kick" där foten skjuts fram något i slutet av glidsteget gör att skidan hinner stå stilla ett extra ögonblick innan frånskjutet inleds. Den hinner därmed sjunka ned i de mikroskopiska ojämnheter som finns och det blir lite bättre grepp som kan utnyttjas i frånskjutet.

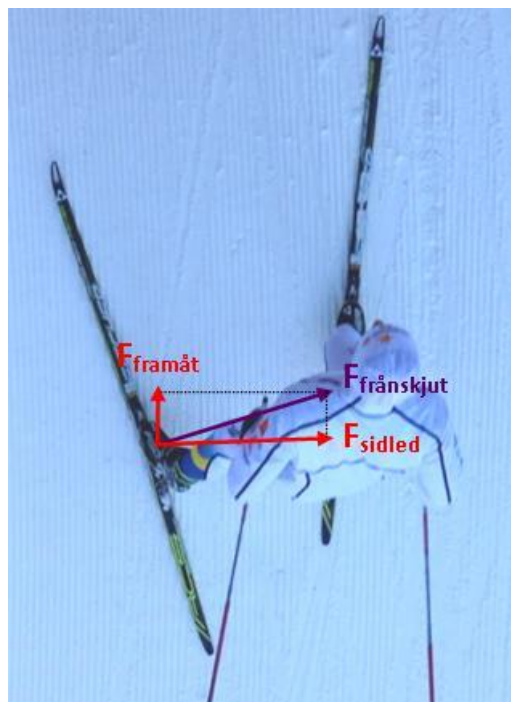
Man skiljer på torrfriktion och våtfriktion. När det gäller skidåkning så är det våtfriktion som är relevant. Snökristaller i spåret smälter ned när skidan passerar. Detta ger upphov till att skidan glider på en tunn vattenfilm vilket ger en mycket liten bromskraft (lågt värde på μ). Nedsmältningen beror på temperaturen vilket gör att det oftast är svårare att få bra glid vid låga temperaturer.

Att glida tätt bakom en annan åkare gör att vattenfilmen redan är "framkallad" varför friktionen blir något mindre än för åkaren framför. Den stora fördelen med att ligga tätt inpå är dock det minskade luftmotståndet.

Det skall avslutningsvis påpekas att ingen framåt drivande friktionskraft går att utveckla när skidan glider. Skidan måste stå helt stilla för att det skall gå att få något grepp i underlaget. Man kan till exempel inte hoppa snett framåt från en skida som glider. Farten framåt gör att det kan

upplevas som att man hoppar snett upp från underlaget men kraftinsatsen är ofrånkomligen rakt upp. Kraft framåt finns inte i denna situation!

Som bekant så skjuter man i fristil ifrån trots att skidan hela tiden glider. Det beror på att man skjuter vinkelrätt mot skidans glidriktning. Det betyder att man skjuter ifrån i en riktning i vilken skidan inte rör sig. Den mesta delen av kraften riktas åt "fel" håll, alltså åt sidan snarare än framåt. Trots detta får man en liten framåtriktad komponent. Man kan alltså i princip alltid ge ett litet framåt drivande bidrag oavsett hur fort man åker. Resonemanget förklaras av figur 1.22 nedan.



Figur 1.22. Frånskjut visat uppifrån.

1.5 Luftmotstånd (F_L)

Luftmotståndet (F_L) beror på att luftmolekyler knuffas bort framför en åkare som kommer farande i spåret. Ju högre hastighet desto hårdare krockar och därmed större stötkrafter och luftmotstånd. Ju större yta i åkriktningen desto fler krockar och därmed, igen, större luftmotstånd. Luftmotståndet beror alltså på åkarens area (A) och åkhastighet (v).



Figur 1.23. Samband mellan luftmotstånd och position.

Formeln för storleken på luftmotstånd skrivs:

$$F_L = A \cdot v^2 \cdot k$$

Värdet på bokstaven k beror på hur bra strömlinjeform kroppen har. Även om A och v är lika på två kroppar så kan luftmotståndet skilja beroende på hur kropparna ser ut bakom frontytan. Skidåkare måste ofta stå ganska upprätt (stort värde på A) för att kunna utnyttja kroppens muskler på ett bra sätt. Det betyder att det är svårt för en åkare att prioritera en liten area under normal åkning. Mest relevant blir det att fokusera på att visa så liten yta som möjligt när det går snabbt utför. Strömlinjeformen (värdet på k) går att påverka något genom att man står/hukar sig/sitter på lite olika sätt när man glider snabbt utför. Men de små vinster som kan uppnås förtas oftast av att man får lite sämre balans än vid en normal glidposition.

En tyngre åkare glider oftast något bättre än en lättare av två anledningar:

- En dubbelt så tung person visar inte en dubbelt så stor yta (A) som en lättare åkare. Detta betyder att luftmotståndet blir proportionellt sett lägre (inte dubbelt så stort) på den "stora" åkaren. Åkaren når upp till lite högre hastighet innan fartökningen upphör.
- Nedsmältningen av snökristaller i spåret sker bättre under den tunga åkarens skidor vilket gör att friktionskoefficienten (μ) blir något lägre. Effekten av detta blir att friktionen för den tyngre åkaren inte riktigt blir dubbelt så hög som för den lättare.

En åkare som är dubbelt så tung som en annan behöver dubbelt så stor framåtdrivande kraft för att accelerera lika snabbt, i enlighet med $F = m \cdot a$. I figur 1.24 nedan har den tyngre åkaren mer än dubbelt så stor framåtdrivande kraft, 52 N jämfört med 15 N, och kommer således att accelerera snabbare.

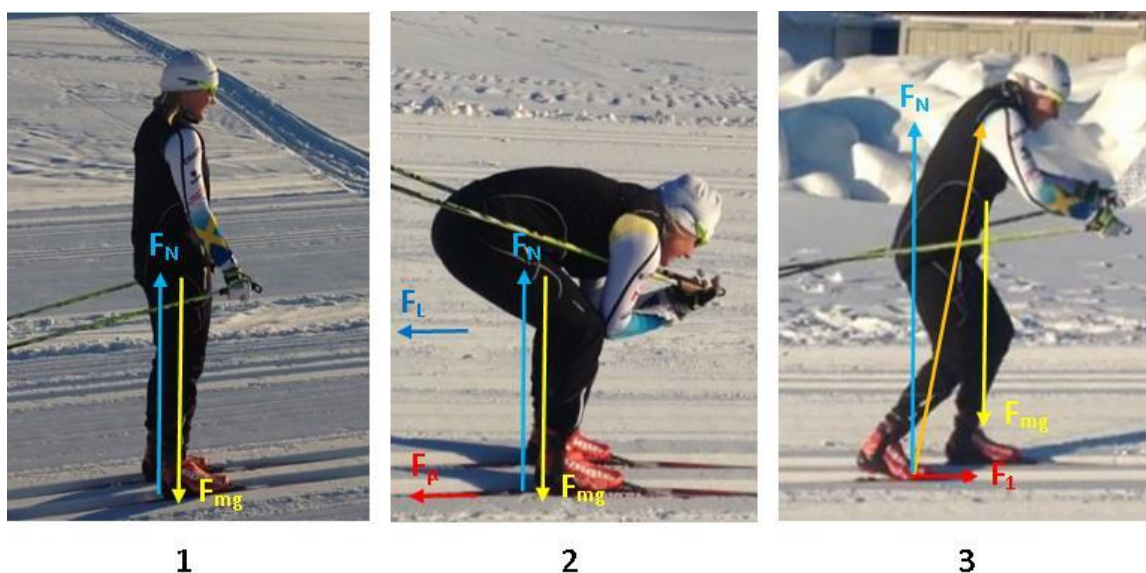


Figur 1.24. Den tyngre åkaren antas väga dubbelt så mycket som den lättare. Summan av krafterna blir 52 N (150-40-58) framåt för den tyngre åkaren och bara 15 N (75-30-30) för den lättare.

1.6 Exempel på samverkan - yttre krafter

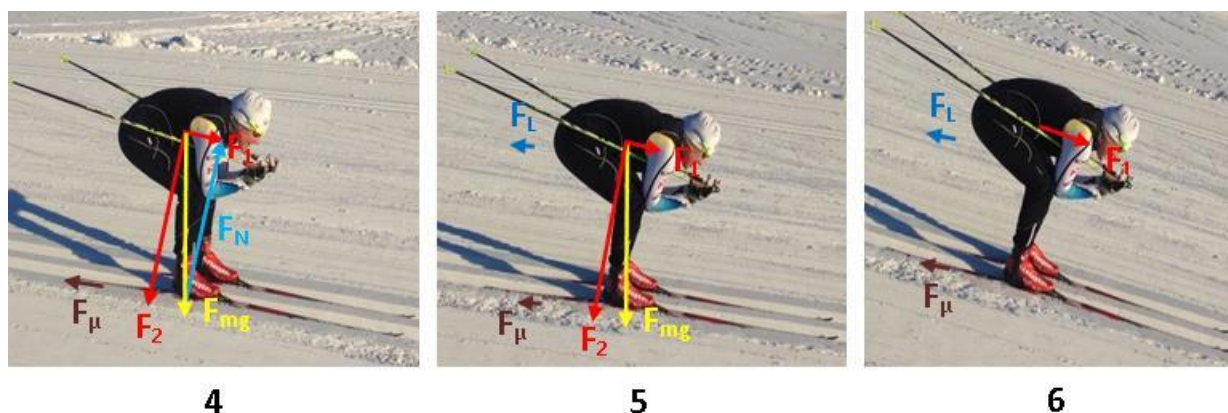
Kapitlet har introducerat och beskrivit de yttre krafter som påverkar en skidåkare: tyngdkraft (F_{mg}), normalkraft (F_N), friktionskraft (F_{μ}) och luftmotstånd (F_L).

Avslutningsvis presenteras en rad exempel på situationer där de yttre krafter som gåtts igenom samverkar.



Figur 1.25. Exempel på olika kraftsituationer.

1. Då åkaren står stilla påverkas hon av F_{mg} och F_N som här är lika stora.
2. Glider åkaren framåt tillkommer F_{μ} och F_L .
3. Åkaren gör ett frånskjut. Frånskjutskraften kan delas upp i en framåtriktad del (F_1) och en del som resulterar i högre normalkraft än i 2 (kroppen accelereras uppåt).



Figur 1.26. Fler exempel på olika kraftsituationer.

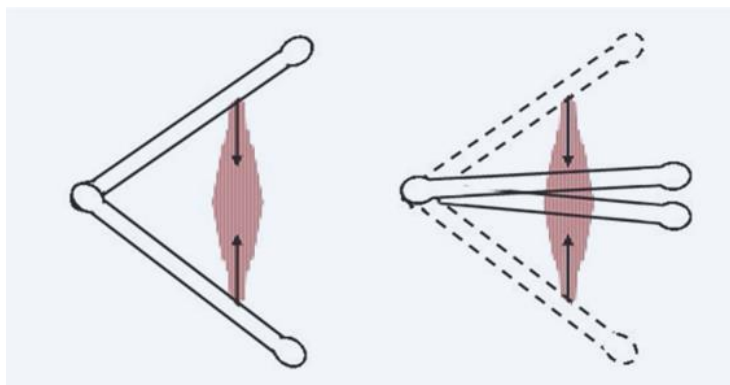
4. Åkaren står stilla i en svag utförslutning. F_{mg} kan delas upp i en framåtdrivande del (F_1) parallell med underlaget, och en mot underlaget vinkelrät del (F_2) som ger upphov till en normalkraft som är något mindre än F_{mg} . Om F_{μ} är mindre än F_1 så börjar åkaren glida iväg. Om F_1 är lika som F_{μ} så "hänger" åkaren kvar.
5. Börjar åkaren glida så bildas det luftmotstånd. Så länge $F_L + F_{\mu}$ är mindre än F_1 så ökas farten. När $F_L + F_{\mu}$ vuxit upp till F_1 så slutar fartökningen.
6. Åkaren glider i hög fart. $F_L + F_{\mu}$ är här lika med F_1 , vilket innebär att maxfarten för den aktuella positionen har uppnåtts. Kryper åkaren ihop lite mer ökar farten tills ny jämnvikt råder. Om åkaren istället reser sig upp så ökar F_L , vilket ger bromskrafter större än värdet på F_1 . Resultatet blir en inbromsning och därmed lägre F_L . Inbromsningen pågår tills ny jämnvikt uppnåtts.

Sammanfattning

- Krafter ger accelerationer. Newtons andra lag sammanfattas i formeln $\mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a}$.
- I fritt fall accelereras alla skidåkarens kroppsdelar, oavsett massa, nedåt med $9,81 \text{ m/s}^2$.
- Varje kraft åtföljs av en lika stor men motriktad kraft på ett annat föremål (aktions – reaktionskraft).
- Normalkraften är den kraft som en våg skulle visa om man tryckte på den med en fot eller en stav.
- Alla vertikala tyngdpunktsförändringar ger upphov till förändringar i normalkraftens storlek.
- Tyngdkraftens komponent längs med underlagets lutning i en utförsbacke ger storleken på dess framåtdrivande kraft. I en uppförsbacke har istället tyngdkraften en bakåtriktad komponent som bromsar skidåkaren.
- Friktionskraften är riktad bakåt på en skida som glider framåt, och riktad framåt vid ett klassiskt frånskjut.
- Fullt utbildad friktion är större än glidfriktionen.
- Friktionsvinkeln är den vinkel där skidan släpper, oavsett hur löst eller hårt skidåkaren trycker ifrån.

Kapitel 2 – Muskelkraft (F_{Mu}) och vridande moment (M)

För att kunna göra frånskjut, ta stavtag etc. så krävs muskelkraft. Hur länge och hur hårt en muskel kan arbeta överläts till fysiologerna att förklara. Kunskaper om detta är naturligtvis oerhört väsentligt i en konditionssport som längdskidåkning. Här tittas emellertid bara på tekniska detaljer som eventuellt gör att man kan åka lite fortare och lite längre genom att undvika att ödsla kraft och energi på ineffektiva rörelser.



Figur 2.1. En muskelkontraktion innebär att muskeln förkortas. Ursprung och fäste påverkas av samma kraft.

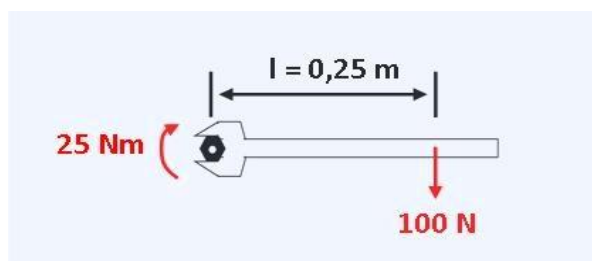
En muskel som drar ihop sig påverkar både ursprung och fäste med exakt samma kraft men åt olika håll. Rörelsen sker framför allt i den mest rörliga delen. Om exempelvis deltamuskeln, som verkar över axelleden, spänns så att armen lyfts upp så vill resten av kroppen nedåt med samma kraft. Då hela kroppen har avsevärt mycket större massa än bara armen händer dock oftast inget med kroppen, mer än att benmusklerna får hålla lite för att den inte skall sjunka ned något. Står man på en våg ser man att när armen lyfts så trycks man nedåt i början av rörelsen (se figur 1.8). Om ena delen av en muskels rörelsemöjlighet är helt låst så sker all rörelse i den andra änden. Alla rörelser som sker i en led är rotationer.

Begreppet vridande moment (M) är ett mått på en krafts förmåga att vrida ett föremål kring en viss axel. Ett vridande moment uppstår då en kraft påverkar ett föremål och kraften passerar vid sidan av föremålets rotationspunkt (exempelvis ett ledcentrum). Kraften kan vara en muskelkraft, tyngdkraft eller vilken yttre kraft som helst.

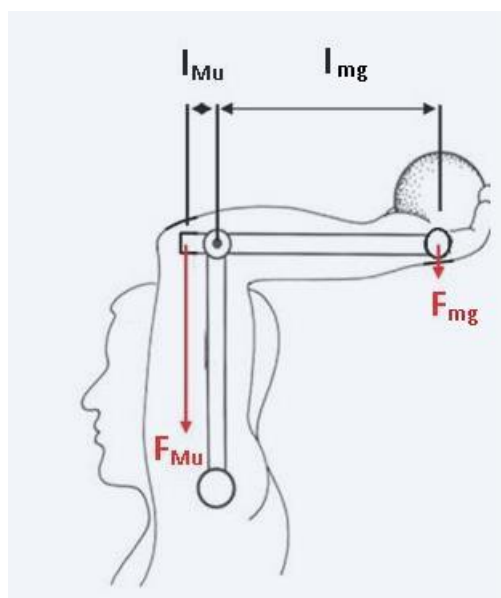
Ju större kraften är och ju längre från rotationspunkten den verkar, desto större vridande förmåga. Storleken på ett vridande moment beräknas enligt formeln:

$$M = F \cdot l$$

M står alltså för moment (vridande moment), medan F är den påverkande kraften och l står för det vinkelräta avståndet mellan kraftens riktninglinje och rotationspunkten. Enheten för vridande moment är newtonmeter (Nm) eftersom F mäts i newton (N) och l i meter.



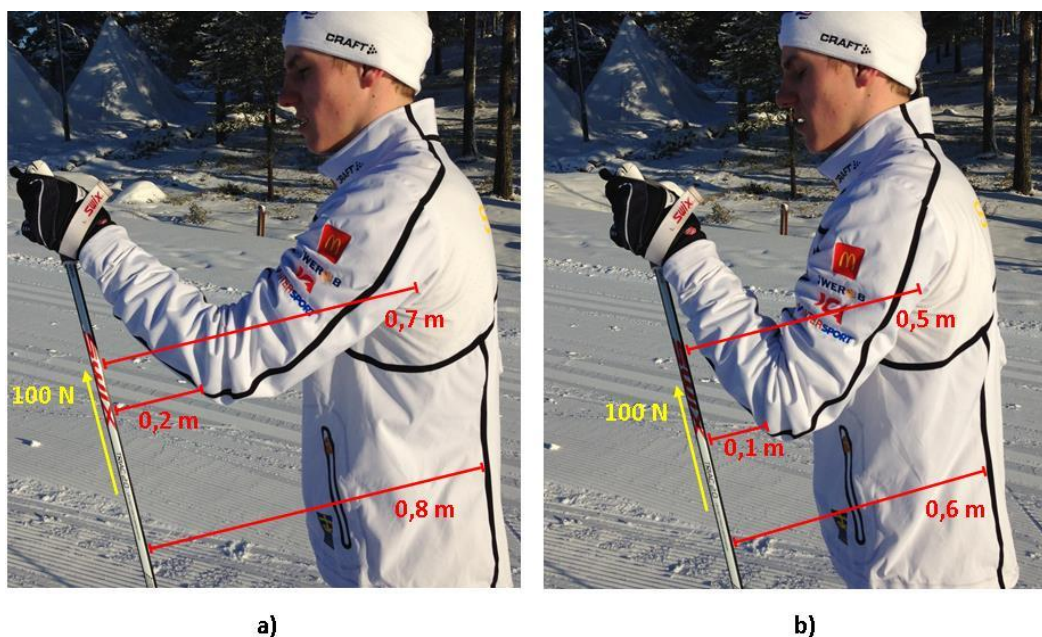
Figur 2.2. Vridmomentet beräknas med hjälp av kraften och det vinkelräta avståndet mellan kraftens riktninglinje och rotationspunkten. I figuren utvecklas ett vridmoment enligt: $100 \text{ N} \cdot 0,25 \text{ m} = 25 \text{ Nm}$.



Figur 2.3. För att hålla kulan på plats måste det vridmoment som skapas av muskelkraften vara lika stort som det som skapas av tyngdkraftens påverkan på kulan.

I figur 2.3 visas hur en muskel (triceps) måste utveckla kraft för att hålla emot tyngdkraftens påverkan på en kula som ligger i handen. $F_{Mu} \cdot l_{Mu}$ måste vara lika stort som $F_{mg} \cdot l_{mg}$ för att kulan skall hållas stilla. Muskelns vridmoment är då lika med tyngdkraftens vridmoment. Om för lite kraft utvecklas av muskeln så sjunker kulan nedåt. Kan mer kraft utvecklas i triceps så kan kulan kastas iväg.

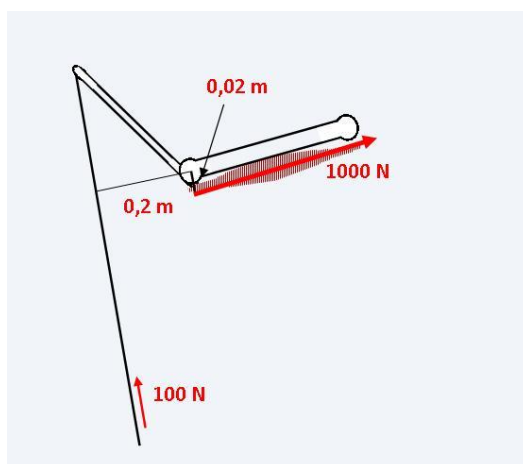
Precis som i exemplet ovan är det vanligtvis så att muskler fäster nära en led medan den yttre belastning de utsätts för befinner sig längre ifrån (l_{Mu} är mycket kortare än l_{mg} i figur 2.3). Detta innebär att en given yttre kraft ofta skapar vridmoment som det krävs betydligt större muskelkraft för att motsvara.



Figur 2.4. Hur krafter och avstånd kan variera vid olika positioner.

Kraften som musklerna kring olika leder måste skapa vid skidåkning påverkas bland annat av stavisättningen. Om staven sätts i, med en given kraft mot snön, som i a) eller b) i figur 2.4 påverkar vilka vridmoment som armbågsled, axelled och ryggslut måste hantera eftersom avstånden till de tre lederna är olika i de båda fallen. Skulle musklerna kring någon av lederna "ge efter" så innebär det att kraftöverföringen försämras.

Om åkaren trycker så kraften i staven blir 100 N så blir vridmomentet i a) $100 \cdot 0,2 = 20 \text{ Nm}$ i armbågsleden. Detta betyder att åkaren med sin tricepsmuskel måste skapa just 20 Nm för att hålla en stabil vinkel i armbågsleden. Figuren nedan visar i detalj hur detta går till.



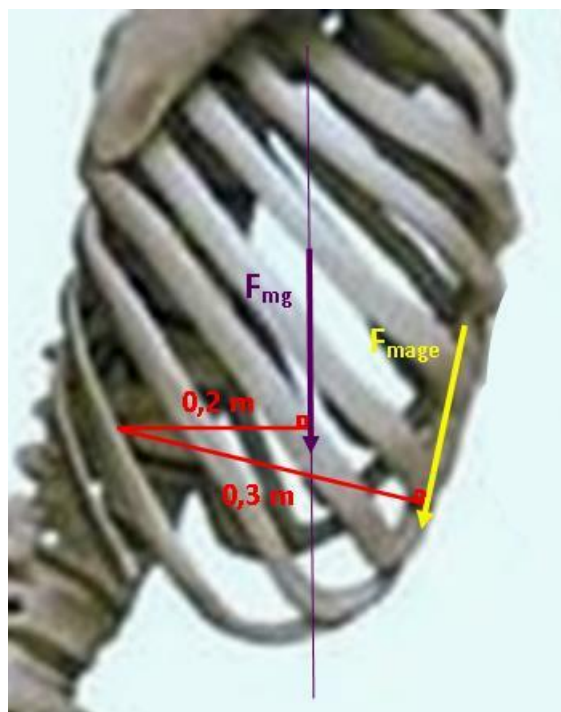
Figur 2.5. Exempel på krafter och avstånd kring armbågsleden.

Eftersom tricepsmuskeln fäster endast ca 2 cm bakom armbågens centrum så måste muskelkraften uppgå till 1000 N för att armbågen skall kunna hållas kvar i läge ($1000 \cdot 0,02 = 20 \text{ Nm}$).

Om stavens position i figur 2.4 ändras så att avståndet till armbågsleden blir 0,1 m så avlastas triceps med 50 %. Det åtgår bara 500 N för att statiskt kunna låsa i armbågen. Vridmomentet från staven är nu endast $100 \cdot 0,1$, alltså 10 Nm, och kraftbehovet från triceps sjunker från 1000 N till 500 N.

Om istället axelleden analyseras (i figur 2.4) så är vridmomentet där $M = 100 \cdot 0,7 = 70$ Nm i läge a) och $M = 100 \cdot 0,5 = 50$ Nm i läge b). Procentuellt sett en mycket mindre förändring i axelleden jämfört med armbågen. Den muskel som framför allt drar armen nedåt och bakåt är latissimus dorsi (breda ryggmuskeln).

Tittar man på belastningen runt kotor i ryggslutet så ser man att det där är magmuskerna som sköter kontrollen. Stavtagets kraft uppåt i läge a) vill få ryggen att böjas bakåt (svanka) med vridmomentet $100 \cdot 0,8 = 80$ Nm. Vid en förändring till läge b) minskar belastningen något till 60 Nm. Magmuskerna blockerar denna oönskade svajning i ryggraden och orkar förhoppningsvis istället krumma ihop överkroppen lite (kanske med 90 Nm istället för de 80 Nm som är minimum i läge a) och därmed skapa lite extra längd och kraft åt stavtaget. Om magmuskerna ensamt skulle stabilisera ryggraden så måste $F_{\text{mage}} \cdot 0,3 = 80$ Nm (se figur 2.6).



Figur 2.6. Skiss över hur överkroppens tyngd hjälper magmuskerna att skapa kraft nedåt.

Tittar vi mer noggrant på överkroppens och magmuskernas påverkan runt ryggslutet så är följande siffror från figurerna 2.4 och 2.6 mer överensstämmande med verkligheten.

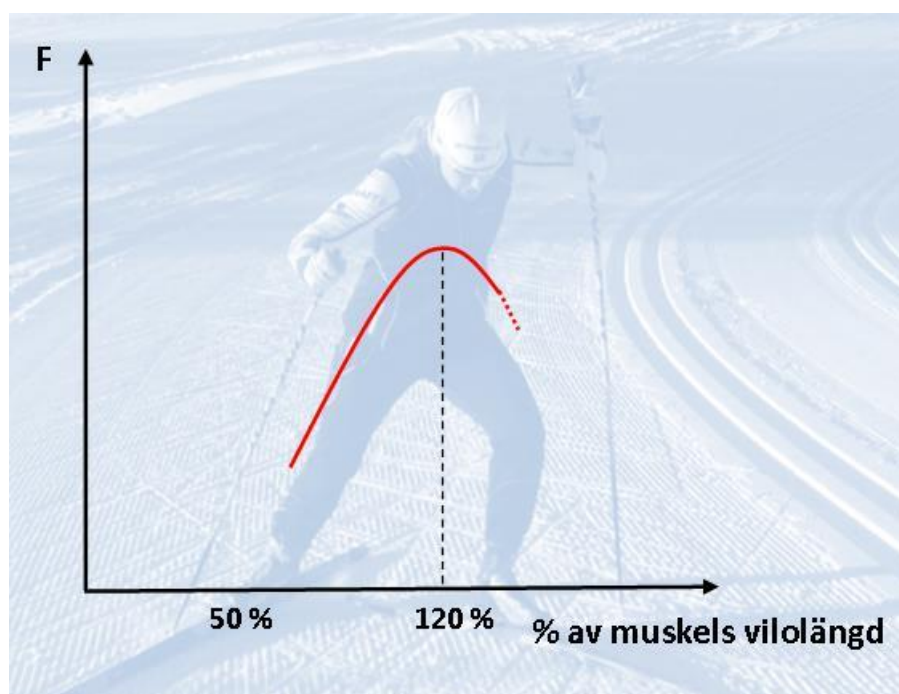
$F_{\text{mg överkropp}} \cdot 0,2 + F_{\text{mage}} \cdot 0,3 = 80$ Nm, det vill säga magmuskerna (F_{mage}) avlastas då överkroppens tyngd hjälper till med fällningen framåt.

En förändring från läge a) till läge b) i figur 2.4 visar att ju närmare en led en yttre kraft får verka desto mindre blir belastningen på inblandade muskler. Med en given muskelkraft kan man alltså

skapa högre kraft genom staven i läge b). Längden på varje stavtag blir dock mindre så frekvensen måste ökas om en given åk hastighet skall kunna bibehållas. Att åka relativt "stort" fungerar när det är lättåkt (bra före, lätt terräng). Under förhållanden med exempelvis tyngre före blir det mer effektivt att åka med kortare stavtag och högre frekvens.

Vid ett enda frånskjut kan det löna sig med en "djup knäböjning" för att få extra hjälp av kroppstyngden. Det kostar dock alldeles för mycket energi så det lönar sig inte i längden även om varje enskilt frånskjut blir kraftfullt. I startmomentet vid sprint och vid korta ryck i uppförsbacke kan man se denna teknik.

Att anpassa tekniken från situation till situation är energisparande. Förståelse för hur muskler arbetar ger stor vägledning till hur olika rörelser kan varieras. Det finns två viktiga egenskaper hos muskler som man bör känna till för att kunna göra riktiga rörelseanalyser. Det ena är en muskels kraft-längdsamband. Det andra är muskelns kraft-hastighetssamband.



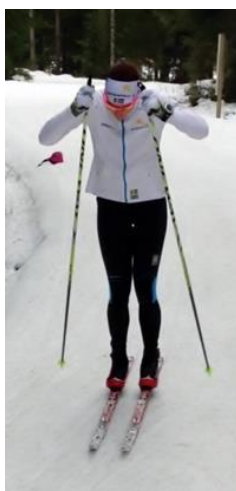
Figur 2.7. Sambandet mellan en muskels längd och potentiell kraftutveckling.

Om en muskel skall producera hög kraft gäller det att avståndet mellan ursprung och fäste inte är för kort. Allra mest kraft kan man få ut av en muskel om den är utdragen ca 20 % över sin naturliga vilolängd. Figuren ovan visar att om en enskild muskeltråd dragits ihop så att den är endast 50 % av sin vilolängd så är dess möjligheter att dra ihop sig ytterligare lika med 0. Alltså kan ingen kraft utvecklas i den positionen. Ju mer utdragen en muskel är desto bättre position för kraftutveckling. Över 120 % avtar dock kraftutvecklingen en aning för att sedan kraftigt reduceras.



Figur 2.8. Triceps är längre i a) jämfört med b) och kan därigenom skapa högre kraft.

Om armbågsleden betraktas i två olika lägen så ser man att triceps är längre i läge a) än i läge b) och därmed i bättre position för att utveckla kraft. För biceps är det tvärt om. Ju högre överarmen lyfts upp i axelleden desto bättre position för latissimus dorsi. Om armbågen hålls högt upp och ut från kroppen inför stavisättningen så förlängs både latissimus dorsi och pectoralis major (stora bröstmuskeln) och kan därmed producera mer kraft.



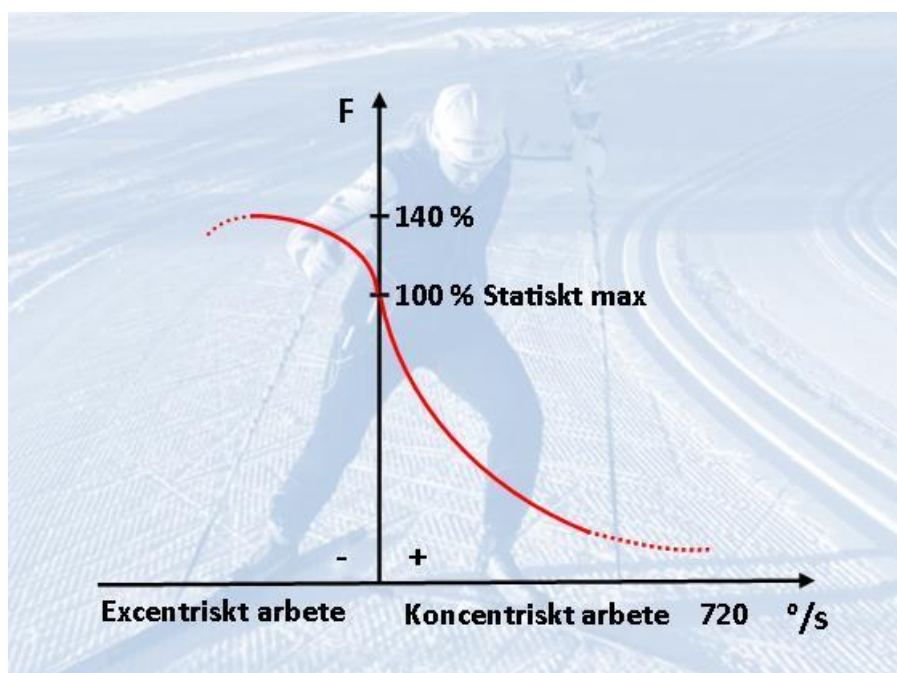
Figur 2.9. Stakning med höga armbågar aktiverar rotatormusklerna i axelleden.

Om armbågarna hålls höga genom stavtaget ger detta en bra position för rotatormusklerna i axelleden att arbeta. Dessa muskler har mycket korta hävarmar in till axelledens centrum vilket skapar extremt snabba rörelser, dock på bekostnad av kraft. Höga armbågar syns därför speciellt vid spurtuppgörelser där farten redan är hög och där hög rörelsehastighet eftersträvas.

Ryggradens krökning bestämmer magmusklernas position medan vinklar i höftleden bestämmer höftsträckarnas längd. Vid sträckning i knäleden är det quadriceps och i fotleden triceps surae som är de huvudsakliga motorerna. Kunskap i anatomi är till stor nytta vid detaljerade analyser av rörelsemönster.

Ytterligare en egenskap som är avgörande när muskler skall arbeta är dess förmåga att lagra kraft och energi i senor och bindväv vid en inbromsning av en rörelse. När en muskel bromsar en rörelse som går åt "fel" håll och som sedan direkt påbörjar en rörelse åt andra hållet kan man utvinna upp till 30-40 % högre kraft än om man startar från en statisk (stillastående) position.

Alla vet att man hoppar högre om man startar ett upphopp med en rytmisk lagom stor nedsjunkning innan själva rörelsen upp börjar. När nedsjunkningen bromsas upp byggs elastiska krafter upp som sedan hjälper till vid själva upphoppet (brukar kallas gummibandseffekten). En lämplig gungrörelse i knät innan frångskjutet vid längdskidåkning skapar samma förutsättningar som vid ett upphopp. Vid höga upphopp använder man sig av en kraftig armsving vilken med rätt tajming tvingar knäböjningens bromskraft att vara lite högre än utan armrörelse. Hela kroppens tyngdpunkt sänks effektivare med både armpendling och knäböjning synkroniserade (se figur 1.8). Vid diagonalåkning kommer kraftfulla armpendlingar med "låg axel" ge extra hjälp att ladda frångskjutsbenets elastiska komponenter. När man bromsar en rörelse säger man att muskeln arbetar excentriskt (till skillnad mot koncentriskt). Ordet excentriskt betyder "under förlängning" och ordet koncentriskt betyder "under förkortning". En lätt framfällning (gungning) av överkroppen ger exempelvis möjlighet till excentrisk laddning av höftsträckare vilka sedan omedelbart används i början av frångskjutet med benet.



Figur 2.10. Sambandet mellan en muskels kontraktionshastighet och potentiell kraftutveckling.

Kurvan i figur 2.10 visar hur potentiell kraftutveckling varierar beroende på hur snabbt en muskel förkortas. På höger sida om F-axeln ser man att möjligheten att utveckla kraft avtar allt eftersom rörelsen blir snabbare. På vänster sida om F-axeln sker det excentriskt arbete, vilket innebär att muskeln bromsar en rörelse som håller på att dra isär muskeln. Vid excentriskt arbete kan upp till 30-40 % högre kraft utvecklas än vad som är möjligt vid statiskt arbete. Det är dessa höga krafter som lagras i de elastiska komponenterna och sedan utlöses när rörelsen vänder åt "rätt" håll.

Vid effektiva rörelser skall alltså muskeln dels tvingas bromsa upp och vända en rörelse och detta skall dessutom ske i en position där muskeln är lagom uttänjd i förhållande till sitt viloläge.

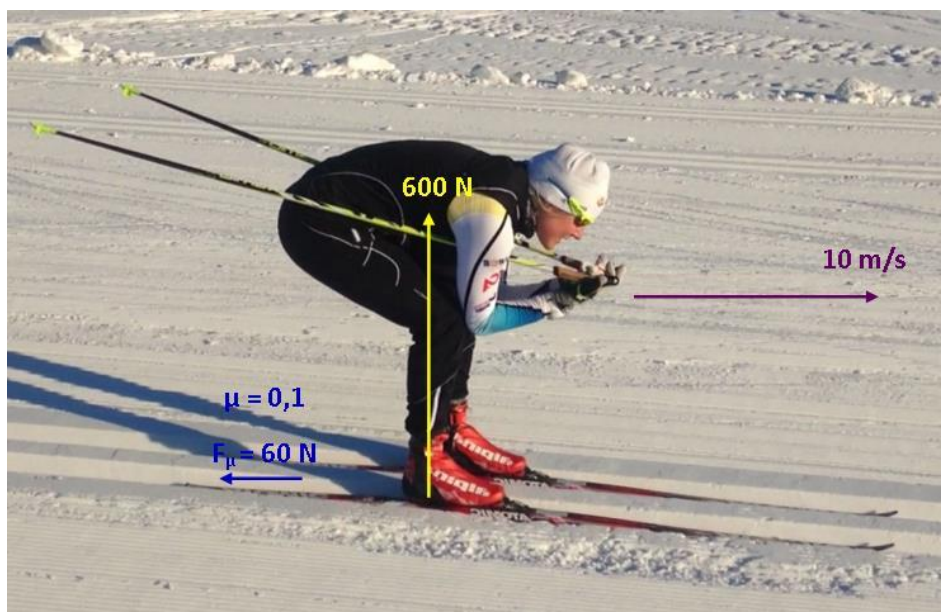
Att se, känna och justera tekniska detaljer fordrar erfarenhet, mycket åkning men också grundkunskaper i både anatomi och rörelselära, eller med andra ord: biomekanik.

Sammanfattning

- En muskel drar alltid lika mycket i ursprung som i fäste.
- Vridande moment (M) är ett mått på en krafts förmåga att vrida ett föremål kring en viss axel.
- Vid statiskt arbete är summan av de olika vridmomenten kring en led lika med 0.
- En muskel producerar störst kraft när den är utdragen till 120 % av dess vilolängd.
- Vid excentriskt arbete kan en muskel utveckla mer kraft än vid koncentriskt arbete.

Kapitel 3 – Stavtag och begreppet impuls ($F \cdot t$)

För att kunna förklara begreppet impuls och därmed bättre förstå olika varianter av stavtag så görs följande tankeexperiment. En åkare som väger 60 kg åker ut på plattan efter en utförslöpa med hastigheten 10 m/s. Vallateamet har skapat en glidyta med $\mu = 0,1$. Vad kommer att hända? (För enkelhetens skull bortses från luftmotståndets inverkan).



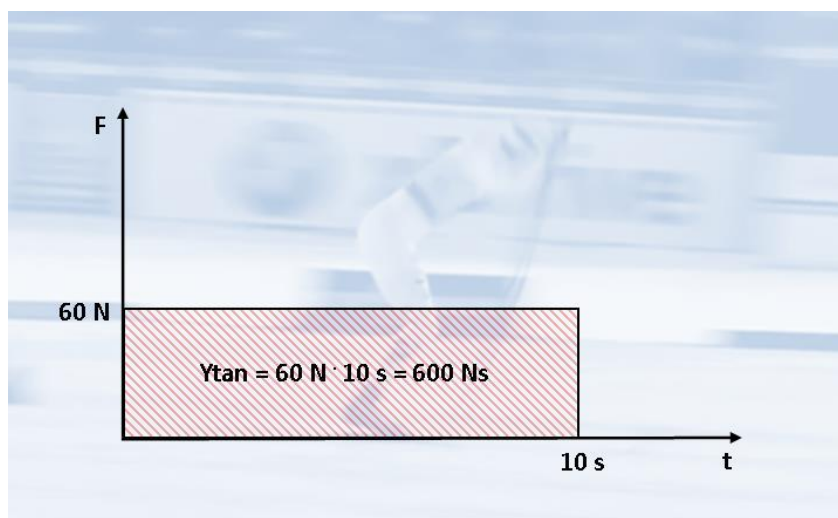
Figur 3.1. Krafter vid retarderad rörelse.

Enligt vad genomgången i kapitel 1.4 visat blir bromskraften (F_μ) 60 N eftersom $F_N = 600$ N och $\mu = 0,1$. Om man i formeln $F = m \cdot a$ sätter in $F = 60$ N och $m = 60$ kg så måste a bli 1 m/s^2 . I detta fall betyder det att hastigheten avtar med 1 m/s för varje sekund. Det kommer alltså att ta 10 sekunder innan farten minskat från 10 m/s till 0 m/s . Om man direkt vill ta med tiden som krafter får verka så skrivs formeln $F = m \cdot a$ om så att den istället blir:

$$F \cdot t = m \cdot v \text{ (där } v \text{ står för hastighetsändring)}$$

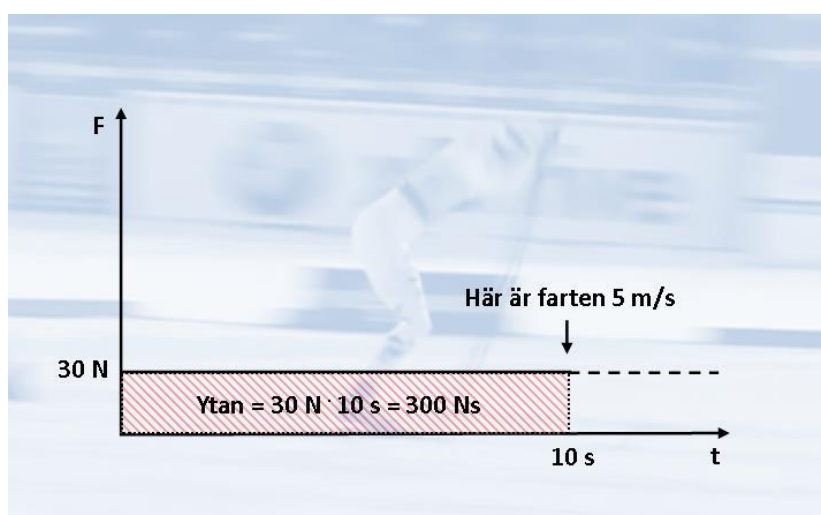
(Om formeln för acceleration $F = m \cdot a$ multipliceras med tiden (t) resulterar det i $F \cdot t = m \cdot a \cdot t$, men då $a \cdot t = v$ så kan förhållandet uttryckas som $F \cdot t = m \cdot v$.)

Detta är en formel som är välbekant inom fysiken. Det vänstra ledet ($F \cdot t$) har fått namnet impuls och har enheten newtonsekunder (Ns) medan högra ledet ($m \cdot v$) har fått namnet rörelsemängd med enheten kilogrammeter/s ($\text{kg} \cdot \text{m/s}$). Med andra ord betyder formeln att när man ger en kropp en positiv (accelererande) impuls (exempelvis vid ett stavtag eller ett frångskjut) så ökar åkarens rörelsemängd med motsvarande storlek (1 Ns ger upphov till $1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$). När en åkare glider fram i spåret utsätts denne för en negativ (bromsande) impuls. Friktionskraften som då är riktad bakåt är ett exempel på en negativ impuls som pågår hela tiden.



Figur 3.2. Grafisk representation av en bromsande kraft (60 N) som verkar i 10 sekunder.

Förloppet i exemplet ovan skulle i ett så kallat impulsdiagram, där det ritas in hur krafter varierar under ett visst tidsförlopp, se ut som i figur 3.2. Impulsen ses som ytan under kraftkurvan.



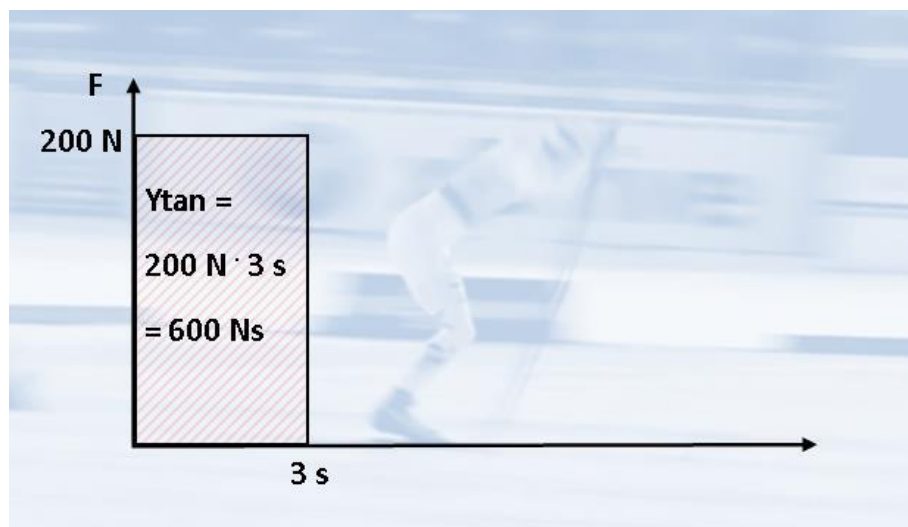
Figur 3.3. Grafisk representation av en kraft (30 N) som har verkat i 10 sekunder och som kommer uppnå 600 Ns efter 20 sekunder.

Hade vallateamet åstadkommit $\mu = 0,05$ så skulle siffrorna i $F \cdot t = m \cdot v$ vara $30 \cdot t = 60 \cdot 10$ och ge ett t som blir 20 sekunder. Det skulle ta dubbelt så lång tid att stanna och efter 10 sekunder skulle farten bara ha avtagit till 5 m/s.

Begreppet $F \cdot t$ har alltså fått namnet impuls medan begreppet $m \cdot v$ har fått namnet rörelsemängd. Ordet impuls förknippas ofta med snabba förlopp som stötar, frångskjut eller stavtag. Men impulser kan alltså även vara långvariga som i fallet med en bromsande kraft (friktionskraften) under ett helt skidlopp.

I det första exemplet ovan hade kroppen en rörelsemängd på $60 \cdot 10 = 600 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ och den bromsades ned till 0 efter 10 sekunder när den bromsande impulsen nått upp till samma nivå:

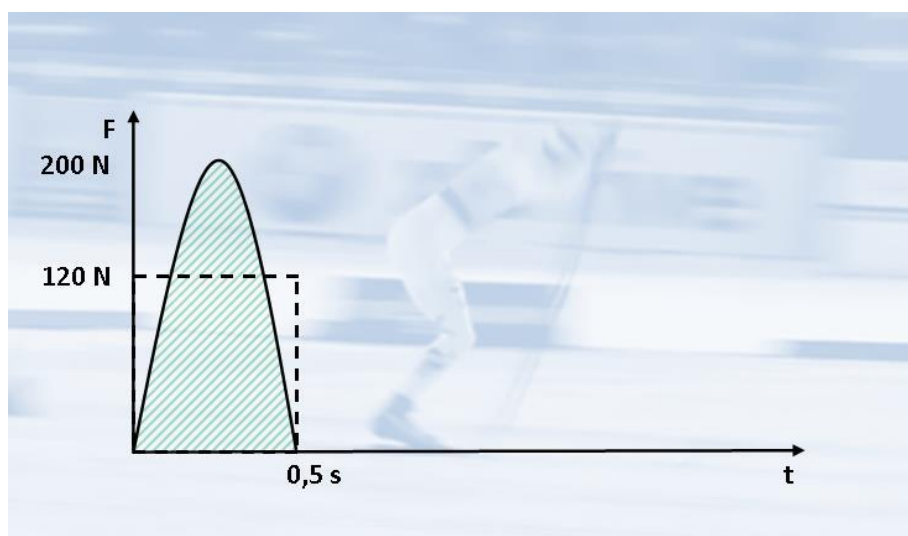
600 Ns. I exempel 2 dröjde det 20 sekunder innan impulsen blev stor nog för att få åkaren att stanna helt. Efter 10 sekunder skulle farten bara ha sjunkit till 5 m/s. Ett tredje exempel på att få stopp på åkaren (om man nu vill det) är att öka bromskraften F genom att ploga och därmed få en bakåtriktad "plogkraft" av exempelvis 200 N vilket, som visas i figuren nedan, ger en bromstid på 3 sekunder.



Figur 3.4. Grafisk representation av när kraften 200 N uppnår samma resultat som i figurerna ovan.

Det gemensamma för dessa tre exempel på hur en rörelsemängd på 600 kg·m/s kan stoppas är att det behövs impulser på exakt 600 Ns, alltså en bromsimpuls motsvarande rörelsemängden.

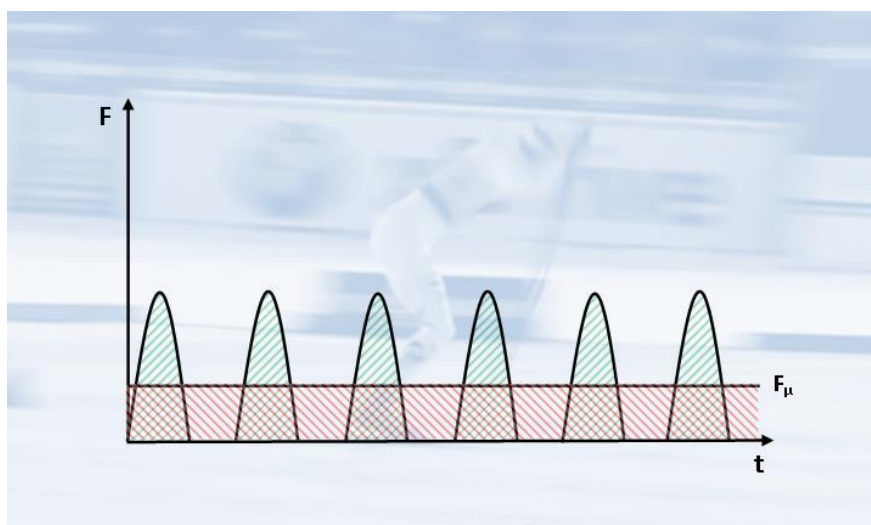
Ett stavtag ger en framåtriktad kraft som snabbt växer upp till ett maximum för att sedan avta till 0. Kurvan nedan visar ett tänkt stavtag med en varaktighet på 0,5 sekunder.



Figur 3.5. Ett stavtag med medelvärde 120 N.

Y_{tan} under kurvan uppskattas vara lika stor som den streckade rektangeln där F bedömts till 120 N. Denna yta ger enligt formeln $F \cdot t = m \cdot v$ en åkare med $m = 60$ kg ett hastighetstillskott (v) av 1 m/s (enligt $120 \text{ N} \cdot 0,5 \text{ s} = 60 \text{ kg} \cdot v \text{ m/s}$ där v blir 1 m/s).

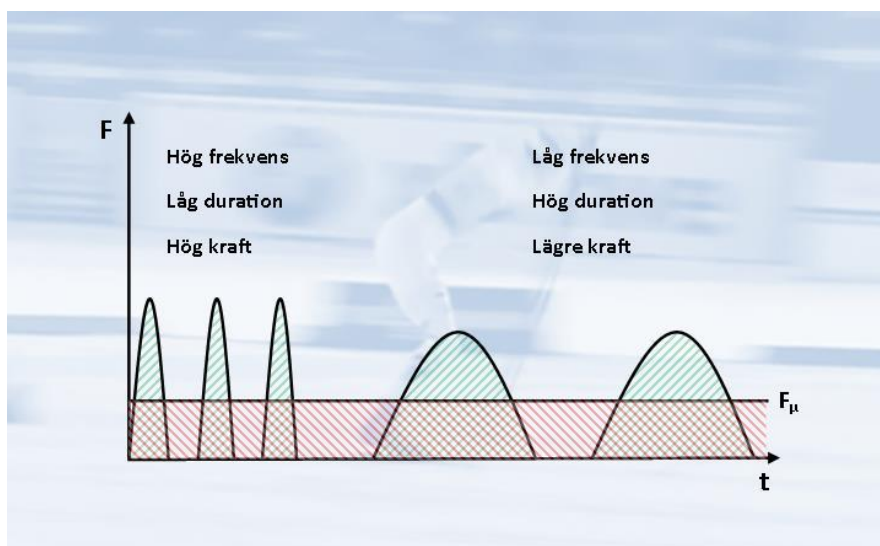
I figur 3.6 nedan genomförs flera stavgag i följd. För att behålla farten gäller det att skapa lika stora impulser framåt som vad friktionskraften ger bakåt.



Figur 3.6. Sex stavgag som kompenserar friktionskraftens bromsande effekt. Bibehålls farten så är de gröna accelerationsytorna lika stora som den röda ytan som representerar den bromsande kraften.

I figuren måste alltså den totala ytan under stavgagen vara lika stor som ytan under friktionskraften för att åkarens fart inte skall minska. Med andra ord är stavgagens framåt drivande effekt lika stor som friktionskraftens bromsande effekt, vilket ger konstant fart.

Hög frekvens, hög kraft, långa tag etc. är inte var för sig avgörande för vad som händer utan det är impulsens storlek som avgör. I nedanstående figur ser du exempel på hur helt skilda typer av stavgag kan ge samma resultat.

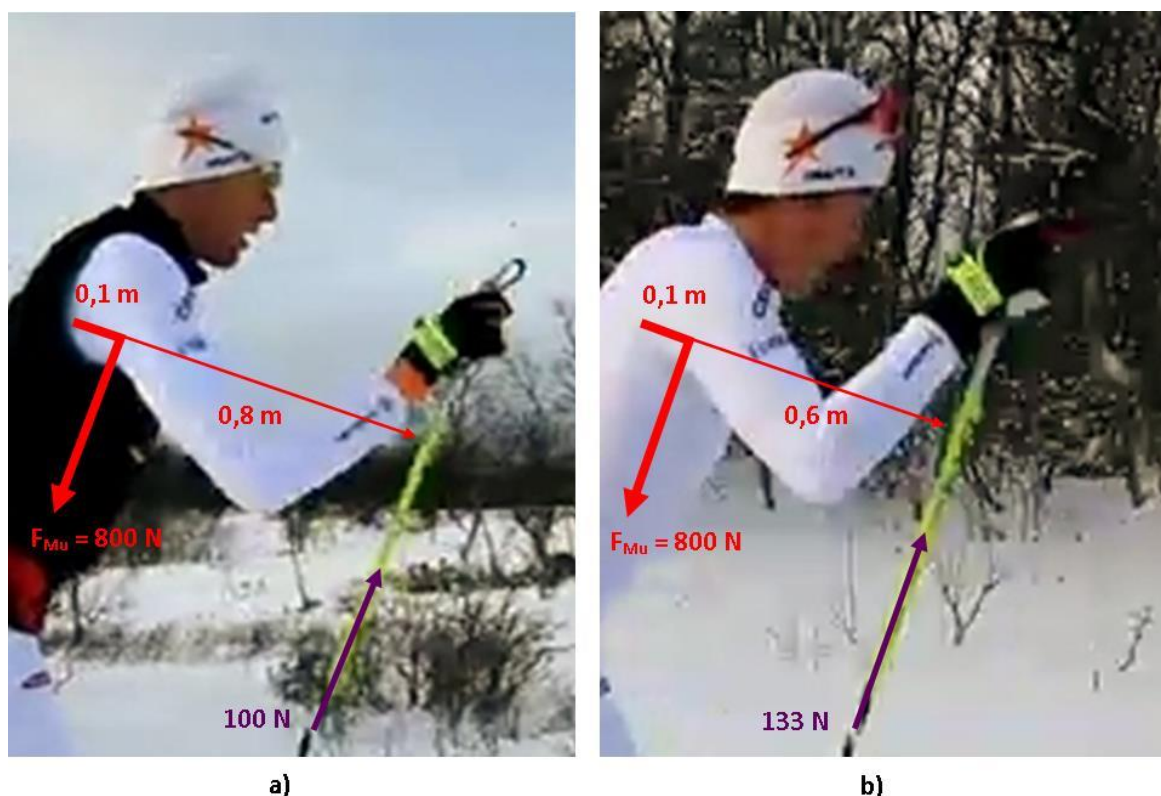


Figur 3.7. Exempel på effekten av olika typer av stavgag (eller benfrånskjut).

Hur skiljer sig stavgag åt vid olika terräng och olika hastigheter?

Vid åkning på horisontellt underlag måste åkaren, för att bibehålla sin fart, skapa impulser framåt som är lika stora som friktionens och luftmotståndets impuls bakåt. Vid åkning uppför

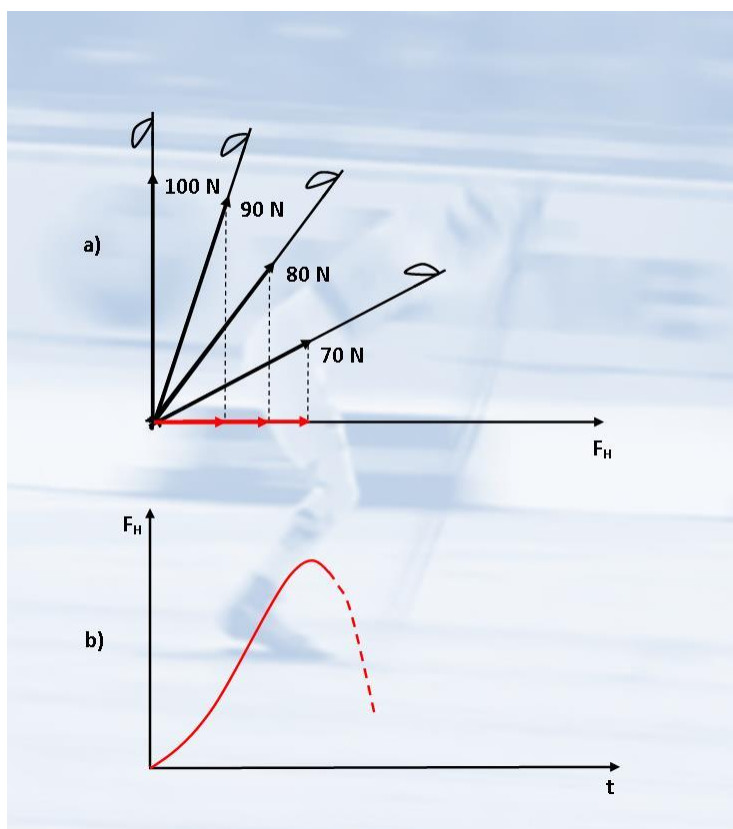
tillkommer även den bromsande effekten från tyngdkraftens bakåtriktade komponent. Impulserna från stavtagen kan ökas på olika sätt. Antingen med ökad kraft eller längre tid eller både och. Paradoxen är att åtgärder som ökar kraften i stavtaget tenderar att göra att tiden stavtaget varar minskar, och tvärtom. Längre tid kan fås genom att starta stavtaget något längre framför sig och/eller sluta något längre bakom sig, men högre kraft kan skapas i ett kortare stavtag där stavisättningen sker närmare kroppen. Som framgått av figur 2.10 finns det även en gräns för där rörelsen blir så snabb att musklerna inte längre effektivt kan skapa kraft. Vid höga farter blir det således viktigt att förlänga stavtaget för att få tid nog att utveckla kraft, medan det vid lägre hastigheter där tiden naturligt blir längre kan vara viktigare att vara i en position där åkaren är stark och orkar applicera stor kraft mot underlaget.



Figur 3.8. En given muskelinsats ger olika kraft mot snön beroende på stavens avstånd till leden.

Armens position ger olika krafter på staven trots samma muskelinsats. Antag som i figuren ovan att man kan nå upp till 800 N för musklerna i axelleden (framför allt latissimus dorsi) och att dessa har en hävarm på 0,1 m. Vridmomentet blir då 80 Nm. Om staven som i a) hålls 0,8 m ut från axeln blir kraften mot snön 100 N ($100 \cdot 0,8 = 80\text{ Nm}$). Hålls staven som i b) endast 0,6 m utanför axelleden blir kraften istället 133 N ($133 \cdot 0,6 = 80\text{ Nm}$).

Om stavtaget startar i a) i figur 3.8 för att sedan snabbt gå över till b) så kommer överarmens bakre muskel (triceps) att kunna börja spännas under det att muskeln förlängs. Kraft kommer att lagras i muskelns elastiska delar (se kapitel 2). Den uppbyggda kraften utlöses sedan då åkaren snabbt sträcker i armbågen. Att staven då är riktad mer framåt än när kraften byggdes upp är naturligtvis ingen nackdel.



Figur 3.9. Exempel där kraften minskar under stavtaget från 100 N till 70 N, men den framåt drivande komponenten (röda pilarna i a) samt kurvan i b)) av den totala kraften ökar då staven vinklas mer framåt.

Hur staven är vinklad mot underlaget är avgörande för hur applicerad kraft påverkar farten framåt. Antag som exempel att en åkare trycker på staven med 100 N i början av stavtaget och att kraften successivt minskar ned till 70 N, som i figur 3.9. Trots detta så ökar den framåt drivande komponenten och blir som störst i slutet av stavtaget. En impulskurva för just denna framåt drivande kraft skulle få ett utseende som i b). Impulskurvor för verkliga stavtag ser olika ut för olika deltekniker och åkstilar. Ett stavtag där kraften i stavisättningen är väldigt hög för att sedan avta snabbare än i exemplet ovan får en impulskurva där den maximala framåt drivande kraften uppnås tidigare. Den grundläggande principen, att högst maximal kraft inte nödvändigtvis innebär högst framåt drivande kraft, gäller dock alltid.

Vilken typ av stavtag som är bäst vid ett givet tillfälle beror på en rad olika faktorer, bland annat åk hastighet, kraftreserver, spårets lutning och stavfästet. Att välja rätt i varje situation ger små energi- och tidsbesparingar som ger avgörande sekunder i mål.

Sammanfattning

- Kraft ger acceleration enligt formeln $\mathbf{F} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{a}$. Om kraften får verka under t sekunder så blir hastighetstillskottet v m/s enligt formeln $\mathbf{F} \cdot \mathbf{t} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{v}$.
- Begreppet $\mathbf{F} \cdot \mathbf{t}$ med enheten Ns kallas för impuls.
- Begreppet $\mathbf{m} \cdot \mathbf{v}$ med enheten kg·m/s kallas för rörelsemängd.
- En impuls på en kropp ger en lika stor siffermässig ändring i kroppens rörelsemängd.
- Ett frånskjut med en stav eller en fot kan visualiseras i ett impulsdiagram där effekten av både kraft och tid åskådliggörs.

Kapitel 4 – Benfrånskjut

4.1 Allmänt om benfrånskjut

För att kunna trycka mot marken med mer kraft än vad normalkraften är då åkaren står stilla, så måste det ske en acceleration av kroppsdelar uppåt (se kapitel 1). De kroppsdelar som från en något hopkupan position kan röras uppåt är huvud, överkropp, armar, lår och underben (alltså hela kroppen).



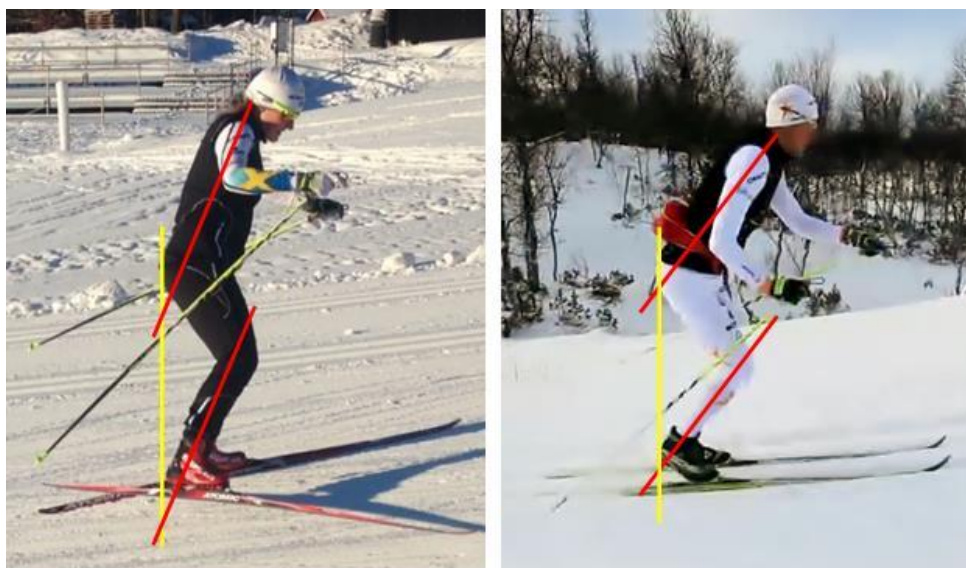
Figur 4.1. Kroppens acceleration uppåt ger kraft till frånskjutet.

Om någon eller några av dessa kroppsdelar accelereras snett uppåt så uppstår en reaktionskraft som vi kallar frånskjutskraft. Kraften kan delas upp i en del riktad vinkelrät mot underlaget (F_N) och en del parallell med underlaget (F_μ).

De viktigaste muskelgrupperna som ger dessa accelerationer är:

- Vadmusklerna (M. triceps surae) i fotleden
- Knästräckarmusklerna (M. quadriceps) i knäleden
- Höftsträckarna (M. glutei och hamstringsmusklerna) i höftleden
- Ryggsträckarna (M. erector spinae) i ryggraden
- Framåtpendlande muskler (M. deltoideus och M. pectoralis) i axelleden
- Nackmuskler som styr huvudets rörelse

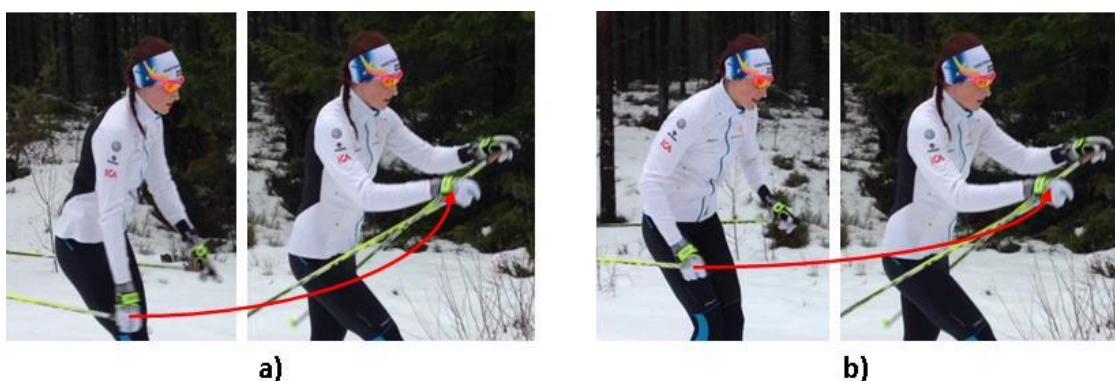
För att en kraftfull acceleration skall kunna ske är det viktigt att inblandad muskulatur är i en position där den har bra möjlighet att utveckla kraft.



Figur 4.2. En grundposition med driv framåt och parallella vinklar i underben och bål ger en bra position för att utveckla kraft i ett benfrånskjut.

En grundposition där åkaren ligger på framåt och har parallella vinklar i underben och bål gör att vadmuskler, knästräckare och höftsträckare hamnar i ett gynnsamt läge för att skapa kraft. Det parallella förhållandet mellan underben och överkropp är relevant vid såväl klassiskt som fristil, eller för den delen andra aktiviteter där ett kraftfullt benfrånskjut eftersträvas, exempelvis jämfota upphopp.

Armarnas acceleration framåt-uppåt i armpendeln är ett tydligt exempel på hur kraften i benfrånskjutet kan förstärkas.



Figur 4.3. En djup armpendel som i a) bidrar till ett kraftfullare benfrånskjut.

I figuren ovan visas en arm som pendlas djupt ned för att sedan snabbt vända uppåt (a). Detta ger ett stort bidrag till frånskjutet jämfört med en flackare armpendel (b). En lagom stor gungrörelse med överkroppen och huvudet hjälper också till. Men det gäller att benet skjuter ifrån samtidigt som rörelsen i armar och överkropp accelereras snett uppåt; alltså inte för tidigt, eller när dessa rörelser börja tappa fart (retardera). Då är det för sent. Rytmen i åkningen är väldigt viktig!

4.2 Benfrånskjut i klassiskt

Frånskjut i diagonal och stakning med frånskjut sker från en position med foten aningen framför kroppens tyngdpunkt. Frånskjutet inleds med att skidan stannas och fästzonen trycks fast mot snön. Åkaren drar sig fram över skidan med framför allt muskler på lårets baksida (hamstrings). Dessa muskler sträcker i höft och böjer i knä vilket passar perfekt för att dra åkaren fram över skidan. Därefter påbörjas en tryckfas med hjälp av höftsträckare, knästräckare och vadmuskler. Dragfasen ger ett avsevärt mindre bidrag till farten framåt än tryckfasen men är inte försumbar. Frånskjutet avslutas innan friktionsvinkeln uppnås. Kroppens tyngdpunkt hinner bara röra sig någon eller några decimeter framåt under detta förlopp. Tiden för varje frånskjut varierar naturligtvis beroende på åkarens hastighet, men ofta tar det mellan 0,2-0,5 sekunder från att skidan stannar upp till att den åter lyfts från underlaget. Under denna korta tid skall benmuskulerna producera behövlig kraft till ett väl avvägt frånskjut. Ju högre hastighet åkaren har desto mindre tid och desto mindre kraft finns att tillgå enligt kurvan om kraft-hastighetssambandet (figur 2.10).

Det är viktigt att känna till att man vid stakåkning inte kan skapa kraft framåt via benarbete utan att skidan står helt stilla i spåret. Vid långsam åkning är det möjligt att "hoppa" framåt vid stakning på fästvallade skidor, men då måste frånskjutet med benen göra att skidorna stannar upp och fastnar en kort stund i spåret. Detta ger upphov till en reaktionskraft framåt på åkaren tack vare friktionen mellan fästzonen och snön. Går det så fort att frånskjutet inte gör att skidan stannar och greppar tag i snön så kan åkaren bara skjuta ifrån rakt uppåt. Farten framåt påverkas alltså inte av frånskjutet. Tyngdpunkten förflyttas enbart uppåt men åkaren kommer i ett bättre läge för att ta ett kraftigt stavtag i nästa rörelsecykel.

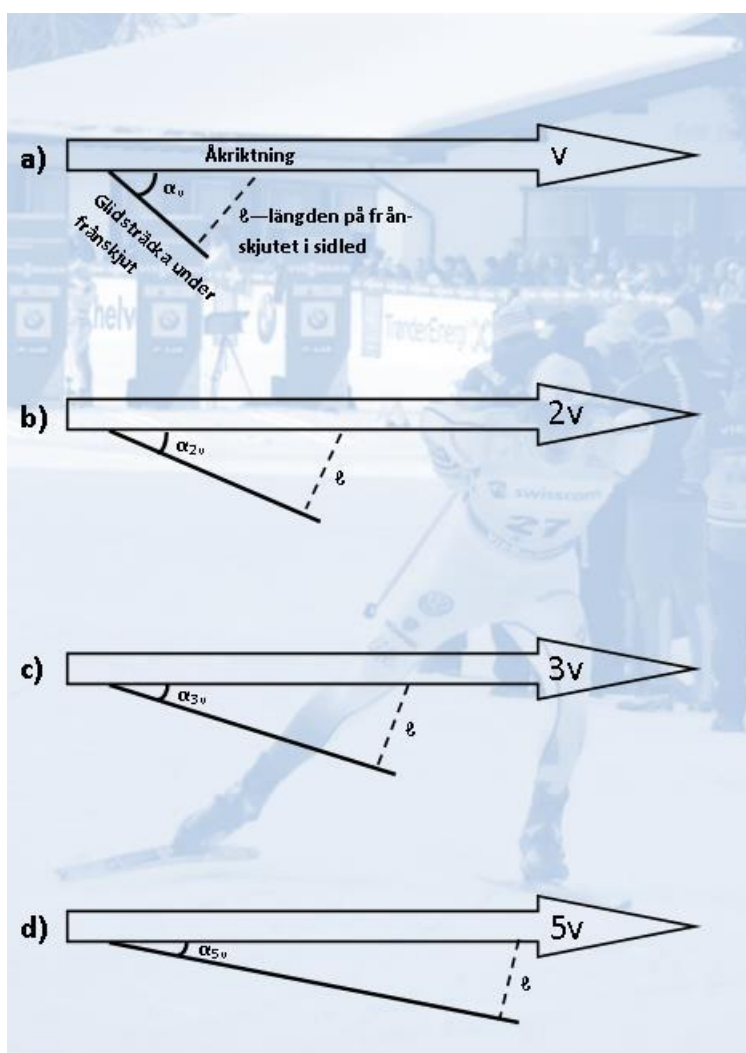


Figur 4.4. Tyngdpunkten flyttas uppåt genom att en resning görs.

En kraftfull resning vid stakning innebär att tyngdpunkten höjs genom en relativ förflyttning framåt av höften, och bakåt av axelpartiet och fötterna. Totaleffekten blir att kroppen rör sig rakt uppåt. Eftersom åkaren har hög fart framåt ser det ut som ett "hopp" som sker framåt, men det är en synvilla. Resningen skall inte vara ämnad att öka farten på åkaren, då detta är omöjligt när skidan glider framåt och alltså inte kan ge någon framåtriktad friktionskraft. Istället görs resningen för att skapa bra utgångsläge för kommande stavgång. En kropp som är på väg nedåt från en hög utgångsposition ger bra kraft till stavtaget vid uppbromsningen med stavarna.

4.3 Benfrånskjut i fristil

Vid fristil sker frånskjutet vinkelrätt mot skidans åkriktning (figur 4.5). Frånskjutet sker med en rörelse som sidoförflyttar åkarens fot ett givet avstånd från kroppens tyngdpunkt. Ett sådant frånskjut kan alltid göras oavsett hur fort åkaren färdas framåt i spåret. Det ökande avståndet mellan åkarens tyngdpunkt och skidan förutsätter att skidan kantställs. En plan skida glider bättre än en kantställd (lägre bromsande friktion), så en god avvägning mellan att glida på en plan skida och att påbörja frånskjutet på en kantställd skida är viktigt.

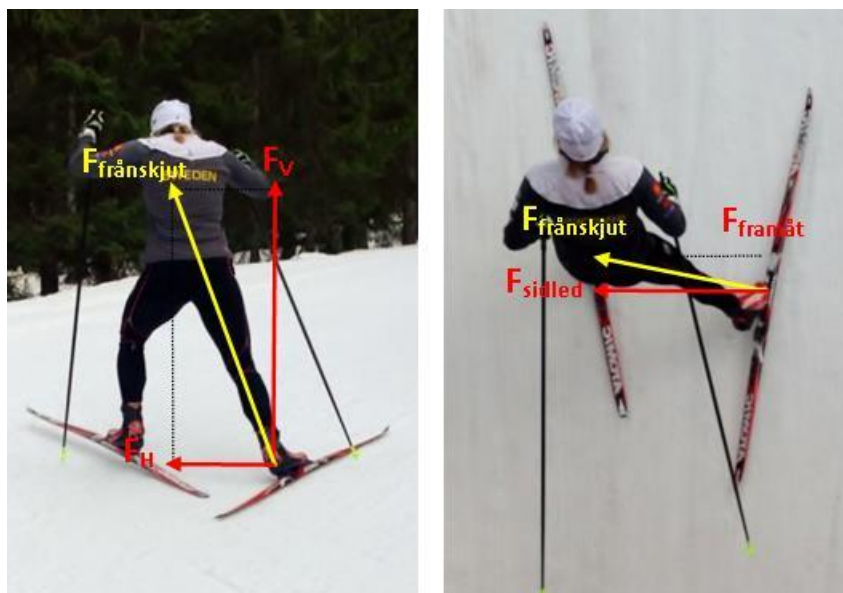


Figur 4.5. Frånskjut i olika vinklar i relation till åkriktningen.

I a) görs ett frånskjut som tar åkaren framåt en viss sträcka. I b), c) och d) antas åkaren ha successivt högre hastighet vilket ger längre och längre glidsträcka i frånskjutet. Frånskjutet i sidled är emellertid lika långt så skidan riktas mer framåt. Det blir alltså mindre vinkel mellan åkriktningen och glidriktningen för frånskjutsskidan (vinkeln α blir mindre). Vid höga farter står åkaren länge och glider men när väl frånskjutet görs sker det under ungefär samma tidsåtgång vid alla hastigheter.

I teorin kan man alltid ge ett bidrag till farten framåt eftersom frånskjutskraften alltid har en liten komponent framåt hur fort det än går, bara frånskjutsskidan riktas aningen snett utåt. I praktiken visas en större area (A) när frånskjutet görs än om åkaren bara står och glider. Luftmotståndet ökar alltså och blir vid höga farter större än det krafttillskott som fås genom frånskjutet.

För åskådlighetens skull visas i figur 4.6 frånskjutet vid fristil ur två olika perspektiv. Frånskjutet accelererar åkaren snett uppåt i sidled och har en framåtriktad komponent som beror på frånskjutskidans riktning i förhållande till åkriktningen.

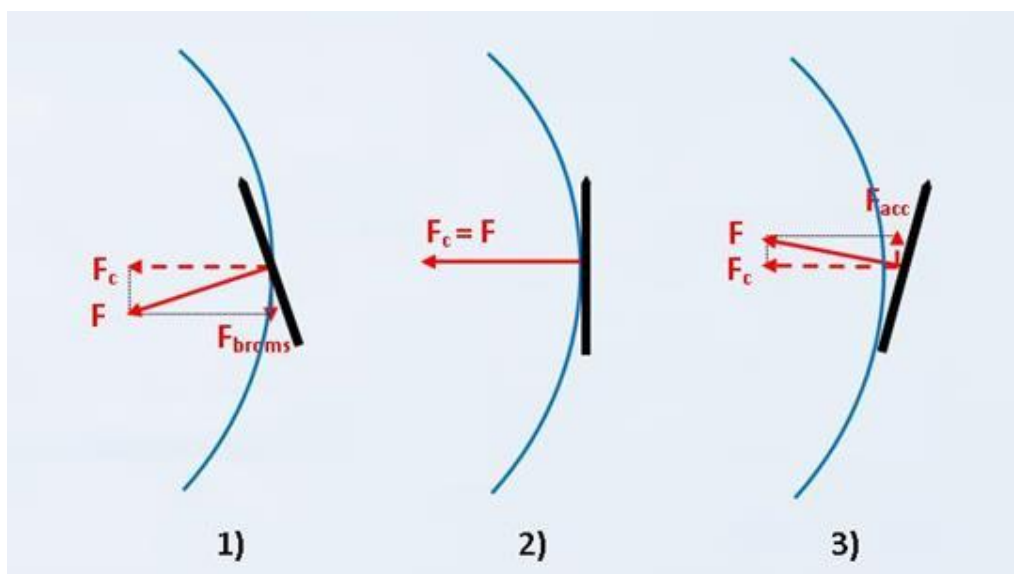


Figur 4.6. Frånskjutskraften sett ur två olika perspektiv.

4.4 Kurvtagning

För att styra in i en sväng måste man skapa en kraft åt sidan. Det finns tre olika möjligheter att göra detta:

1. Ställa ytterskidan lite snett och "ploga" in i svängen. Åkaren kommer inte bara att svänga utan tyvärr även att bromsa farten. Räcker inte denna åtgärd måste åkaren snedställa båda skidorna och sladda in i svängen med ännu större fartförlust.
2. Kliv vinkelrätt in mot svängens centrum. Att kliva rakt i sidled ger för varje steg en liten riktningsförändring. Innerskidan lyfts lite och riktas in i en ny åkriktning. Ytterskidan trycker in kroppen i den nya riktningen. Kraften i frånskjutet är riktad exakt vinkelrät mot åkriktningen och ger inget tillskott till hastigheten, men ändrar åkriktningen. Med små korta steg trampar man sig runt i svängen.
3. Går det sakta så kan man kliva in i önskad åkriktning med skridskoskär vilket ger en liten fartökning i varje frånskjut.



Figur 4.7. Ytterskidans riktning i relation till svängriktningen avgör hur farten påverkas.

I figuren ovan är F den kraft åkaren trycker ifrån med via ytterskidan. F_c är den kraft som behövs för att åkaren skall svänga lagom mycket. I 1) tillkommer dessutom en bromsande kraft och i 3) en accelererande kraft. Gemensamt för alla tre varianterna är att den del av frånskjutskrafterna som är inåtriktade mot svängens centrum kallas för centripetalkraft och skrivs F_c . Centripetalkraftens storlek beror på vad åkaren väger (m), vilken hastighet åkaren har (v) och vilken svängradie kurvan har (r). Sambandet uttrycks i formeln:

$$F_c = m \cdot v^2 / r$$

Några reflektioner:

- Ju tyngre åkare desto större kraft krävs. Men oftast har ju en "större" åkare mer muskler och därmed större kraft.
- En liten ökning av v ger en ganska stor ökning av kraftbehovet. Hastigheten (v) skall ju tas i kvadrat vilket betyder att en fördubbling av farten ger ett 4 gånger så stort kraftbehov. 3 gånger så hög fart kräver 9 gånger högre centripetalkraft.
- Går det sakta och det är en snäv sväng på horisontellt mark kan man använda fristilsskär och både svänga och öka hastigheten samtidigt. Är det ett klassiskt lopp och svängen är väldigt vid får man vara försiktig med att utnyttja detta sätt som av fysikaliska skäl är helt korrekt men som kan bryta mot reglerna för klassisk teknik.

För att ge exempel på hur formeln för F_c används så sätts siffror in för tre olika tänkta situationer:

1. $m = 60 \text{ kg}$, $v = 10 \text{ m/s}$ och $r = 20 \text{ m}$. Det ger $F_c = 60 \cdot 10^2 / 20$ vilket ger $F_c = 300 \text{ N}$.
2. Samma åkare kommer in i samma kurva med hastigheten 15 m/s . Kraftbehovet blir då $F_c = 60 \cdot 15^2 / 20$ vilket ger 2,25 gånger större kraftbehov, 675 N , vilket skulle vara ohanterligt

höga krafter.

(15^2 är

225 medan 10^2 är 100, alltså 2,25 ggr större och allt annat lika.)

3. Har man möjlighet att åka smart, det vill säga gå in i och ut ur kurvan på ställen som gör att radien ökar till 25 m istället för 20 m så blir siffran 300 N från exempel 1 lägre, nämligen 240 N ($F_c = 60 \cdot 10^2 / 25$ vilket ger $F_c = 240$ N).

Sammanfattning

- Benfrånskjut sköts i huvudsak av ryggmuskler, höftsträckare, knästräckare och vadmuskler.
- Trycket mot snön förstärks av en aktiv armpendling.
- I klassisk åkning måste skidan stå helt stilla under hela frånskjutet.
- Vid fristil måste skidan "stå stilla" i frånskjutsriktningen men kan samtidigt glida i en riktning vinkelrät mot frånskjutet.
- För att svänga behövs en inåtriktad kraft som benämns centripetalkraft.

Kapitel 5 – Biomekaniskt perspektiv på deltekniker och tekniknycklar

I syfte att effektivt få ut högsta möjliga fart ur åkarens kraftinsats nyttjas en rad deltekniker inom såväl klassisk stil som fristil.

Grunden till att deltekniker utvecklas är att olika rörelsemönster är effektiva vid olika förhållanden. Förmågan att skapa fart med ett benfrånskjut som bygger på utvecklandet av friktion mellan foten och underlaget, som exempelvis vid diagonal skidåkning, begränsas av att foten måste stå stilla mot underlaget. Vid för hög fart hinner man helt enkelt inte skjuta ifrån för att skapa mer fart. Stavtag kan fortsätta användas vid högre hastigheter än vad som är fallet med benfrånskjut, varför stakning som delteknik används effektivt vid höga farter och lättare terräng. För att kunna skapa ännu högre farter och få användning av benen även vid högre hastigheter började skidåkare utnyttja skridskoskär som utvecklats vidare till dagens fria teknik. Frånskjutet i fristil är inte beroende av att foten stannar i förhållande till underlaget, vilket gör att kraft kan appliceras mot snön under längre tid och i högre hastigheter.

Längdskidåkning är unik som idrott i och med det stora antal deltekniker som används. Inom teknikträning förknippas varje delteknik med väl använda tekniknycklar, det vill säga ord och begrepp som rör viktiga delar av ett givet rörelsemönster. Denna del syftar till att föra ett biomekaniskt resonemang kring de olika delteknikerna, samt placera in några av de vanligare tekniknycklarna i ett biomekaniskt sammanhang. Förståelse för de samband som ligger bakom givna nycklar gör det lättare att anpassa budskapet under exempelvis teknikträning till vem mottagaren är, vilket skapar förutsättningar för en mer flexibel pedagogik.

Resonemangen kring varje delteknik knyter an till framställningen som gjorts kring stavtag och benfrånskjut i kapitel 3 och 4. Fokus ligger på att presentera ett biomekaniskt ramverk för varje delteknik. Inom detta ramverk finns naturligtvis utrymme för anpassning till exempelvis varierande terräng, intensitet, före och till individuell stil. Växel 1 i fristil bedöms sakna en framträdande roll inom framtidens skidåkning och saknar således en egen redogörelse.

5.1 Klassiskt

5.1.1 Saxning

Frånskjut i diagonal eller stakning med frånskjut förutsätter att friktion kan skapas mellan skidans fästzon och snön. När fästet är dåligt eller om en uppförsbacke blir nog brant kan dock den punkt nås där denna friktion inte räcker till för att hålla skidan fast mot snön i frånskjutet. Den teknik som då används är saxning, där skidorna öppnas upp i ett V och kantställs. Friktionen mellan skidorna och underlaget ökar då genom att skidkanterna greppar i snön.



Figur 5.1. Saxning.

Saxning bygger alltså på att skidans kanter greppar i snön, och fart skapas genom rejäla kliv eller ett litet hopp uppåt i backen. Det blir ingen glidfase i saxning. Skidkantens grepp i snön förbättras ju större öppningen av V:et är. Å andra sidan innebär en mindre öppning, det vill säga mer parallella skidor, att längre steg kan tas. Saxningen anpassas efter terrängen för att hitta rätt avvägning mellan grepp och steglängd.

Då det saknas glidfase måste frekvensen vid saxning vara hög för att farten skall kunna hållas uppe. Detta gör att armpendeln blir kort och avslutas ofta i höjd med höften (1, 3). Då skidan pekar ut i sidled måste staven sättas i vinklad framåt för att undvika att stavisättningen hamnar mellan skidorna med ett fall som följd. En stabil överkropp riktad framåt och tyngdpunktsförflyttningar som ger tryck på respektive frånskjutsskida ger goda förutsättningar för kraftfulla frånskjut.

Tekniknycklar som "flackt framlyft av skidorna" och "så smalt V som möjligt" belyser vikten av att sträva efter långa, effektiva steg.

"Sträva framåt-uppåt" och "håll upp överkroppen" refererar till förmågan att hålla tyngdpunkten fokuserad över respektive frånskjutsskida och att undvika onödig rotation.

Strategin att använda "armarna som taktpinor" betonar vikten av hög stegfrekvens och hur armarbetet kan vara ledande i att uppnå detta.

5.1.2 Diagonal

Frånskjutet i diagonalåkning kräver att skidan fäster i underlaget, och den framåt drivande reaktionskraften kommer från den bakåtriktade delen av frånskjutet. Det har tidigare konstaterats att skidans förmåga att fästa i underlaget beror på normalkraften och på friktionskoefficienten (kapitel 1). Normalkraften påverkas av hur tyngdkraften och muskelkraften utnyttjas. Muskelkraften påverkar normalkraften då åkaren trycker ifrån mot underlaget. Kraften nedåt måste vara så stor att fästzonen trycks mot snön. Genom att få kroppstyngden över frånskjutsbenet och fästzonen så utnyttjas tyngdkraften i arbetet att trycka ned skidan. Precis innan ett frånskjut vid diagonalåkning, då det är för sent att göra något åt

fästvallningen som bestämmer friktionskoefficienten, så är det frånskjutets riktning (steglängd) som avgör om det blir ett bra frånskjut eller om det blir ett släpp. Hur långt frånskjutet kan göras beror alltså enbart på friktionskoefficientens storlek. Det är den som helt och hållet bestämmer friktionsvinkeln, eller längden på frånskjutet innan det släpper. Ju sämre fästet är, desto kortare frånskjut. Oavsett vad friktionskoefficienten är så kommer alltid den klart största delen av kraften att riktas nedåt.



Figur 5.2. Diagonal.

Genom att accelerera kroppen uppåt ökas trycket mot underlaget och normalkraften ökar. Från en utgångspunkt där åkaren glider på en skida (1), redo att inleda ett nytt frånskjut, sker en "kick" där foten skjuts fram något, följd av en hamstingsaktivering som stannar skidan. Denna aktivering ger skidan tid att fästa i underlaget och drar åkaren fram över skidan till en position med tyngdpunkten över fästzonen. Samtidigt sänks tyngdpunkten och armen på den sida där frånskjutet skall ske pendlar förbi sitt lägsta läge (2). I detta skede befinner sig åkaren i en framåtlutad position som ger hög kraft i höftsträckningen. Tyngdpunkten befinner sig över fästzonen på frånskjutsskidan. Från denna position accelereras kroppen uppåt för att på så sätt öka trycket mot underlaget (3). Sträckarmuskulatur i ben, höft och rygg skjuter tyngdpunkten uppåt-framåt, samtidigt som armen pendlas uppåt-framåt och ytterligare förstärker effekten. Den stora kraften mot underlaget skapar goda förutsättningar för ett bra frånskjut där kraften riktad nedåt fäster skidan vid snön och kraften riktad bakåt skapar fart framåt. Vinkeln på frånskjutet anpassas till vallning, underlag och lutning. Frånskjutet fullföljs (4) och åkaren utnyttjar glidande den fart som skapats. Till vilken grad frånskjutet bakåt fullföljs beror på lutningen och farten. Vid brantare motlut måste frånskjutet kortas ned och för att bibehålla fart måste frekvensen ökas. Vid hög fart kan rörelserna istället tas ut ordentligt.

Framåtdrivande reaktionskraft vid diagonalåkning kommer givetvis också från stavarna. Dessa skall riktas så att kraftinsatsen påverkar åkaren i önskad riktning. En aspekt av detta vid diagonalåkning (detsamma gäller givetvis vid stakning och stakning med frånskjut) är att åkaren, sedd framifrån, skall sätta i staven vertikalt. Om staven istället sätts i vinklad åt sidan innebär detta att en del av kraften går i sidled och därmed inte bidrar till farten framåt.

Som konstaterats bidrar armarbetet till fart framåt inte bara genom att kroppen skjuts på med stavarna, utan armpendeln bidrar också till benfrånskjutet genom att höja och sänka kroppens tyngdpunkt. Frekvens och rytm på arm och benarbete måste anpassas för att uppnå bra tajming. Armarbetet anpassas också efter terräng, fart och styrka. En stavisättning långt framför

kroppen ger ett långt stavtag, men sker i en relativt svag position och kan vara svår att orka med. En stavisättning närmare kroppen sker i en starkare position, men ger ett kortare stavtag. Sätts staven i kraftigt vinklad bakåt kan det vara svårt att hinna skapa tryck mot underlaget. Ju högre fart, desto viktigare blir det att eftersträva en mer vertikal stavisättning.



Figur 5.3. Grundposition diagonal.

En grundposition eftersträvas där åkaren ligger på framåt och har parallella vinklar i underben och bål. Vadmuskler, knästräckare och höftsträckare är då i ett bra läge för att utveckla kraft.

Vanliga tekniknycklar inom diagonalåkning fokuserar på att på ett bra sätt utnyttja kroppstyngden vid frånskjutet. "Tyngdöverföring" och "hög höft" betonar vikten av att placera kroppstyngden över fästzonen på frånskjutsskidan inför frånskjutet, i en hög position från vilken tyngdpunkten kan sänkas för att sedan ge stor kraft vid accelerationen uppåt, det vill säga frånskjutet. Det skall också påpekas att precis som normalkraften är hög då tyngdpunkten accelereras uppåt, är den låg när kroppen är på väg upp mot sitt högsta läge och påbörjar sitt fall nedåt. Man får som resultat av detta en lägre bromsande friktionskraft under glidfasen. Tyngdpunktsvariationen ger alltså både bättre frånskjut och bättre glidfas.

En relaterad tekniknyckel är att "ligga på framåt". Detta är knutet till att ha tyngdpunkten långt fram på foten genom rörelsecykeln för att ha position över fästzonen. Det är naturligtvis viktigt att detta inte förväxlas med att ha överkroppen långt fram, då en framåtböjd överkropp resulterar i att höften åker bakåt.

"Tidigt frånskjut" hänvisar till att frånskjutet måste ske innan fästzonen hamnat för långt bakom tyngdpunkten. Genom att skjuta ifrån tidigt arbetar tyngdkraften och muskelkraften tillsammans. Samtidigt gör det att frånskjutet inte sker efter att friktionsvinkeln uppnåtts, där ett släpp är oundvikligt.

Nyckeln "fram med foten" rör vikten av att få foten under, eller något framför, kroppens tyngdpunkt. Detta ger tid att få skidan att stanna upp och fästa ordentligt i underlaget vilket möjliggör ett bättre frånskjut. Samtidigt är det viktigt att detta inte överdrivs, då det kan resultera i att höften sänks för att "nå fram" längre med foten, vilket i sin tur ger ett sent frånskjut.

”Låg axel”, ”tung armpendel” och ”aktiv armpendel” är tekniknycklar som alla betonar den roll armpendeln spelar i att höja och sänka tyngdpunkten och därigenom möjliggöra bra frånskjut.

Slutligen bör påpekas att små variationer i underlaget påverkar frånskjutet. Om ett frånskjut sker på en svagt konvex del (liten upphöjning) i spåret blir det naturligtvis lättare att trycka ned fästzonen mot underlaget än om frånskjutet sker över en konkav del (liten sänka). En förmåga att läsa terrängen och anpassa åkningen är därför viktig för att kunna få bra flyt i åkningen!

5.1.3 Stakning

All framåt drivande kraft vid stakåkning överförs till underlaget via stavarna. Alla tekniknycklar handlar alltså om att få kroppen i en position som är bra lämpad för att få tyngdkraft och muskelkraft att samverka för att skapa pådrivande kraft genom stavarna.



Figur 5.4. Stakning.

I toppläget (1) eftersträvas en sträckt kropp i obalans, det vill säga med tyngdpunkten högt och framför fötterna. I strävan att få en hög tyngdpunkten ser man ofta åkare gå upp på tå inför stavtaget, eller vid hög intensitet rent av göra ett litet hopp. Den sträckta kroppen skapar goda förutsättningar för utvecklande av muskelkraft, då muskler är starkast i sträckt läge (se figur 2.7). En obalans ger förutsättningar för att en stor del av kroppstyngden skall kunna appliceras som kraft genom stavarna då kroppstyngden sänks inför stavisättningen och genom stavtaget. Från toppläget eftersträvas ett vertikalt fall som gör att kroppen har fart nedåt vid stavisättningen (2). Tyngdkraften samverkar med muskelkraften i armar, axlar, bål och ben för att applicera kraft genom stavarna. Magmuskulaturen måste kunna ”hålla emot”, det vill säga hantera kraften för att undvika att svank uppstår när kroppens fall bromsas vid stavisättningen. En stav måste vara vinklad framåt för att kunna skapa fart framåt, men vid höga farter är det viktigt att eftersträva en vertikal stav vid isättningen, helt enkelt för att få ett längre stavtag och hinna utveckla kraft. Den vertikala delen av kraften genom stavarna bidrar även till att ”lyfta” åkaren från underlaget och därigenom minska friktionen mellan skidorna och snön. Vid lägre fart, exempelvis vid stakning uppför, är det inte ett problem att hinna utveckla kraft och staven kan ofta sättas i något vinklad framåt för att direkt skapa framåt drivande kraft. I den första delen av stavtaget kommer armbågsvinkeln att minska (3). Detta ger en excentrisk laddning i

tricepsmuskulaturen, samt minskar de vridmoment åkaren måste hantera genom att staven kommer närmare kroppen (se kapitel 2). Detta ger goda förutsättningar för att axlar och armar skall orka stabilisera rörelsen och överföra kraften från bålen till stavarna. Staktaget fortsätter genom att armarna sträcks ut medan ytterligare flexion sker i bål och höft (4).

Stakfasen karaktäriseras av en sekventiell muskelaktivering där bål- och höftböjare aktiveras först, varpå axelsträckare och slutligen armbågssträckare följer.

Vanliga tekniknycklar som "hög träff", "fram med höften" och "komma över stavarna" refererar alla till vikten av att i toppläget ha en sträckt position i obalans.

Nycklar som "fall framåt", "inte bli sittande", "knäeftergift vid stavisättning" och "tyngd på tå vid stavisättning" hänvisar till vikten av att kroppen sänks vertikalt från toppositionen och att tyngdpunkten fortsätter vara framför fötterna vid stavisättningen.

"Häng på stavarna", "hand-face" eller "möt staven" är tekniknycklar som rör den minskning av armbågsvinkeln som sker förutsatt att nog med kraft appliceras på staven vid stavisättningen.

Tekniknycklar rörande "tajming överkropp – arm" betonar vikten av att höjning och sänkning av bål och armar sker i takt för att utnyttjandet av tyngdkraften skall bli så effektivt som möjligt.

Störst kraft skapas i den första delen av staktaget, och vid stakning i hög fart uppnås maximal framåt drivande kraft relativt kort tid efter stavisättningen. Detta är viktigt att komma ihåg då frekvensen skall ökas, exempelvis vid stakning uppför eller i tyngre före. Rörelsecykeln bör då kortas av bakåt, medan den första delen av rörelsecykeln hålls relativt intakt.

5.1.4 Stakning med frånskjut

De biomekaniska grunderna inom diagonalåkning och stakning kombineras vid stakning med frånskjut. Att på ett effektivt sätt få tyngdkraften att samverka med muskelkraften blir även här en framgångsfaktor.



Figur 5.5. Stakning med frånskjut.

Armarna befinner sig i topposition då benfrånskjutet avslutas (1). Liksom vid stakning sker stavisättningen från en position där kroppen är relativt sträckt, för att få en hög tyngdpunkt och muskler som befinner sig i ett gynnsamt läge för att skapa kraft (2). En skillnad mot stakning är att det benarbete som sker vid stakning med frånskjut ställer större krav på balans genom hela

rörelsen. Det innebär att stavisättningen genomförs med tyngdpunkten placerad närmare över fötterna än vad som är fallet vid stakning i hög intensitet där stavisättningen sker i ordentlig obalans. Tyngdkraften och muskelkraften utnyttjas tillsammans genom stavtaget då överkroppen fälls (3), och stavtaget arbetas igenom, ofta till en position bakom höften (4). Liksom vid diagonalåkning sker från denna glidposition en uppstanning av frånskjutsskidan, samtidigt som tyngdpunkten sänks och flyttas fram över fästzonen (5). En sträckning i kroppen och en kraftfull acceleration av armarna uppåt ger kraft till frånskjutet (6).

Liksom vid diagonalåkning hjälper armpendeln till att höja och sänka tyngdpunkten och därigenom ge förutsättningar för ett lyckat frånskjut. Då armarna vid stakning med frånskjut är parallella blir effekten förstärkt, och en "aktiv armpendel" eller "tunga axlar" är vanliga tekniknycklar som brukar användas för att betona detta.

"Tyngdöverföring" och "tidigt frånskjut" betonar även vid stakning med frånskjut vikten av att placera tyngdpunkten i en gynnsam position för att utnyttja tyngdkraften vid frånskjutet. En riktig tyngdöverföring ger en bättre möjlighet att få ned fästzonen mot underlaget och därmed minska risken för släpp.

Kopplat till tekniknycklarna ovan är även strävan att "få fram nästa frånskjutsfot". Genom att föra fram den fot som skall skjuta ifrån något innan rörelsen bakåt påbörjas ges mer tid att få fast skidan mot snön och att skapa ett längre, mer kraftfullt frånskjut. Detta påminner om den "kick" som beskrivits i samband med diagonalåkning.

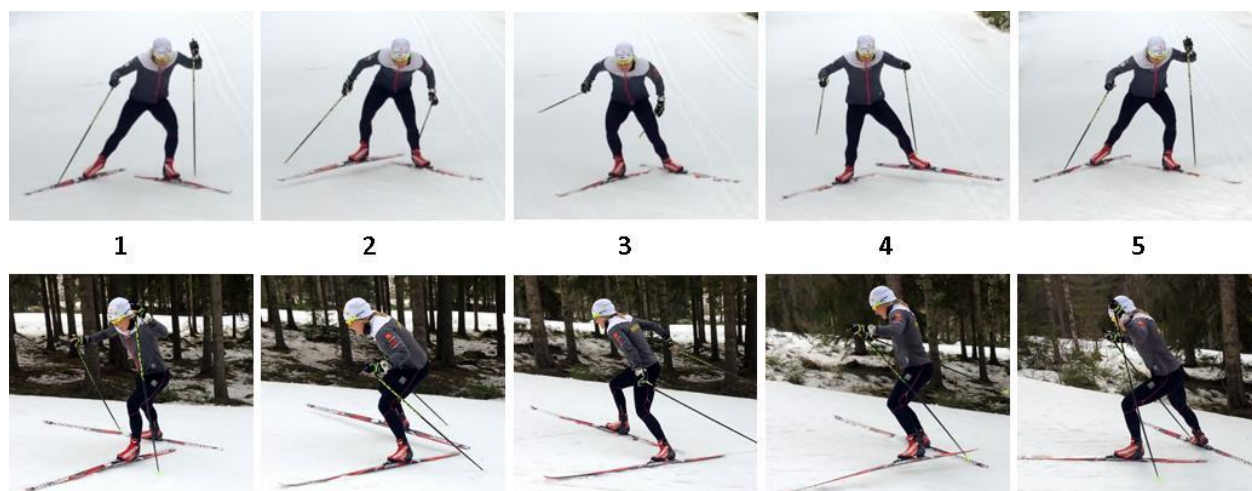
Precis som vid stakning är det fördelaktigt att utnyttja tyngdkraften för att få kraft genom stavarna, och tekniknycklar som "inte bli sittande" och "hög träff" betonar dessa likheter.

5.2 Fristil

5.2.1 Växel 2

Växel 2 används i relativt låg fart, framförallt i uppförsbackar eller vid acceleration i exempelvis en start. Det har tidigare konstaterats att vinkeln mellan åkriktningen (framåt) och glidriktningen ökar ju lägre farten är. Ett annat sätt att uttrycka detta är att öppningen i V:et är stort vid låg fart, eller att det är långt mellan skidspetsarna. Glidriktningen blir då relativt mycket i sidled. För att stavtagen på ett effektivt sätt skall kunna arbeta i samma riktning som skidorna glider blir överkroppsarbetet i växel 2 asymmetriskt, vilket innebär att armarna inte arbetar parallellt.

Den sida i växel 2 vars ben skjuter ifrån samtidigt som stavtaget sker refereras till som hängsidan, medan andra sidan kallas retursidan.



Figur 5.6. Växel 2.

Stavarna och hängsidans skida sätts i snön ungefär samtidigt, med tyngdpunkten över skidan samt överkropp och höft vända mot glidriktningen (1). En vertikal isättning av hängsidans stav eftersträvas, där ordentlig tyngd placeras på staven. Retursidans stav sätts i mer vinklad. Hängsidans ben skjuter ifrån under tiden stavtaget genomförs. Under stavtagets genomförande sker en förflyttning av tyngdpunkten mot retursidan (2). Retursidans skida sätts i då stavtaget avslutas (3), och frånskjutet påbörjas under tiden armarna pendlas framåt och uppåt (4). I detta skede förflyttas åter tyngdpunkten tillbaka mot hängsidan. Retursidans frånskjut avslutas ungefär då en ny stavisättning sker och hängsidans skida sätts i snön (5).



Figur 5.7. Grundposition fristil.

En grundposition eftersträvas med vikten på fotbladet och där knät är positionerat ovanför tån på respektive frånskjutsben vid frånskjutets början. Underbenens och överkroppens vinklar är i denna grundposition parallella.

Vid riktigt hög intensitet kan kraften i frånskjutet vara så stor att åkaren lyfter i ett hopp vinkelrätt mot frånskjutsskidan. Detta refereras till som "hopp skate".

Graden av tyngdöverföring vid växel 2 varierar beroende på exempelvis terräng och personlig stil. Generellt nyttjas en mer tydlig tyngdöverföring och längre glidsträcka i frånskjutet i flackare motlut. Individuella skillnader i teknik är dock också tydlig. En åkstil kännetecknad av en stabil

kroppspostion, mindre tyngdöverföring och mindre bensamling bygger generellt på högre frekvens och något lägre kraftinsats i varje rörelsecykel. Åkning med tydligare tyngdöverföring, mer bensamling och längre glidsträcka i frånskjutet bygger istället på färre men mer kraftfulla rörelsecykler.

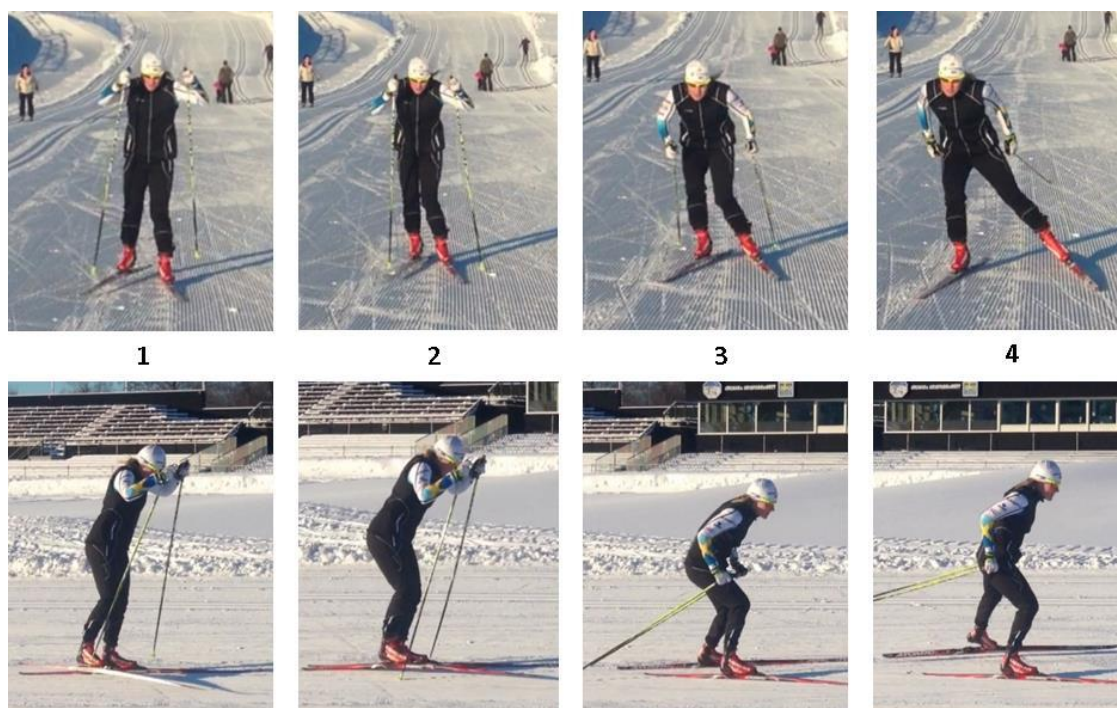
Liksom i alla tekniker är tajmingen mellan olika kroppsdelar avgörande för effektiv växel 2. Om exempelvis överkropp och höft vänds mot retursidan tidigt under hängsidans frånskjut är det lätt att stabiliteten i hängsidans knä förloras samtidigt som trycket i frånskjutet försämras. Ett annat exempel är vikten av tajming i retursidans frånskjut. Om retursidans fot förs långt fram så att den hamnar under kroppstyngdpunkten, varpå ett tidigt frånskjut sker, kommer benet att rätas ut när tyngdpunkten befinner sig rakt ovanför frånskjutsbenet. Detta leder till en vertikal acceleration av kroppen, men inte till fart i åkriktningen. För att kunna skapa fart framåt måste frånskjutet ske när tyngdpunkten är vid sidan av frånskjutsbenet i motsatt skidas riktning. I detta exempel är ett sätt att åstadkomma detta att sätta i retursidans skida tidigare där det direkt är möjligt att skjuta ifrån och skapa fart framåt.

Vikten av att även retursidan, som skall skapa fart utan assistans från stavarbete, är aktiv i farthållningen reflekteras i flera av de tekniknycklar som associeras med växel 2. "Tidigt tryck" är en uppmaning, som anknyter till resonemanget ovan, att sätta i retursidans skida i en position där frånskjutet direkt kan påbörjas. "Aktiva armar fram" knyter an till armarnas förmåga att styra benen. En snabb återförsel av armarna upp till toppositionen leder ofta till ett mer aktivt frånskjut med retursidans ben.

"Vinkel i fotled" och "vinkel i knä" betonar vikten av att stå i en kraftfull grundposition på skidan, med låg tyngdpunkt, då frånskjutet skall genomföras. En sådan djup position kräver styrka, men ger samtidigt stort rörelseutrymme att skjuta ifrån och en position i vilken vadmuskler, knästräckare och höftsträckare är uttänjda, vilket ger förutsättningar för en kraftfull kontraktion då frånskjutet genomförs.

5.2.2 Växel 3

Till skillnad från växel 2 är växel 3 en symmetrisk teknik där överkroppen arbetar på samma sätt över respektive ben. Ett stavtag på varje benta ger utrymme för ett stort bidrag från överkroppen, och många grundregler i växel 3 är desamma som i stakning.



Figur 5.8. Växel 3.

För att tyngdkraften och muskelkraften skall kunna användas tillsammans på ett bra sätt eftersträvas en hög tyngdpunkt innan ett nytt stavtag påbörjas (1). En sträckt kropp i detta toppläge, med tyngden långt fram på foten, ger goda förutsättningar för ett kraftfullt överkroppsarbete. Vid hög intensitet kan ibland en resning upp på tå, eller rent av ett mindre hopp, göras inför varje stavtag. En vertikal sänkning av tyngdpunkten föranleder stavisättningen (2). Precis som vid stakning resulterar en kraftfull stavisättning i att armbågsvinkeln först minskar något tills kraft byggts upp i främst triceps och vridmomentet blivit hanterbart. Magmuskulaturen "håller emot" för att undvika att svank uppstår. Vid stavisättningen är benen relativt samlade under kroppen. Då stavtaget påbörjas och kroppen sänks ned mot underlaget påbörjas även en förflyttning i sidled som gör att tyngdpunkten hamnar vid sidan av frånskjutsbenet (3). Som nämnts tidigare är detta en förutsättning för att frånskjutet överhuvudtaget skall kunna skapa fart framåt. Då tyngdpunkten befinner sig vid sidan om frånskjutsbenet sker en acceleration, vinkelrät mot frånskjutsskidan, som ger fart i sidled och framåt och som flyttar tyngden över till motsatt skida som sätts i snön. Hur fördelningen ser ut mellan fart i sidled och framåt beror på vinkeln mellan glidriktningen och åkriktningen, vilken anpassas efter farten. Som vid all fristilsåkning bör frånskjutet ske vinkelrätt mot frånskjutsskidan och involvera all tillgänglig muskulatur, främst höftsträckare, knästräckare och vadmuskler. Stavtaget avslutas, ofta i höjd med höften (4) och en återgång till toppositionen påbörjas.

Den sänkning av kroppstyngden som sker i början av stavtaget sker genom en böjning i bål, höft, knän och fotleder. Det är även här viktigt att kroppstyngden inte hamnar långt bak, då detta bland annat leder till att fotleden hamnar i ett mer sträckt läge där vadmuskulaturen inte kan utnyttjas fullt ut i frånskjutet. En välriktad sänkning av kroppen gör att vadmuskler, knästräckare och höftsträckare hamnar i ett mer uttänjt läge i vilket de har bättre förutsättningar att skapa

kraft. Vidare laddas muskulaturen med kraft, på samma sätt som sker i triceps då armbågsvinkeln minskar direkt efter stavisättningen. Detta skapar förutsättningar för en kraftfull sträckning av benet i frånskjutet.

Många tekniknycklar i växel 3 rör överkroppsarbetet och är därmed lika de som används vid stakning eller stakning med frånskjut. "Hög träff", "häng på stavarna", "tyngd på tå vid stavisättning", "hand-face", "möt staven" och "tajming överkropp – arm" refererar alla till aspekter på stavtaget som är samma i växel 3 som i stakning. "Ligga på framåt med överkroppen" betonar vikten av att hålla tyngdpunkten långt fram.

"Linjestabilitet", det vill säga att axlar och höft är horisontellt parallella, är en viktig del av en bra position då det skapar goda förutsättningar för att utveckla kraft.



Figur 5.9. Linjestabilitet, horisontellt parallella linjer genom axlar och höft.

"Toe-knee-nose" refererar till förflyttningen i sidled under frånskjutet, då tyngdpunkten placeras över glidbenet. Då tå, knä och näsa är i vertikal linje befinner sig åkaren i balans över skidan och kan glida för att utnyttja farten som skapats.



Figur 5.10. Åkaren glider i balans med tå, knä och näsa i linje över skidan.

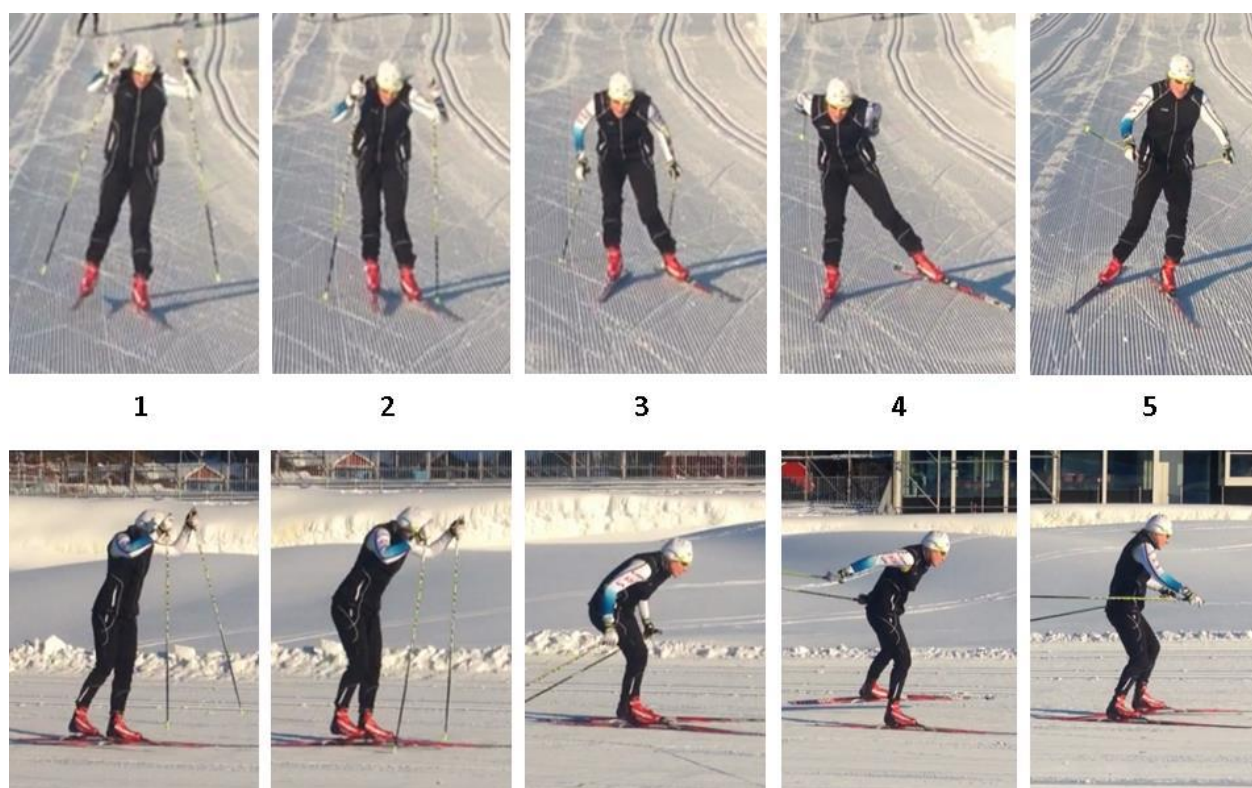
Nycklar rörande "vinkel i fotled" och "vinkel i knä" fokuserar på vikten av att sänka tyngdpunkten för att ge goda förutsättningar för ett kraftfullt frånskjut. Liksom nämnts i diskussionen om växel 2 ger en djup position en utdragen, och därmed stark, muskulatur som

kan trycka ifrån under längre tid än om frånskjutsbenet är mer rakt. Det krävs dock en viss styrka för att orka åka med en djup position.

Givetvis anpassas även växel 3 utifrån terräng, fart, individuell stil och hur mycket krafter som finns tillgängliga. I tyngre terräng ökas exempelvis "vinkeln på V:et", det vill säga det blir en större vinkel mellan glidriktning och åkriktning. Då blir tagen kortare och en högre frekvens behövs för att hålla farten uppe. Detta resulterar ofta i en kortare armpendel och mindre bensamling. Lägre fart gör att det inte blir effektivt att glida lika länge på varje skida. Det kan då bli effektivt att sätta i glidbenet lite längre ut vilket gör att nästa frånskjut kan påbörjas tidigare.

5.2.3 Växel 4

Då farten ökar blir det till slut svårt att hinna med att skjuta på fart med stavtag på varje bentag. Det blir då mer effektivt att ta ut rörelsen för stavtaget mer och istället bara skjuta på vid vartannat bentag. Detta resulterar i ett teknikskifte från växel 3 till växel 4. Den sida vars ben skjuter ifrån under stavtaget refereras till som hängsidan, medan sidan vars ben skjuter ifrån då armarna pendlas framåt refereras till som retursidan.



Figur 5.11. Växel 4.

Mycket av de biomekaniska aspekter som gäller för växel 3 gäller även för växel 4. Det är viktigt att ha en utgångsposition där tyngdpunkten är hög och långt fram, för att kunna utnyttja tyngdkraften för att skapa fart (1). Inför stavisättningen sker en sänkning av tyngdpunkten genom en böjning i bål, höft, knä och fotled, vilket gör att tyngdkraften och muskelkraften samverkar för att trycka stavarna mot underlaget (2). Stavtaget genomförs med stor kraft

samtidigt som tyngdpunkten förflyttas i sidled så frånskjutet accelererar åkaren i sidled och framåt (3). Tyngden är över retursidans skida som sätts ned ungefär samtidigt som stavspetsarna lämnar snön. Armpendeln fortsätter bakåt och i samband med detta sker en höjning av tyngdpunkten och åkaren är relativt upprest över skidan (4). Denna lilla resning är viktig för att möjliggöra en effektiv sänkning av tyngdpunkten i samband med att armarna pendlas framåt och uppåt. Vikten av denna "svikt" på returbenet blir tydlig om man tänker på skillnaden på ett jämfotahopp som genomförs från en statisk position och ett counter movement jump. Det senare ger betydligt högre hopphöjd! Tyngdpunkten accelereras uppåt då armarna pendlas fram och upp, vilket ger kraft till retursidans frånskjut (5). Hängsidans skida sätts åter i snön under armarnas acceleration upp mot en ny stavisättning.

Växel 4 används i relativt hög fart, och glidsträckan på varje skida är lång. Tyngdöverföring blir därför extra viktigt för att ge god balans som gör att glidfasen inte måste avbrytas för tidigt. Som diskuterats i tidigare stycken gör den sänkning av tyngdpunkten som sker inför och vid stavtaget att kraft laddas i excentriskt arbetande muskulatur, vilket ger goda förutsättningar för ett bra frånskjut. Då frånskjutet på retursidan inte sammanfaller med ett stavtag blir det väldigt viktigt att framåtpendlingen av armarna sker på ett sätt som gör att tyngdpunkten accelereras uppåt, så att även retursidans frånskjut blir kraftfullt. En kraftfull armpendel, som sker med avslappnat axelparti och i en kontinuerlig rörelse ger goda förutsättningar för att detta skall lyckas. Tajningen mellan överkroppens och benens arbete är avgörande. Om armpendeln exempelvis är för kort så att framåtpendeln måste pausas vid höften för att "vänta in" benarbetet så försvinner en stor del av den kraft som en aktiv armpendel kan ge. Detta är likt det resonemang kring armpendeln som förts kring stakning med frånskjut.

Tekniknycklar som "hög träff" och "tyngd på tå vid stavisättningen" rör, som vid växel 3, strävan att få en hög tyngdpunkt långt fram för att få hjälp av tyngdkraften i stavtaget.

"Tunga axlar" och "aktiv armpendel" refererar till vikten av att få en armpendel som bidrar till ett bra frånskjut på retursidan. "Aktivitet från bägge benen" eller "aktiv retursida" betonar också hur viktigt det är att bägge benen bidrar till att skapa och bibehålla fart.

Vikten av balans på varje skida betonas genom tekniknycklar som "tyngdöverföring" och "toe-knee-nose".

5.2.4 Växel 5

Växel 5 används vid hög fart då stavtag inte längre kan bidra till farthållningen på ett effektivt sätt.



Figur 5.12. Växel 5 med armarna samlade framför kroppen.

Från en hopkrupen position skjuter benen ifrån, medan armarna endera är samlade framför kroppen som i fartställning eller pendlas diagonalt för att hjälpa frånskjuten. Då överkroppen involveras via armpendling ger detta kraftfullare frånskjut, dock innebär det att luftmotståndet ökar. Om det är värt att pendla armarna blir alltså en avvägning som måste göras. För att ge bäst effekt vid armpendling skall armen som förs framåt och uppåt riktas vinkelrät mot frånskjutsskidan.



Figur 5.13. Växel 5 med armpendel.

Frånskjutets mekanismer är desamma som i övriga tekniker i fristil. Då växel 5 generellt används i högre fart blir det dock viktigare än annars att ha en aerodynamisk position.

5.3 Val av delteknik

En effektiv teknik bygger på förmågan att välja deltekniker som är effektiva under de förhållanden som åkaren möter, såväl som på förmågan att effektivt växla mellan olika deltekniker. Förbättrad utrustning och spårkvalité, samtidigt som elitåkare förbättrat förmågan till kraftutveckling från överkroppen, har resulterat i att deltekniker traditionellt förknippade med lättare terräng idag används på fler ställen. Det är idag vanligt att se stakning användas i uppförsbackar vid klassiska lopp, eller växel 3 även i brant motlut vid tävlingar i fristil.

Vilken delteknik som faktiskt är mest effektiv beror på yttre faktorer så som spårförhållanden, terräng och vallning såväl som på faktorer som trötthetsgrad, individuella styrkor och svagheter och olika åkstilar. Det faktum att dessa faktorer är både individuella och ständigt föränderliga gör att det i praktiken är omöjligt att ge ett generellt svar på vilken delteknik som är bäst

lämpad i en given situation. Ett motlut där växel 2 är det givna valet kan med bättre valla eller med bättre form vara mer lämpad för växel 3. På samma sätt kan diagonalåkning vara det mest effektiva sättet att ta sig uppför en backe för en åkare som är relativt stark i benen, medan en konkurrent med överkroppsstyrka som specialitet tjänar på att staka uppför samma backe. Det är heller inte säkert att samma delteknik är att föredra på en given sträcka på det första och det sista varvet under en tävling, ens för samma åkare.

Val av delteknik kräver motorisk flexibilitet och en förmåga hos åkaren att läsa av såväl yttre förhållanden som den egna kapaciteten vid ett givet tillfälle.