

Toelichting bij de voordracht **“Historisch Overzicht Telemetrie, 1950-2007”** gehouden op het seminar van **Suunto/First Beat Company** op Papendal te Arnhem op 16-05-2007 door **Dr. Jan A. Vos, Inspanningsfysioloog.**

Inleiding:

Kort na de Tweede Wereldoorlog kwam, mede door de versnelde technische ontwikkeling die het oorlogsdrama teweeg had gebracht, de belangstelling voor draadloos zenden en ontvangen van parameters zoals hartfrequentie, ECG, kracht, EMG, lichaamstemperatuur, ademvolume, ademfrequentie, zuurstofopnamevermogen, enz. op gang. Het type overdracht kan zijn via geluid, licht (infrarood), radio (VHF; UHF frequenties), radioactieve isotoop, enz. Het omvat een één- of meerdere kanalen systeem. Bij dier observatie methoden wordt vaak een kraagband als zender gebruikt, maar ook een soort harnas of zelfs implantatie is mogelijk. De antenne voor ontvangst kan een groundplane, een Yagi of modernere versie zijn. Aan de hand van een aantal historische foto's, grafieken uit de begin periode en een schets van de latere ontwikkelingen willen we U een overzicht geven van de periode omstreeks 1950 tot heden.

Wij zijn op 1 September 1963 op de Afdeling Fysiologie van de toenmalige K.Universiteit in Nijmegen begonnen. Collega R.A.Binkhorst, hij was in het voorjaar van 1963 al in Nijmegen begonnen, en ik hebben kort na aanvang een afspraak gemaakt waarbij hij zijn onderzoek meer zou afstemmen op de kliniek van het Radboud Ziekenhuis en ik me meer zou bezighouden met de sportbeoefenaren. Vanaf 1968 ben ik toen namens de Afdeling Fysiologie ondergebracht in het Sportcentrum van de K.Universiteit en ben daar tot 1995 werkzaam geweest. Naast (top)sportmensen van vele takken van sport heb ik veel metingen kunnen doen bij scholieren, ongetrainden en recreatie sportmensen. Voor deze voordracht heb ik een keuze gemaakt uit de vele duizenden telemetrie metingen die gedaan zijn in voornoemde periode. Belangrijke vragen zijn m.i. Is er veel veranderd de laatste 10 tot 20 jaar? Kunnen we met de enorme groei aan opslag capaciteit voor data ook nauwkeuriger werken? Is interpretatie van meetgegevens gemakkelijker geworden of juist moeilijker? Maken allerlei commerciële belangen een mogelijke samenwerking niet bijna onmogelijk? Maar laten we allereerst eens gaan kijken naar de historische ontwikkeling van de telemetrie.

Wat is telemetrie? Tele = ver en metrie slaat op meten. Telemetrie richt zich dus op het meten over een bepaalde afstand. Omdat een draadverbinding daarbij uitermate onhandig is en voortdurend storing geeft, is men al gauw overgegaan tot het ontwikkelen van een draadloos systeem door middel van radio-telemetrie. Wie geïnteresseerd is in de vroege technische ontwikkeling van de telemetrie kan ik het boek aanbevelen geschreven door R.Stuart Mackay, getiteld: Bio-Medical Telemetry, sensing and transmitting biological information from animals and man (second edition), Uitg. Wiley & Sons, Inc., New York, USA, 1970. ISBN:0-471-56030-8.

Wij zullen ons in deze voordracht alleen bezighouden met (top)sport voorbeelden omdat de beperkte tijd niet meer mogelijkheden toe laat. In de hand-outs hebben we de foto's weggelaten die U overigens nu wel te zien krijgt. In de dia's zijn toelichtingen aangebracht die ook niet in de hand-outs staan. De reden is dat een korte omschrijving gemakkelijk verkeerd geïnterpreteerd kan worden en met een persoonlijke uitleg is die kans een stuk minder. Bovendien hopen we daarmee Uw aandacht vast te houden.

Toelichting op de dia's:

Dia 1. Opening's dia. Titelblad en plaats van seminar.

Dia 2. A. De door de Hr.A.C.Vissers ontwikkelde elektrode moest op een nauwkeurige manier geplakt worden op de huid met een neoprene lijm. B. De huid werd geprepareerd door licht met puinsteen poeder geschuurd te worden. De elektroden konden lange tijd (gemakkelijk 24 uur) blijven zitten en onder de douche gedragen worden. C. Om onderweg de registratie te kunnen volgen moesten zware batterijen (25 kg), gelijkrichter, cardiograaf en antenne in de volgauto meegenomen worden. Het bereik was ongeveer 100 meter in het vrije veld.

Dia 3. Foto van Norman J.Holter.(1914-1983). Hij was biofysicus met grote belangstelling voor inspanningsfysiologische experimenten. Telemetrie pionier en ontwerper van de Holter Monitor Portable ECG recorder.

Dia 4. Foto van het allereerste ECG dat ooit verzonden is door een radio transmitter, 1947.

Dia 5. Foto van een man die een portable Holter Monitor (gewicht: 1 kg!), band-recorder en elektronisch circuit met batterijen te dragen krijgt.

Dia 6. Foto, ook uit 1947, van de allereerste telemetrie opname van ECG's met draadloze overbrenging, de zender weegt 36 kg (!!) en de afstand tot de antenne is 1 tot 2 meter!

Dia 7. Foto van eerste laboratorium prototype voor 'snelle' data analyse en inbouw taperecorder met verzamelde data.

Dia 8. Foto van een man die een zender en versterker in zijn borstzak draagt. De ontvanger en batterijen zitten in de draagkoffer. Linksboven de versie van de Holter Monitor anno 2007.

Dia 9. Telemetrie voorbeelden van atleten die op gestandaardiseerde parcoursen van respectievelijk 10 en 17.1 km in de heuvelachtige omgeving van Nijmegen hebben hard gelopen. Vertrekpunt was steeds het Sportcentrum aan de Kwekerijweg in Nijmegen.

Dia 10. Een 7-kanalen zender met accu die toch maar 180 gram woog, was eind jaren zestig onze trots om mee te kunnen werken. Naast hartfrequentie waren andere variabelen zoals kracht, lichaamstemperatuur, snelheid en versnelling draadloos meetbaar. Daarover later in deze voordracht meer voorbeelden.

Dia 11. Een 'talent' in atletiek (lopen). Top in Nederland bij de B-meisjes. Over het feit dat wij haar een 10 km testloop lieten lopen is toentertijd veel commotie ontstaan, onverantwoordt enz., maar zoals U ziet is er niets aan de hand. Prima herstel na afloop en geen enkel negatieve reactie van haarzelf.

Dia 12. Bij deze jongen van 14 hebben we de hoogste Hf.waarde ooit gezien, namelijk 236 sl.min^{-1} . Hij bleef voor regelmatige testen tot zijn 45 ste jaar bij ons komen en heeft nooit klachten gehad en later een 'normale' Hf. laten zien. De Hf. waarden werden in die jaren met een sjabloon uit de ECG papierstroken uitgerekend. De elektro-cardiograaf werd regelmatig geijkt.

Dia 13. Wederom een 'talent' op atletiek (lopen) gebied. Deze pas 14-jarige jongen liep gemakkelijk een halve marathon in een snelle tijd en herstelde wonderbaarlijk snel. Ook tijdens deze testloop laat hij dit beeld zien. Later bleek hij erg blessure gevoelig te zijn en dat heeft een goede loop carrière in de weg gestaan.

Dia 14. Een typische duuratleet laat een goed voorbeeld zien van wat gevraagd werd, namelijk een duurloop te lopen onder trainingsomstandigheden en er géén wedstrijd van te maken.

Dia 15. Dezelfde duurtleet van de vorige dia laat hier zien wat de trainingswinst was van een jaar harde, intensieve duurtraining. In dezelfde tijd gelopen test onder dezelfde outdoor omstandigheden laat een daling van de Hf. zien van 5-10 sl.min⁻¹.

Dia 16. Een voorbeeld van een zeer omvangrijke trainingsweek van atleet Jos Hermens in de aanloop naar het werelduurrecord dat hij in 1976 liep. Er werd ook regelmatig aan krachtraining gedaan hetgeen uitzonderlijk was in die tijd voor duurtleten.

Dia 17. Een zeldzame gebeurtenis vond plaats in de zomer van 1973. Jos Hermens werd in Juni getest en liet een zeer goede test zien. Kort erna wordt hij door een automobiliste aangereden en wonder boven wonder was er geen sprake van mechanische lichamelijke schade maar waren zijn nieren geraakt en functioneerde die niet naar behoren meer. Na een 10 weken rustperiode mocht hij weer gaan trainen. Hij loopt dan met dezelfde snelheid de testloop maar wel met een veel hogere Hf. in September 1973.

Dia 18. Een echte marathon loper C.V. die hier hetzelfde patroon op de testloop laat zien als J.H. op de vorige dia's.

Dia 19. C.V. nu tien jaar later met een min of meer gelijke Hf. op de testloop maar met een veel snellere tijd, namelijk 8 minuten tijdswinst!

Dia 20. Later werd hij één van de beste halve marathon lopers van Nederland, L.W. Hier laat hij reeds op 16-jarige leeftijd een goed resultaat zien.

Dia 21. L.W. nu ook tien jaar later getest onder dezelfde omstandigheden. Ook hij laat een veel snellere tijd zien met ook lagere Hf. waarden! Veel gewonnen dus in tien jaar trainen.

Dia 22. Internationaal één van de betere marathon lopers laat een vergelijkbaar patroon van Hf.waarden en tijd op het testparcours zien t.o.v. J.H. in vorige dia's.

Dia 23. Ook deze zeer getalenteerde marathon loper C.L. laat een vergelijkbaar patroon met G.N. en J.H. zien. Jammer genoeg was deze atleet vaak geblesseerd en is er nooit helemaal uitgekomen wat de belofte inhield.

Dia 24. Interval registraties. Gedaan bij teamsporten en atletiek (M+V). Enkele voorbeelden.

Dia 25. Een zeer jonge volleybal speelster laat tijdens oefenstof in de training haar Hf. waarden zien. Deze test werd in aanwezigheid van een cursusgroep trainer/coaches van de volleybalbond gedaan en gevraagd werd aan de deelnemers om een schatting te maken van de Hf. bij dit meisje tijdens de uitvoering van de opdrachten. Niemand kwam zelfs maar in de buurt van de werkelijke waarden! Allen zaten veel te laag.

Dia 26. De best atleet op de midden afstand 1500 meter en mijl in die tijd H.S. laat zijn 20 maal 200 meter interval test resultaten hier zien. Opvallend is de geringe terugval tijdens de herstel dribbel. Dit kan individueel veel verschillen hebben we later kunnen constateren. Wij vroegen hem om zijn trainingsarbeid te laten zien en gaven geen opdracht vooraf.

Dia 27 t/m 30. Bij de reeds gemeten marathon loper C.V. en de duurtleet J.H. zien we de resultaten van telkens 10 maal 1075 meter interval lopen. Het traject was een vlak stuk terrein van exact 1075 meter lengte. Zij liepen in dribbelpas terug en dan volgde meteen de nieuwe loop. C.V. liep met duidelijk hogere Hf.waarden dan J.H. Van J.H. heb ik de indruk dat hij hier op het hoogtepunt van zijn kunnen lijkt te zijn.

Dia 31. Een voorbeeld van trainingsarbeid registratie van een keeper en een cirkelspeler uit Jong Oranje handbal die tijdens de training zijn gemaakt.

Dia 32. Een opbouw speler van Jong Oranje handbal die behalve tijdens oefeningen ook in het spel zelf is gemeten. In die tijd waren dit soort Hf.waarden en interpretatie

van die waarden nog onbekend bij de meeste trainers, omdat de meetapparatuur nog ontbrak.

Dia 33. Een voorbeeld van training en spel situaties bij basketbal van een speler uit de hoogste divisie van het basketbal.

Dia 34. Dezelfde speler R.W. nu tijdens defensief spel, tijdens het nemen van vrije worpen, tijdens aanwijzingen die hij van zijn coach krijgt en tijdens één tegen één spelen.

Dia 35. Totale voetbalwedstrijd Hf.registratie van een profvoetballer (spits) tijdens de strijd om een periode titel. De gemiddelde Hf. (zonder de rust waarden) = 164 sl.min⁻¹. Veel hoger dan men in die tijd voor mogelijk hield.

Dia 36. Hf.registraties bij wielrennen en cyclo-cross op het test parcours in Nijmegen met een lengte van 28 km.

Dia 37. Een goed getrainde wielrenster, G.v.d.B., wordt hier getest op het wielrennersparcours. Tijdens de afdaling is er toch sprake van daling van de Hf. Dat beeld ziet men niet bij minder goed getrainden.

Dia 38. Een prof.wielrenner H.L. reageert goed op de afdalingen met daling van de Hf. en rijdt het test parcours in een snelle tijd van 46 minuten.

Dia 39. De goede amateur wielrenner C.E. neemt relatief wat lange pauzes tijdens de interval training. Ook hier vragen we de atleet om zijn training te laten zien zoals hij die regelmatig doet en stellen wij niet als opdracht een protocol van tevoren vast. Bijstellen van een trainingsprogramma gebeurt altijd na het verzamelen van de testgegevens.

Dia 40. Wereldkampioen veldrijden H.B. tijdens een interval training. Ook hij nam relatief lange rust pauzes, waardoor minder effectieve trainingen ontstaan. Hoogst actueel i.v.m. de EPOC interpretatie van dit moment.

Dia 41. Aan deze veteraan W.B. hebben we gevraagd om geleidelijk, per ronde, de arbeid te verzwaren. Zijn display was afgeplakt. Hij laat uitstekend zien dat hij op gevoel heel goed weet hoe het met zijn Hf.gesteld is.

Dia 42. Top amateur B.Z. is hier tijdens een wedstrijd geregistreerd. Hij krijgt de kans niet om tijdens kleine afdalingen van de heuveltjes te herstellen, zijn Hf.blijft hoog en constant. Typisch verschil met de trainingssituatie die hier voor het eerst echt duidelijk werd.

Dia 43. Hf.registraties tijdens de Triatlon. De metingen zijn gedaan op twee testparcoursen in Nijmegen, namelijk het fietsparcours van 28 km en daarna het loopparcours van 17.1 km.

Dia 44. In deze dia ontbreekt de o.i. belangrijke informatie van hoe het parcours is samengesteld. Nu kan een ‘afdaling’ wel een sanitaire stop zijn geweest bijvoorbeeld. Dit ontbreken van een parcours relief is een van onze grootste bezwaren tegen veel automatische registraties van heden.

Dia 45. Een ex-prof wielrenner P.Z. fietst het parcours in een goede tijd met goed herstel onderweg, daarna snel omkleden voor de duurloop (Dia 46).

Dia 46. P.Z. is duidelijk geen ‘echte’ loper want hij doet erg lang over het testparcours, namelijk ruim 79 minuten en hoge Hf.waarden.

Dia 47. R.B. als beginnende triatleet. Hij was een goede zwemmer en een goede loper, een vrij zeldzame combinatie. Als fietser laat hij een heel onrustig beeld zien.

Dia 48. R.B. nu als loper gemeten in een goede tijd (na het fietsen!) en sub-maximale Hf.waarden. Later zou hij uitgroeien tot de beste triatleet die we gehad hebben. Ook nu nog als veteraan is hij ongekend goed.

Dia 49. Hf.registraties bij het schaatsen. De metingen zijn gedaan op een open 400 meter ijsbaan (Eindhoven). De Finse medische begeleidingsgroep staat erbij en nam direct na afloop van die wedstrijden spierbiopten bij de schaatsers.

Dia 50. Tijdens de Finse selectie wedstrijden in Eindhoven werd deze registratie van een 10.000 meter gedaan bij M.L. Het was erg guur weer, harde wind. Na afloop werden spierbiopten afgenomen door de begeleidende staf.

Dia 51. Een Hf.registratie van de Finse schaatser P.N. met ook hier na afloop afname van een spierbiopt.

Dia 52. Basisvraag hier:Hoeveel verandert de Hf. en de looptijd naarmate men ouder wordt onder gestandaardiseerde omstandigheden? De meetperiode is gedaan van 1988 tot 2006 bij een man tussen 49 jaar en 66 jaar. De testloop wordt wekelijks gedaan over 8.4 km op zandpaden in vlak terrein. Longitudinale informatie over het verloop van de Hf. in de tijd onder gestandaardiseerde omstandigheden is zeer schaars te verkrijgen, ook in de internationale literatuur.

Dia 53. Telemetrie Krachtmetingen. De krachtmetingen zijn gedaan bij watersporten zoals kayakvaren en roeien zowel op het land in de “Gjessing-roei-ergometer” als in de boot op het water (riemen en voetenplank). Jammer genoeg had ik onvoldoende tijd om deze dia’s tijdens de voordracht te laten zien. De opzet was om juist met deze dia’s aan te tonen dat er telemetrisch meer te meten valt dan alléén de Hf.

Dia 54. Foto van rekstrookje (= strain gauge), nodig om nauwkeurig kracht te kunnen meten. Rekstrookjes zijn er in allerlei formaten en worden vooral in de industrie veel gebruikt.

Dia 55. Foto van plaats waar rekstrookjes geplakt zijn om de uitgeoefende kracht op de voorvoeten en de hieldruk te kunnen meten van een voetenplank die in de roeiboot wordt geplaatst.

Dia 56. Foto van de omvang van de zender nodig voor kracht meten, de zender kan ergens in de kayak of boot geplaatst kon worden.

Dia 57. Foto van opstelling aan de waterkant om de krachtmetingen in de kayak of boot te kunnen ontvangen en opslaan.

Dia 58. Foto van masker met open mondstuk (vrije ademhaling!!) waarin een PO2 electrode en ademfrequentie meting plaats kon vinden. Zender en accu zijn in een draaghelm ondergebracht.(Kimmich,e.a.,1970).

Dia 59. Foto van voetenplank met rekstrookjes en zender in de boot opstelling.

Dia 60. Vergelijking van krachtenpatroon van de maximale kracht van grote spiergroepen van twee Belgische top-roei-ers. De coach beoordeelde deze twee roei-ers (met oog waarneming!) als zeer goed bij elkaar passen omdat ze erg synchroon roeiden. De krachtenpatronen laten wel degelijk grote verschillen tussen de twee roei-ers zien!

Dia 61. Op de ‘Gjessing’ (Noorse roei-ergometer) gemeten waarden van de 2 roei-ers van de vorige dia die een duidelijk verschillend krachten patroon laten zien. Kennelijk ziet het menselijk oog dit niet.

Dia 62. Ook bij zwaardere roeibelasting bleef het patroon van dia 61 bestaan.

Dia 63. De roeier N.R. in zijn begin periode. Hij liet direct een veel grotere kracht zien in vergelijking met andere talentvolle roei-ers uit de selectie.

Dia 64. Ook onder wedstrijd omstandigheden laat N.R. zien over veel meer kracht te beschikken dan ploeggenoten. Hij zou later een van onze beste roei-ers ooit worden.

Dia 65. Hier ziet U het verschil met de voorgaande dia wat krachttuioefening betreft. Dit kan men nooit met het blote oog waarnemen.

Dia 66. Foto van Olympische kayakvaarder J.L. uit Finland. In de helm zat de zender voor krachtmetingen aan de paddel ondergebracht.

Dia 67. Een krachtregistratie tijdens de training van J.L.

Dia 68. Start met hoge piekkrachten van J.L.

Dia 69. Wedstrijd tempo overgaande in eindsprint van J.L.

Dia 70. Een prototype van een poging om het ECG en niet alleen de Hf. te gaan zenden. De technische man die dit ontwikkelde had echter alleen oog voor de techniek want de antenne stond haaks op de zender en moest dus door de kleding heen gestoken worden!

Dia 71. Tot slot een afbeelding van de eerste koffer voor veldstudie van Hf.waarden (Polar). De beeldregistratie met het schrijvertje was een erg zwak punt maar de zender-ontvanger combinatie werkte goed. Via een interface kon men de verzamelde Hf.waarden naar de PC sturen (jaren tachtig). De registratie die eronder afgebeeld staat is een typisch voorbeeld van een uitkomst van een opdracht die als volgt luidde: "Loop het testparcours individueel in je eigen duurloop tempo. Maak van deze test dus géén wedstrijd!". Ondanks alle beloften om zich aan deze opdracht te houden heeft deze man zich toch geforceerd en loopt een zevental keren tegen zijn plafond aan en moet dan een stuk gewone pas lopen om te herstellen. Na afloop beweerde hij dat het goed gegaan was en hij een rustige duurloop gelopen had. Dit soort informatie is dus soms hoogst onbetrouwbaar want de werkelijkheid liet een geheel ander beeld zien. Hij gaf later ruiterslijk toe dat hij over het hoofd gezien had dat de registratie tijdens het lopen opgeslagen werd en dus na afloop uitgelezen kon worden!

Tot slot een paar opmerkingen over Telemetrie waarnemingen:

1. Gebruik bij voorkeur géén formule om de Hf.max te bepalen, maar meet bij iemand de werkelijke Hf.max. De standaard deviatie bij gebruik van een formule kan 11 sl.min⁻¹ zijn.

Uitzonderingen kunnen zijn: ouderen en patiënten. Gebruik dan de formule van Ilmarinen die luidt: Hf.max = 220 - (0.9 x leeftijd) of de formule van Tanaka die luidt: 208 - (0.7 x leeftijd).

2. Gebruik de trainingsregistratie niet blindelings als richtlijn voor de wedstrijd! Gebleken is dat de wedstrijd Hf.substantieel hoger is dan de trainingstijd, ook als er met dezelfde snelheid wordt gelopen! Een verschil tot 20 sl.min⁻¹ is mogelijk.

3. De enige 'echte' rust Hf. is de hartslag die men tijdens het natuurlijke ontwaken meet (dus niet tijdens het wakker schrikken van een alarm wekker!). Meet die rust Hf. een paar maal op verschillende dagen om er dan mee te gaan werken.

4. Wanneer er sprake is van veel vochtverlies, zoals bij erg warm weer bijvoorbeeld in de zomer van 2006, dan is de Hf.hoger dan onder normale omstandigheden. Elke 1 % lichaamsgewicht verlies komt overeen met gemiddeld 7 slagen per minuut hogere Hf.!

5. Meet je Hf.op een 'standaard' loop-, fiets-, skeeler-, of zwemparcours en deze regelmatig gemeten waarde geeft een indicatie of men zich in een overtrainingstoestand bevindt of niet.

6. Meet een testparcours nauwkeurig na omdat afstandverschillen een beoordelingsfout mogelijk maken.

7. Kleding en schoeisel maken een zeer wezenlijk onderdeel uit van goed trainen. Denk goed na over welke eisen in het tot stand komen van een test parcours voor lopen, fietsen, enz. moeten worden verwerkt. Hoogteverschillen, markeringen onderweg, individueel of in een groep testen, afspraken met de kandidaten over onder welke omstandigheden de test wel of niet doorgaat, tijdstip van her-test in verband met periodisering training, enz. spelen hierbij een belangrijke rol.

Literatuur:

1. Burke, E.R. (Edit.), Precision Heartrate Training. Uitg. Human Kinetics Publ., Leeds, U.K. (1998).
2. Kimmich, H.P., J.A. Vos (Edit.), Biotelemetry. Uitg. Meander NV, Leiden, 1972. International Symposium Biotelemetry (May, 1971, Nijmegen).
3. Vos, J.A. Ergometrie en Trainingsbegeleiding. Uitg. Ned. Paramedisch Instituut, Amersfoort, 6de herziene druk, September 2007.