

Kroppens påverkan av fysisk aktivitet

och vad som påverkar prestationen

Kroppen är en komplicerad helhet som måste fungera in i minsta detalj för att vi ska kunna leva ett normalt liv utan sjukdomar. Som idrottare är det om möjligt ännu viktigare att kroppen fungerar som den ska. Vad vi lyckas åstadkomma styrs hela tiden av både inre och yttre faktorer. Yttre påverkan på prestationen kan bestå i exempelvis ekonomiska, sociala, geografiska eller klimatologiska faktorer, men dessa kommer inte behandlas här. Vi ska istället se över de inre faktorerna, själva kroppen och dess processer. Som tidigare nämnts är vår kropp en helhet av ett näst intill oändligt antal olika processer och funktioner och självklart kan inte allt detta tas upp här. Fokus kommer istället att ligga på de energigivande processerna.

De inre faktorerna

De inre faktorer som påverkar prestationen är i själva verket hur vår egen kropp fungerar under fysisk ansträngning. Hit hör bland annat den neuromuskulära funktionen (styrka och teknik), psykisk kapacitet, rörlighet och de energigivande processerna; aerob kapacitet (arbete med tillgång till syre) och anaerob kapacitet (arbete utan tillgång till syre). I vardagligt tal brukar aerob kapacitet kallas för kondition som i själva verket innebär kroppens syreupptagningsförmåga. Anaerob kapacitet kallas då istället för mjölksyratålighet. Just aerob och anaerob kapacitet är delkapaciteter som i viss mängd krävs välutvecklade i alla idrotter och aktiviteter som varar både under en lång respektive kort tid.

Energiformer

Allt muskelarbete kräver energi- alltså allt vi gör kräver tillgång till energi. Det finns många ämnen vilka innehåller energi som kan frigöras men vi människor använder oss främst utav kolhydrater i form av glykogen, men också av olika fetter. Dessa ämnen tas upp via födan och därför är det viktigt att vi hela tiden äter bra. Glykogenet tas upp av kroppen och genom olika kemiska reaktioner omvandlas detta till energi för exempelvis muskelarbete.

I normala fall är kroppens fettdepåer så stora att de i stort sett kan betraktas som obegränsade under normala omständigheter och om vi äter normalt. Däremot är glykogenhalten i musklerna och levern begränsade. Som ett exempel räcker det många gånger med högintensiv träning i ca 1,5 timmar för att glykogenhalten ska gå ner på noll. Eftersom glykogenet spelar en mycket stor roll i energiomsättningen leder brist på ämnet till negativa påföljder för en idrottare. För att hålla energinivåerna på en bra nivå krävs balans mellan träning, vila och födointag.

Under särskilda förhållanden kan även protein (i form av aminosyror) användas som energikälla vid muskelarbete. Detta sker främst då glykogenet i kroppen börjar ta slut vid långvarigt arbete.

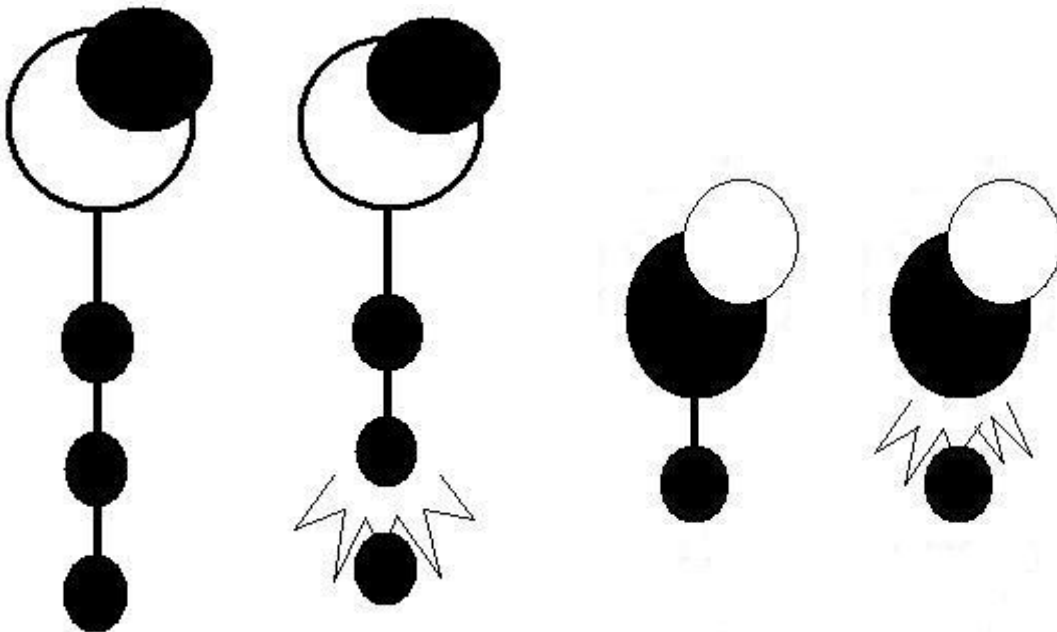
Hur omvandlas olika ämnen till energi i kroppen?

Kreatinfosfat (CP) och adenosintrifosfat (ATP) är två mycket energirika ämnen som finns lagrade i muskulaturen, där ATP är det viktigaste ämnet då detta bidrar med den slutliga och direkta energin

till våra muskler. Har vi inte tillgång till ATP stannar kroppen och slutar så gott som att fungera. Nedbrytningen av glykogen, olika fetter, proteiner och kreatinfosfat sker alltså i syfte till att skapa nytt ATP för att detta i sin tur ska kunna omvandlas till energi.

I musklerna bryts adenosin*trifosfat* ner till adenosin*difosfat* (ADP). Under denna nedbrytning frigörs energi som musklerna utnyttjar. Kreatinfosfatets uppgift är att upprätthålla ATP-balansen och detta sker genom att fosfatgruppen i kreatinfosfatet spjälkas bort med hjälp av enzymet kreatinkinase, samtidigt som en liten mängd energi frigörs. Denna energi används till att återbilda ATP av ADP, med hjälp av det nyss bortspjälkade fosfatet, för att ännu mer energi skall kunna tillföras musklerna. Själva energiomvandlingen sker i muskelcellernas mitokondrier.

Adenosintrifosfat	ATP	(Adenosin) + (Fosfat) + (Fosfat) + (Fosfat)
Adenosindifosfat	ADP	(Adenosin) + (Fosfat) + (Fosfat) + ENERGI + (fri Fosfat)
Kreatinfosfat	CP	(Keratin) + (Fosfat)
Kreatin	C	(Keratin) + ENERGI + (fri Fosfat)



Glykolysen

Nedbrytningen av kolhydrater i form av glukos sker alltså i syfte att skapa nytt ATP som kan användas som energikälla. Denna nedbrytning sker genom flera processer då den första i ordningen kallas glykolysen och denna sker i cellens cytoplasma. Nedbrytningen sker med hjälp av olika enzymer och kemiska reaktioner och produkterna blir framför allt pyruvat-joner, ATP-molekyler och NADH-molekyler. NADH är ett koenzym som kan användas vid produktionen av ATP i mitokondrierna (cellens kraftverk) då detta, enkelt beskrivet, tar upp och förmedlar energi. Om dessutom syre finns närvarande i mitokondrierna kan cellen använda sig av syret, pyruvatet, fettsyror och NADH för att skapa nytt ATP.

Om nedbrytningshastigheten överskrider mitokondriernas kapacitet att ta upp pyruvat, eller om syre inte finns tillgängligt, exempelvis under hård träning, bildas laktat (mjölksyra) av pyruvatet och NADH. Laktatjonerna samlas i muskelvävnaden vilket medför att pH här sjunker något. Vi märker av detta i och med ömma och värkande muskler.

Av NADH bildas NAD (vätebärare) vilket är ännu en faktor som bestämmer glykolysens hastighet. Detta eftersom NAD också fungerar som en energiupptagare genom att ta upp energi från fettsyror och pyruvat. Då detta sker övergår NAD till NADH igen och kan åter användas i ATP-produktionen.

I detta steg av ämnesomsättningen är det dock mycket lite ATP som utvinns.

Citronsyrcykeln

Pyruvatjonen som bildas i glykolysen kan (om det finns tillräckligt med syre) användas i nästa process- citronsyrcykeln. Pyruvatet omvandlas då till acetyl-CoA. Detta ämne genomgår sedan en rad olika reaktioner och omvandlingar mellan olika syror i den så kallade citronsyrcykeln. Under denna serie reaktioner bildas ytterligare nytt ATP, som kan användas för energiframställning, och en mängd NADH. Dessutom bildas koldioxid som en restprodukt. Citronsyrcykeln reaktioner sker i mitokondrierna.

Elektrontransportkedjan

Under denna process bildas det största antalet ATP-molekyler. Reaktionerna här får hjälp av enzymet cytokrom och energin som krävs för processen kommer från de exciterade elektroner som bundits av NADH under glykolysen och citronsyrcykeln. Det som händer i elektrontransportkedjan är, som hörs på namnet, att exciterade elektroner hoppar från molekyl till molekyl. Energin som avges då de byter molekyl används till skapandet av ATP. När de till slut inte har mer energi att avge förenar sig elektronerna med väte och syre och bildar vatten.

Denna process att omvandla exempelvis fett och kolhydrater till ämnen där energi kan frigöras och upprätthålla ATP-balansen kan med ett annat ord kallas för metabolism som är det samma som kroppens ämnesomsättning.

Utvinna energi med eller utan syre

Det finns två energisystem som möjliggör metabolismen; aerob energiomsättning och anaerob energiomsättning. Aerob innebär att energiomsättningen sker med tillgång till syre och anaerob att syre ej är tillgängligt vid omvandlingarna. Den anaeroba metabolismen kan i sin tur indelas i två system; laktacida processer och alaktacida processer. Med laktacida processer menar man spjälkning av CP och ATP för energiutveckling under en bildning av mjölksyra (som med ett annat namn kallas för laktat). Under de alaktacida processerna sker istället energifrigivningen utan mjölksyra som restprodukt. Prestationsutvecklingen beror till stor del på hur väl man med hjälp av träningen lyckas stimulera utvecklingen utav dessa tre nämnda energisystem.

När används de olika energisystemen?

Självklart finns det orsaker till att det finns flera olika sätt att utvinna energi på. En viktig del i detta är att de olika systemen inte kan användas när som helst. De är helt enkelt specialiserade utefter hurvida förutsättningarna finner sig vara.

Anaerob energifrigivning utan laktatbildning

Utför du ett fysiskt arbete med hög intensitet under maximalt 15 sekunder får du inte tillgång till det syre som musklerna behöver för att bryta ner glykogen och fetter aerobt, och de tvingas arbeta anaerobt. Kroppen har då funnit en lösning till att utvinna energi utan syre genom att bryta ner kreatinfosfat. Denna metod kan dock inte utnyttjas någon längre tid. Detta beror dels på att energidepåerna till denna energifrigivning är mycket små (ca 0,0025% av de kcal du får i dig under ett dygn). Om du, som exemplet angav, inte utför fysiskt arbete under längre tid än 15 sekunder (t.ex. utför ett sprintlopp) räcker dock detta. Under denna korta tid hinner laktatbildningen inte heller sätta igång och du använder dig alltså nästan enbart av anaerob energifrigivning under alaktacida processer. Detta hindrar däremot inte att mjölksyrabildningen triggas igång och att bildandet av laktat i musklerna påbörjas efter avslutad aktivitet. Det alaktacida energisystemet är också det snabbaste vi har att tillgå och når sin maxeffekt (maximalt utfört arbete per tidsenhet) på mindre än en sekund och är då passande för mycket kort men intensivt muskelarbete (t.ex. ett höjdhopp eller ett spjutkast).

Anaerob energifrigivning med laktatbildning

Om du utför ett fysiskt arbete med hög intensitet under mer än 15 sekunder men mindre än cirka två till tre minuter kommer du huvudsakligen att använda dig av det laktacida energisystemet. Detta sätter egentligen igång att arbeta redan i starten av ett högintensivt arbete, men vid arbete under 15 sekunder känner vi inte av mjölksyran förrän efteråt som nämndes ovan. Trots att vi fortfarande arbetar utan någon större tillgång till syre (anaerobt) kan vi nu använda oss av glykogen (kolhydrater) som energiform. Dessa depåer är relativt begränsade, men i jämförelse med energidepåerna av CP vid användning av det alaktacida energisystemet är de riktigt stora. Det tar däremot längre tid att nå maxeffekt för det laktacida systemet. Jämför man däremot med det aeroba systemet går det riktigt snabbt och kroppen använder sig därför av det laktacida systemet som en startmotor till det aeroba systemet i början av ett längre högintensivt arbete.

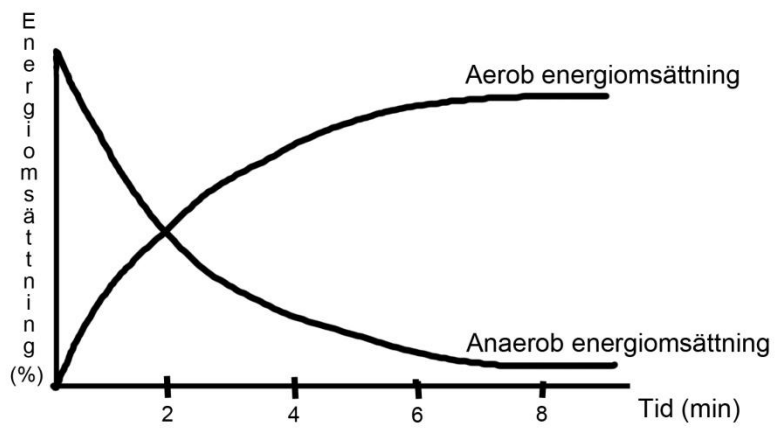
Alla system är specialiserade utefter förutsättning vilket nämndes i början, alla har sina fördelar och då också sina nackdelar. Det alaktacida systemets stora nackdel är att energidepåerna är så små. Vad

gäller det laktacida systemet är den största nackdelen att det bidrar till bildandet av laktat (mjölksyra i vardagligt tal).

Aerob energifrigivning

Om du utför fysiskt arbete under en längre tid än 2-3 minuter, använder du dig nästan enbart av det aeroba energisystemet då du hela tiden har tillgång till det syre som behövs för att nedbrytningen av glykogen och fett ska kunna ske syrebaserat. Processen är relativt långsam och det tar ca 3 minuter att nå maximalt utnyttjande av glykogen, och fett kan inte sönderdelas och användas i energigivande syfte förrän efter ca 30 minuters arbete. Den stora fördelen är istället att energidepåerna är så när som obegränsade. Dessutom kan mycket mer energi frigöras från glykogenet vid den aeroba processen i jämförelse med den laktacida. Skulle enbart anaerob laktacid energiomsättning användas skulle glykogenförråden snabbt ta slut.

Inom orientering och andra uthållighetsidrotter är det framförallt aerob energiomsättning som används och träningen bör därför huvudsakligen fokusera på att utveckla denna kapacitet.



Vad är avgörande för energisystemens funktion?

Man kan likna kroppen vid ett samhälle. För att detta ska fungera krävs väl fungerande kommunikation i olika former. För samhället kan detta vara i form av vägar, datanät och telefoni och motsvarande i kroppen kan vara exempelvis hjärta, lungor och kärlsystem.

För att musklerna ska kunna få det syre som krävs vid det aeroba energisystemet krävs ett välutvecklat "transportsystem" mellan lungorna och de arbetande musklerna. Detta är inte alls nödvändigt vid de anaeroba energisystemen då omedelbara energikällor används, alltså energi som redan finns lagrad i muskulaturen.

Anaerob energifrigivning utan laktatbildning

Förutsättningen för att det alaktacida systemet skall fungera är att det finns tillräckligt med snabba muskelfibrer. Ju fler utav dessa i muskulaturen, desto lättare blir det att utvinna energi anaerobt utan laktatbildning. De snabba muskelfibrerna har hög kontraktilitet och kan därmed utvinna stor kraft på mycket kort tid. De har dessutom högre koncentration av keratinfosfat och enzymer än de långsamma muskelfibrerna. Enzymer betyder mycket för kroppens funktion då de medverkar och påskyndar kroppens egna kemiska processer. I muskulaturen fungerar enzymerna som katalysatorer vars uppgift är att öka reaktionshastigheten då CP och ATP omvandlas till mekanisk energi när muskeln drar ihop sig.

Anaerob energifrigivning med laktatbildning

Detta energisystem är också relaterat till muskelfibersammansättningen, liksom det alaktacida systemet. Finns stor mängd snabba muskelfibrer ökar förutsättningarna för att hastigheten av bildningen av laktat ökar vilket leder till en snabbare energiomvandling. Det är alltså typen muskelfibrer som avgör hur snabbt glykogen kan omvandlas till energi i muskulaturen.

Aerob energifrigivning

Som nämnts tidigare är det aeroba systemet mer beroende av kroppen i sin helhet då det inte fungerar utan tillgång till syre (O₂).

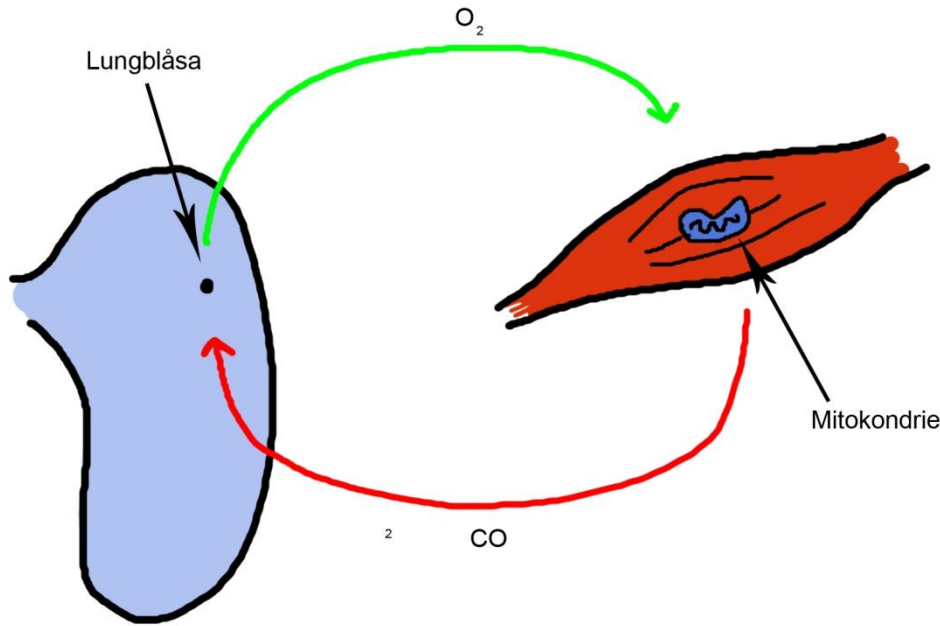
Syrets väg

Syrets väg till muskulaturen startar i atmosfärluften. Vi andas in och syret tas via lungorna till blodet som med hjälp av hjärtat transporteras runt i kroppen via blodomloppet. Här nedan beskrivs syrets väg något mer ingående.

Lungorna

När luften vi inandas kommer till lungorna (via de luftvägar som finns mellan näsa/mun och lungor) är det deras uppgift att sköta ett gasbyte mellan den nya inandningsluften och den från blodet. Detta sker mer bestämt mellan de miljontals lungblåsorna (alveolerna) och dess omgivande kapillärer. Syre förs in i blodet och koldioxid tas in i lungblåsan för att sedan andas ut. Själva gasbytet sker efter principen att all förflyttning sker mot lägsta tryck. Trycket i lungblåsorna är högre än i det syrefattiga blod som kommer till lungorna och syre diffunderar från lungblåsorna till kapillärerna. Koldioxiden har ett lägre partialtryck i lungluften än i kapillärerna och på så vis blir det naturligt att syre och koldioxid byter plats. Trots att lungblåsorna är så små blir den totala ytan där gasutbytet sker lika stor som en hel fotbollsplan!

Under fysiskt arbete kan en lunga suga in så mycket luft som upp till 150-200 liter/minut, och lungorna bidrar därför knappast till någon begränsning av syreupptagningsförmågan. Det syrerika blodet tar sig från lungorna till hjärtats vänstra förmak och kammare och därifrån pumpas det ut i kroppen. Via artärerna (de stora blodkärlen med syrerikt blod) tar sig sedan det syrerika blodet till kapillärerna (de allra tunnaste blodkärlen) som omger musklerna. Här sker ännu ett gasbyte då syret tar sig in i muskelcellernas mitokondrier och byts ut mot koldioxid som blivit restprodukt när muskeln har jobbat. Därefter tar sig det syrefattiga men koldioxidrika blodet via venerna (de stora blodkärlen med syrefattigt blod) till hjärtats högra förmak och kammare tillbaka till lungorna för att hämta nytt syre.



Hjärtat

Det är med hjälp av hjärtmuskeln som blodet tar sig runt i kroppen. Den mängd blod som hjärtat pumpar ut vid varje slag kallas slagvolym och är för en vuxen människa ca 70 cm³. Under fysisk aktivitet då hjärtat slår nära på 200 slag i minuten pumpas närmare 30-40 liter blod ut ur hjärtat på en minut! Denna volym kallas minutvolym och beror som synes på hjärtfrekvensen (antal slag/minut). Både hjärtfrekvensen och slagvolymen kan variera kraftigt mellan olika individer. Den maximala hjärtfrekvensen hos en 20-åring kan exempelvis variera mellan 170-230slag/minut och ju äldre man blir desto lägre blir den. Både slagvolymen och hjärtfrekvensen påverkas av träning, men då bara hjärtats aktivitet under vila. Den maximala hjärtfrekvensen däremot påverkas nästan inte alls av fysisk aktivitet, istället är det slagvolymen man kan förbättra genom träning.

Blodet

Blodet är en annan viktig faktor för syretransporten och indirekt för syreupptagningsförmågan. Blodvolymen hos en vuxen person ligger någonstans mellan 4-5 liter och denna kan öka vid aerob träning (speciellt på hög höjd). Blodet består till 55-60% av blodplasma som är en vävnadsvätska som består av 90% vatten och resterande procent av proteiner, blodsocker, aminosyror, fettsyror, enzymer, hormoner, salter och avfallsämnen från ämnesomsättningen. Här är proteinernas och salternas uppgift att buffra blodets pH till rätt nivå. De resterande 40-45% av blodet består av celler, så kallade blodkroppar. Det finns tre olika sorter, röda blodkroppar, vita blodkroppar och blodplättar. Det är de röda blodkropparna som är av intresse då vi studerar syrets väg. Dessa innehåller nämligen hemoglobin som har förmågan att binda syrgasmolekyler vid relativt högt syrgastryck. Varje hemoglobinmolekyl innehåller en järnjon och det är denna som binder till syremolekylerna. Får man inte i sig tillräckligt mycket järn får de röda blodkropparna det svårt att transportera syre och en bieffekt blir att man inte orkar lika mycket som i normala fall. Blodets förmåga att transportera syre är alltså beroende av mängden hemoglobin.

Musklerna

Nu har vi kommit till merparten syres slutdestination under fysiskt arbete, musklerna. Syreupptagningsförmågan (den oxidativa kapaciteten) skiljer sig mellan de snabba och de långsamma muskelfibrerna. De långsamma fibrerna har lättare att ta upp syret och detta beror på flera olika saker. Dels finns det fler mitokondrier i dessa muskelfibrer jämfört med de snabba och dels finns här fler kapillärer per ytenhet fibrer. Det stora antalet mitokondrier gör det även möjligt för dessa fibrer att bryta ner fettsyror och kolhydrater i form av glukos och glykogen, vilket de snabba muskelfibrerna inte klarar av lika bra. Däremot kan dessa utvinna energi från kretinfosfat utan tillgång till syre (nämnt tidigare som anaerob energiutvinning). Dessutom sker själva gasutbytet mellan mitokondrierna och kapillärerna lättare i de långsamma fibrerna beroende på att tvärsnittsdiametern är mindre här. Ännu en orsak är att musklernas myoglobinhalt är högre i de långsamma fibrerna. Myoglobin är ett protein som binder syre, mycket kraftigare än hemoglobinet. Till sist är även enzymaktiviteten i energiomsättningen högre här. De långsamma muskelfibrerna kallas ibland röda fibrer. Detta just på grund av myoglobin som färgar musklerna röda. Trots att de långsamma muskelfibrerna har lättare att ta upp syre är det fortfarande de snabba fibrerna (vita fibrer) som arbetar snabbast.

De långsamma muskelfibrerna kan ta sin energi från fettsyror och kolhydrater i Alltså finns en mängd olika lokala faktorer som påverkar vår syreupptagningsförmåga och det är främst dessa som kan effektiviseras med hjälp av träning.

Mjölksyra (laktat)

Som nämndes tidigare så bildas laktat av pyruvatet och NADH om nedbrytningshastigheten överskrider mitokondriernas kapacitet att ta upp pyruvat, eller om syre inte finns tillgängligt, exempelvis under hård träning. Laktatjonerna samlas i muskelvävnaden vilket medför att pH här sjunker något. Vi märker av detta i och med ömma och värkande muskler. Mjölksyra är alltså ett tecken på syreskuld.

Kemiskt sett är mjölksyra en karboxylsyra med en OH-grupp som substituent. Formeln för mjölksyra kan skrivas enligt följande $\text{OH}_3\text{-CHOH-COOH}$ och det systematiska namnet är 2-hydroxipropansyra.

Vad som gäller specifikt för orienteraren

Som nämnts tidigare ställer orientering liksom andra uthållighetsidrotter stora krav på det aeroba kapaciteten och då alltså på syreupptagningsförmågan. En förklaring till detta är dynamisk arbete med stora muskelgrupper (framförallt benmuskulatur) i obanad terräng där stor del löpning sker uppför. En annan viktig anledning till att det aeroba energisystemet måste användas är att tävlings/träningsperioderna är såpass långa. Detta hindrar dock inte laktathalten i blodet att stiga under utövandet. Orienterare är vanligtvis mycket duktiga på att klara av en hög laktathalt. En trolig anledning till detta är att syreskulden kan återbetalas i nerförsbackarna. Löpning i utförsbacke är ett bra exempel på aktiv vila, och under aktiv vila är omsättningen av laktat/mjölksyra nära 50% högre än vid passiv vila (stilastående).

Typiskt för en orienterare är att hjärtfrekvensen kan hållas relativt jämn under tävling, trots starkt kuperad terräng. Detta beror antagligen på att kartläsningen sker under löpning och stoppen vid kontrollerna är mycket korta. Dessutom sjunker inte hjärtfrekvensen under utförlöpning på grund av

Författare: Linn Bränneby

återbetalningen av syreskulden. En elitorienterare håller med andra ord en relativt hög och jämn hjärtfrekvens under tävling och träning. Det motsatta gäller dock för nybörjaren, som gör många kartstopp och rusar där hon vet var hon är.

Källor

Puls- och laktatbaserad träning, Jonny Nilsson

Gymnasiekemi B, Andersson, Sonesson; Stålhandske, Tullberg, Rydén

Liv i utveckling B, Lars Ljunggren, Bengt Söderberg, Sven Åhlin

Idrottarens återhämtningsbok, Göran Kenttä, Michael Svensson

www.ne.se