Nyt om det gådefulde valg af kadence

Af Motion Online

I omkring 100 år har cyklister, herunder professionelle ryttere, suset af sted med en karakteristisk høj kadence (pedalfrekvens). Og i lige så lang tid har det været kendt, at cyklister under moderat cykling kan spare energi ved ganske enkelt at anvende en lavere kadence. Nu er forskningen endelig ved at kunne give en naturlig forklaring på dette paradoks.**Kadence-paradokset**

Paradokset består i, at selv erfarne cyklister frådser med deres begrænsede energireserver i selve den aktivitet hvor de må betegnes som specialister. Fra et traditionelt arbejdsfysiologisk synspunkt er det nemlig fordelagtigt at spare så meget som muligt på energien under langvarig cykling. Men cykelrytterne har alle dage rystet på hovedet af forskerne, når disse har fremført at en reduktion af kadencen reducerer energiforbruget og dermed sandsynligvis fører til forbedret præstation.Nogle af de første til at gøre opmærksom på kadence-paradokset var de amerikanske arbejdsfysiologer Francis Benedict og Edward Cathcart. De beskrev i en afhandling fra 1913, med undren, deres egne observationer af at en professionel cykelrytters selvvalgte kadence under tests i laboratoriet var høj og mere energikrævende end lavere kadencer (Benedict and Cathcart, 1913). Siden er fænomenet bekræftet i adskillelige undersøgelser (Nielsen et al., 2004). Og det er i dag tilmed klart at det ikke kun er elitecykelryttere der vælger en høj kadence og dermed frådser med energien under cykling, men at det samme fænomen forekommer blandt børn (Klausen et al., 1985) og såkaldte hverdagscyklister, der for eksempel anvender cyklen i forbindelse med transport og motion (Hansen et al., 2002). Med andre ord vælger de fleste mennesker at cykle energimæssigt uøkonomisk.

Allerede i 1913 undrede fysiologerne Benedict og Cathcart sig over at en af deres forsøgspersoner, en professionel cyklist, valgte en høj og energikrævende kadence frem for at benytte lavere og mere energibesparende kadencer. Billedet er fra deres afhandling Muscular work: A metabolic study with special reference to the efficiency of the human body as a machine.

Utilstrækkelige forklaringer

En populær forklaring på kadence-paradokset har op gennem tiden været, at cyklister vælger en høj kadence for derigennem at kunne nøjes med at præstere en lav kraft i hvert tråd (Stegemann et al., 1968). Dette virker umiddelbart logisk og bygger blandt andet på det mekaniske faktum at kraften i hvert pedaltråd mindskes hvis kadencen øges, så længe der er tale om konstant arbejdseffekt eller hastighed (Hansen et al., 2002). Men forklaringen er imidlertid utilstrækkelig af to grunde:

1) For det første er det muligt at reducere kraften i pedaltråddet endnu mere end det

cyklisterne allerede gør, simpelthen ved at øge kadencen yderligere.
2) For det andet er der en iøjefaldende stor forskel mellem cyklister i den kadence de vælger. Ved samme hastighed vælger nogle cyklister således en meget lav kadence under 60 omdrejninger pr. minut som kræver, at der præsteres en ganske stor kraft i hvert tråd mens andre cyklister vælger en kadence på over 100 omdrejninger pr. minut.

Selv i en homogen gruppe, som verdens bedste landevejscykelryttere udgør, ses en stor forskel på den rytme de lader benene tale med. For eksempel var vi i 1996 vidne til hvordan Bjarne Riis på stor klinge med en lav kadence knuste modstanderne i Tour de France. Senere overtog amerikaneren Lance Armstrong som bekendt solidt tronen i løbet. Gennem en årrække susede han hurtigst gennem Frankrig med en karakteristisk høj kadence. Den høje kadence blev ligefrem en slags varemærke for Armstrong og blev af mange vurderet som afgørende for hans succes. Hvad mange i mellemtiden havde glemt var at Riis' cykling på den store klinge et par år tidligere var blevet vurderet som afgørende for hans succes.

Kadence og præstation

Der ér lavet videnskabelige undersøgelser af sammenhængen mellem kadence og præstation i cykling. Flere undersøgelser har således vist, at den bedste præstation under intensiv cykling med mindre end ca. 10 minutters varighed opnås med den selvvalgte kadence (Nielsen et al., 2004; Watson and Swensen, 2006; Nesi et al., 2004). Videnskaben bekræfter dermed, at cyklister under kortvaring intensiv cykling vælger en kadence, der er fornuftig i forhold til at præstere.

I forhold til længerevarende, mindre intensiv, cykling er der imidlertid ikke lavet så mange undersøgelser. Et studie fra Syddansk Universitet i 2006 viste dog, at præstationsevnen efter 2,5 times cykling med henholdsvis den høje selvvalgte kadence og en lavere energimæssig optimal kadence ikke var forskellig (Hansen et al., 2006). Dette resultat er i modstrid med et af cyklisternes argumenter for ikke at cykle med den lave optimale kadence; nemlig at kraften i hvert tråd bliver ganske stor og at cyklingen dermed føles tung og er udtrættende.

Der var endda tendenser i undersøgelsen, der pegede på en mulig forbedring af præstationsevnen efter den langvarige cykling med den lave kadence. En mulig forklaring på det sidste kan være, at det mindre energiforbrug under cykling med den lave energibesparende kadence efter 2,5 times cykling ikke havde tømt cykelrytternes energidepoter så meget som det var tilfældet under cyklingen med selvvalgt kadence. Forskernes fortolkning af dette var, at præstationen i slutningen af langvarig cykling muligvis

kan forbedres ved bevidst at vælge en lav kadence, men også at der må flere undersøgelser til for at underbygge dette.

Hjælp fra neurofysiologien

Grundlaget for nu endelig at kunne præsentere en sandsynlig forklaring på kadence-paradokset blev skabt af neurofysiologiske forskere og deres forsøg med dyr. I disse forsøg har forskere for eksempel blotlagt hvirvelsøjlen for at måle på nerveaktiviteten i rygmarven som sammen med hjernen udgør centralnervesystemet. I 1980 blev det opsummeret af Fred Delcomyn fra University of Illinois i en oversigtsartikel i tidsskriftet Science, at timingen af gentagne bevægelser, der udgør enhver rytmisk adfærd (som gang eller cykling hos mennesker), er reguleret af specielle rytmiske egenskaber i centralnervesystemet i højere grad end af sensorisk feedback fra de kropsdele som er i bevægelse (Delcomyn, 1980). Dette var nyt, og derefter var der ikke langt til introduktionen af begrebet centrale mønster-generatorer, på engelsk central pattern generators.

De sidste 10 år er forskningen på dette område gået stærkt og den er blandt andet drevet af ønsket om at kunne hjælpe rygmarvsskadede patienter til forbedret førlighed. På dyr kan man så at sige skære sig vej ind til rygmarven og måle direkte på nerveaktiviteten der. Hos mennesker må man ty til indirekte målinger af fx. muskelaktivitet i forbindelse med rytmisk bevægelse under varierende eksperimentelle forhold. I første omgang har man ved hjælp af forskningen på mennesker prøvet at vise, at der hos os, i lighed med hos laverestående dyr, også eksisterer centrale mønster-generatorer. Den generelle opfattelse i dag er at rygmarven indeholder adskillige centrale mønster-generatorer som består af neurale netværk og at aktivitet i disse netværk alene, stort set kan producere rytmiske bevægelser som fx. gang eller cykling (Zehr, 2005).

Kadencen er en robust indre rytme

Tilbage til valget af kadence under cykling: Hidtil har undersøgelserne af de centrale mønster-generatorer hos mennesker kun i et beskedent omfang været forbundet til det paradoksale valg af kadence under cykling. Men resultaterne i en ny undersøgelse fra Norges Idrettshøgskole støtter beviserne for at de centrale mønster-generatorer spiller en væsentlig rolle for valget af kadence under cykling (Hansen, Ohnstad, 2008). I undersøgelsen blev deltagerne under cykling skiftevis stimuleret med separate forøgelser af den mekaniske belastning og kredsløbsbelastningen. Ingen af delene påvirkede imidlertid valget af kadence.

I tillæg blev den selvvalgte kadence målt gentagne gange over en 12 ugers periode. Kadencen viste sig at være stabil over tid, men på samme tid meget forskellig fra person til person. Faktisk var der en påfaldende lighed i stabiliteten og individualiteten for kadence og for en helt anden frivillig rytme som blev studeret hos de samme forsøgsdeltagere, nemlig den selvvalgte tappefrekvens med pegefingeren. Forskerne bag undersøgelsen konkluderede, at den selvvalgte kadence kan betragtes som en robust og højst individuel indre motorisk rytme der sandsynligvis er under primær indflydelse af centrale mønster-generatorer.

Kadencen er trods alt påvirkelig

Opfattelsen af den selvvalgte kadence som en robust indre rytme må dog ikke helt overskygge at kadencen trods alt er påvirkelig. Dels kan cyklisten naturligvis bevidst vælge at ændre kadencen. Dels er det påvist at en række faktorer kan påvirke valget af kadence i nogen grad. Det gælder for eksempel arbejdseffekten (Hansen et al., 2002), cyklingens varighed (Lepers et al., 2000) og cyklistens alder (Balmer et al., 2007).

Tung styrketræning har også vist sig at påvirke valget af kadence (Hansen et al., 2007). Den overordnede pointe er imidlertid, at faktorerne, som er vist at kunne påvirke den selvvalgte kadence, kun har en beskeden indvirkning. Typisk mindre end 10 omdrejninger pr. minut, hvilket må betegnes som lidt i forhold til den store variation der er i selvvalgt kadence mellem individer.

På en måde kan man således måske betragte kadencen under cykling som skridtfrekvensen under gang. Hvis man går uforstyrret hen ad vejen, vil man ikke tænke over udførelsen af hvert skridt. Men hvis der kommer en stor sten i skoen, så vil man ændre sin gangrytme for at mindske ubehaget.

Evolution og cykling

Med den nye forklaring af den selvvalgte kadence som en robust indre motorisk rytme, der i høj grad er bestemt af mønster-generende neurale netværk i centralnervesystemet, er det fristende at stille sig tilfreds. Men vi er ikke helt i mål endnu! Det er nemlig adskillige gange vist at mennesket under gang og løb vælger den skridtfrekvens som er mest energisparende. Skridtfrekvensen under gang og løb er sandsynligvis også bestemt af centrale mønster-generatorer ligesom kadencen under cykling (Zehr, 2005). Så hvorfor minimerer mennesket

energiforbruget under gang og løb, men ikke under cykling? Vi kan ikke vide det med sikkerhed, men et rimeligt bud på en forklaring er at mennesket i et evolutionsperspektiv kun lige er begyndt at cykle til sammenligning med det at gå og løbe.

Gang og løb har været underlagt Darwinistisk udvikling gennem millioner af år. Groft sagt, er det gået ud over overlevelsen, hvis mennesket frådsede med energien (Nakatsukasa et al., 2006). Cykling har selvsagt ikke været underlagt samme proces (slægten overlever uanset hvor hurtigt du tramper i pedalerne). Og det er måske årsagen til at cyklister anvender en kadence hvor energibesparelse ikke er afgørende for valget, men hvor i stedet en robust indre rytme har stor betydning.

Af Ernst Albin Hansen, ph.d., Norges Idrettshøgskole, Oslo. 4. juni 2008
(Denne artikel er en bearbejdning af en artikel, der tidligere været bragt i Cykelmagasinet, nr. 16, side 98-101, 2008)

Referencer

Balmer, J., Bird, S., Davison, R., Lucia, A., (2007). Effect of age on 16.1-km time-trial performance. J.Sports Sci. 26, 197-206.
Benedict, F. G., Cathcart, E. P., (1913). Muscular work. A metabolic study with special reference to the efficiency of the human body as a machine. Carnegie Institution of Washington, Washington, D. C.
Delcomyn, F., (1980). Neural basis of rhythmic behavior in animals. Science 210, 492-498.
Hansen, E. A., Andersen, J. L., Nielsen, J. S., Sjøgaard, G., (2002). Muscle fibre type, efficiency, and mechanical optima affect freely chosen pedal rate during cycling. Acta Physiol.Scand. 176, 185-194.
Hansen, E. A., Jensen, K., Pedersen, P. K., (2006). Performance following prolonged sub-maximal cycling at optimal versus freely chosen pedal rate. Eur.J.Appl.Physiol. 98, 227-233.
Hansen, E. A., Ohnstad, A. E., (2008). Evidence for freely chosen pedalling rate during submaximal cycling to be a robust innate voluntary motor rhythm. Exp.Brain Res. 186, 365-373.
Hansen, E. A., Raastad, T., Hallén, J., (2007). Strength training reduces freely chosen pedal rate during submaximal cycling. Eur.J.Appl.Physiol. 101, 419-426.
Klausen, K., Rasmussen, B., Glensgaard, L. K., Jensen, O. V., (1985). Work efficiency of

children during submaximal bicycle exercise. In: Binkhorst, R. A., Kemper, H. C. G., Saris, W. H. M. (Eds.), Children and exercise XI. Champaign, Ill. : Human Kinetics, pp. 210-217.
Lepers, R., Hausswirth, C., Maffiuletti, N., Brisswalter, J., van Hoecke, J., (2000). Evidence of neuromuscular fatigue after prolonged cycling exercise. Med.Sci.Sports Exerc. 32, 1880-1886.
Nakatsukasa, M., Hirasaki, E., Ogihara, N., (2006). Energy expenditure of bipedal walking is higher than that of quadrupedal walking in Japanese macaques. Am.J Phys.Anthropol. 131, 33-37.
Nesi, X., Bosquet, L., Berthoin, S., Dekerle, J., Pelayo, P., (2004). Effect of a 15% increase in preferred pedal rate on time to exhaustion during heavy exercise. Can.J.Appl.Physiol. 29, 146-156.
Nielsen, J. S., Hansen, E. A., Sjøgaard, G., (2004). Pedalling rate affects endurance performance during high-intensity cycling. Eur.J.Appl.Physiol. 92, 114-120.
Stegemann, J., Ulmer, H.-V., Heinrich, K. W., (1968). [Relation between force and force perception as basis for the selection of energetically unfavorable pedaling frequencies in cycling]. Int.Z.Angew.Physiol. 25, 224-234.
Watson, G., Swensen, T., (2006). Effects of altering pedal cadence on cycling time-trial performance. Int.J.Sports Med. 27, 296-300.
Zehr, E. P., (2005). Neural control of rhythmic human movement: The common core hypothesis. Exerc.Sport Sci.Rev. 33, 54-60.