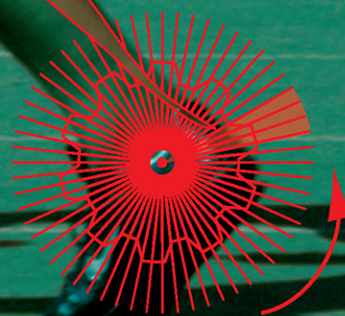
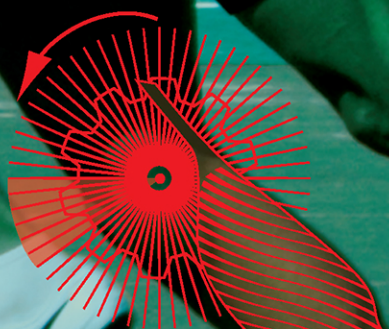
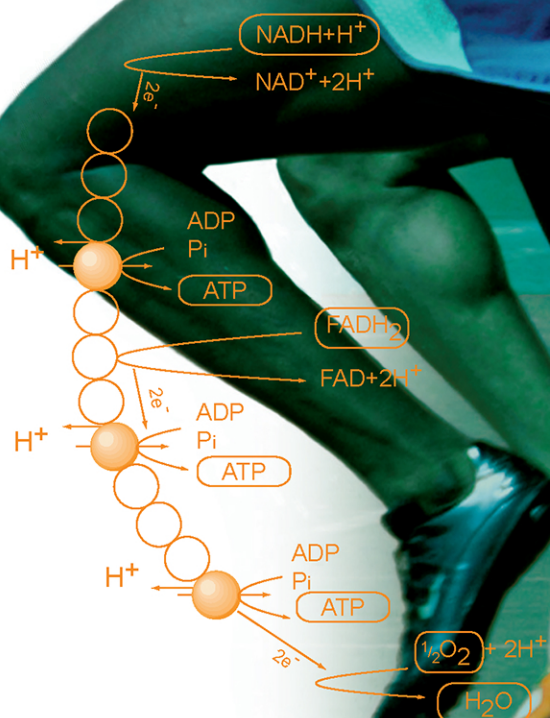


HARDLOPEN

BIOMECHANICA EN INSPANNINGSFYSIOLOGIE PRAKTISCH TOEGEPAST

Frans Bosch en Ronald Klomp



Bohn
Stafleu
van Loghum

Hardlopen

HARDLOPEN

BIOMECHANICA EN INSPANNINGSFYSIOLOGIE

PRAKTISCH TOEGEPAST

Frans Bosch

Ronald Klomp

Eerste druk, Elsevier gezondheidszorg, Maarssen, 2001
Tweede druk, Elsevier gezondheidszorg, Maarssen, 2008
Derde (ongewijzigde) druk, Bohn Stafleu van Loghum, Houten 2016

ISBN 978-90-368-1608-3 ISBN 978-90-368-1609-0 (eBook)
DOI 10.1007/978-90-368-1609-0

© 2016 Bohn Stafleu van Loghum, onderdeel van Springer Media

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën of opnamen, hetzij op enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16b Auteurswet j° het Besluit van 20 juni 1974, Stb. 351, zoals gewijzigd bij het Besluit van 23 augustus 1985, Stb. 471 en artikel 17 Auteurswet, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp). Voor het overnemen van (een) gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet) dient men zich tot de uitgever te wenden.

Samensteller(s) en uitgever zijn zich volledig bewust van hun taak een betrouwbare uitgave te verzorgen. Niettemin kunnen zij geen aansprakelijkheid aanvaarden voor drukfouten en andere onjuistheden die eventueel in deze uitgave voorkomen.

NUR 843, 488
Omslag: Frans Bosch, Tilburg
Basisontwerp binnenwerk: Pharos/Monique van Hootegem, Nijmegen
Illustraties: Frans Bosch, Tilburg

Bohn Stafleu van Loghum
Het Spoor 2
Postbus 246
3990 GA Houten
www.bsl.nl

Voorwoord

Twee jaar heb ik onder Ronald Klomp getraind. Zelf al behoorlijk ervaren, dacht ik in het begin dat mij niet veel nieuwe dingen geleerd konden worden. Daarin vergiste ik mij. Bevlogen als Ronald is, werd alleen al mijn coördinatie vrijwel direct vergeleken met een heel jong hondje dat we op straat tegenkwamen en dat nog niet op zijn jonge pootjes kon staan en steeds omviel. Uiteraard was ik beledigd, maar eerlijkheid en inderdaad enig inzicht konden Ronald niet ontzegd worden. Het was afzien en pijn lijden die eerste maanden en ik werd gek van alle rare oefeningen, maar het had wel resultaat.

Jaren daarvoor, op mijn allereerste training bij een atletiekclub, verscheen ik op de atletiekbaan op tennisschoenen. Geen idee had ik dat dat misschien niet zo goed was. Toen ik na een paar weken wat geld bij elkaar had gespaard om echte hardloopschoenen te kopen, merkte ik direct het verschil. Dit opende mijn ogen, maar gaf tegelijkertijd mijn eerdere onwetendheid over het hardlopen weer. Alles en iedereen kan toch hardlopen? Daar heb je verder toch niets voor nodig? Zo denken veel mensen erover, nog steeds. Sommigen zullen zich ook afvragen of er zoveel over hardlopen geschreven kan worden. Hardlopen lijkt altijd zo gemakkelijk. Je wordt er heel erg moe van, maar moeilijk is het toch niet? Toch wel. Er komt meer bij kijken dan alleen het ene been voor het andere te zetten. Het is niet alleen talent en een heleboel simpele training waardoor mensen hard kunnen lopen en bepaalde prestaties neerzetten. Details zijn juist bij het lopen zo ontzettend belangrijk. Die details bepalen of je plezier houdt in het lopen, of je vooruitgaat en ook of je het lijf kunt behoeden voor blessures. Het plezier en de progressie kunnen zoveel malen vergroot worden als je de juiste handvatten aangereikt krijgt. Dit boek gaat over de details. Het brengt het tussenstuk tussen saaie onbegrijpelijke theorieën en de praktijk van het hardlopen in kaart.

Dit boek is volgens de schrijvers hét boek over hardlopen. Dat schept verwachtingen. Maar zo zitten zowel Ronald als Frans in elkaar, overtuigd als ze zijn van hetgeen ze beschrijven. Daar is ook een lange weg aan voorafgegaan. Ronald en Frans hebben beiden jarenlange ervaring in het werken met topatleten. In het begeleiden van atleten vanuit het niets naar een hoog niveau. Elke fase in de ontwikkeling van de atleet hebben zij meegemaakt. Internationale atletiektoernooien hebben zij bijgewoond, vele uren doorgebracht op een warming-upterrein met het gadeslaan van de wereldtop die zich voorbereidde op de prestatie. Zij zien hoe een atleet zich beweegt, zien wat de juiste techniek is voor de meest efficiënte loopbeweging. En op basis van hun kennis en ervaringen schreven zij dit boek.

Lees ze, loop ze!

Ellen van Langen
zomer 2001

Inhoud

Inleiding	II
1 Anatomie van het bewegingsapparaat en basisprincipes van bewegen	13
1.1 Coördinatie en lopen	13
1.1.1 Mechanica of biomechanica	13
1.2 Bouw en bewegingsmogelijkheden van gewrichten	14
1.2.1 Heup, rug en bekken	14
1.2.2 De knie	19
1.2.3 Enkel en voet	20
1.3 Levering van vermogen op spierniveau	22
1.3.1 Kracht en snelheid op sarcomeerniveau	22
1.3.2 Contractiekracht en verkortingssnelheid op spiervezelniveau	32
1.3.3 Langzame en snelle spiervezels	34
1.4 Bouw en differentiatie van spieren, gewrichtsmoment en functie van passieve weefsels	36
1.4.1 Verschillende typen spierbouw	36
1.4.2 Passieve weefsels en hun functie	41
1.4.3 Stijgtijd, voorspanning en elasticiteit	47
1.4.4 Gewrichtsmomenten	52
1.4.5 Belangrijke spieren voor het lopen	53
1.4.6 Samenvatting	65
1.5 Elasticiteit en reactieve spierwerking tijdens het lopen	66
1.5.1 Elasticiteit van de voet	66
1.5.2 Elasticiteit van de achillespees	68
1.5.3 Elasticiteit van de hamstrings	68
1.5.4 Elasticiteit van de tractus iliotibialis	69
1.5.5 Reactiviteit bij het lopen	69
1.6 Werking van biarticulaire spieren bij het lopen	69
1.6.1 Biomechanische aspecten	69
1.6.2 De rotatie naar translatiebeperking bij functionele bewegingen	70
1.6.3 De proximo-distaalwerking in functionele gewrichten	72
1.6.4 De paradox van Lombard; werking van de biarticulaire spieren tijdens de strekbeweging	73
1.6.5 Energietransport door biarticulaire spieren	75
1.6.6 De werking van de hamstrings tijdens het lopen	79
1.6.7 De werking van de m. rectus femoris tijdens de start en de werking van de m. gastrocnemius	82
1.6.8 Samenvatting	84
1.7 Aansturing van het lopen	85
1.7.1 Afferente en efferente innervatie (relatie tussen motoriek en sensoriek)	86
1.7.2 Controle van de motoriek	89
1.7.3 Myotatische reflex en Golgi-peesreflex	92
1.7.4 Vergelijking motorische patronen	96
1.7.5 Struikelreflex en lopen	97
1.8 Anatomie en training	99

2	Energieleverantie	103
2.1	Inleiding	103
2.2	Energie	106
2.2.1	Enzymen	107
2.2.2	Adenosinetriphosfaat (ATP)	112
2.2.3	Resynthese van ATP	113
2.2.4	Vetmetabolisme	129
2.3	Capaciteit en vermogen	131
2.3.1	Trainingscapaciteit van de creatine-fosfokinasereactie	133
2.3.2	Training lactisch anaerobe capaciteit	134
2.3.3	Capaciteit aerobe reactieketen	135
2.4	Cardiorespiratoir systeem	135
2.4.1	Ademhaling	136
2.4.2	Diffusie van gassen	137
2.4.3	Transport van zuurstof en kooldioxide door het bloed	139
2.4.4	Capillaire gasuitwisseling	145
2.5	Maximale zuurstofopname	145
2.5.1	VO ₂ max als voorspeller van looptalent	145
2.5.2	VO ₂ max bij de sturing van het trainingsproces	146
2.5.3	VO ₂ max bij de bepaling van de optimale trainingsintensiteit	146
3	Looptechniek	149
3.1	Inleiding	149
3.2	Lopen op hoge snelheid	153
3.2.1	De romphouding gedurende de hele cyclus	153
3.2.2	Het elektromyogram (EMG)	158
3.2.3	Beschrijving looptechniek	159
3.2.4	Positief lopen	186
3.2.5	Samenvatting	193
3.3	Start en acceleratie	204
3.3.1	Beschrijving startfase	204
3.3.2	Beschrijving acceleratiefase	207
3.3.3	Fouten in start- en acceleratiefase	213
3.3.4	Samenvatting	214
3.4	Lopen op constante lage snelheid	217
3.4.1	Relatie looptechniek en prestatie	217
3.4.2	Looptechnische aspecten	220
3.4.3	Samenvatting	224
4	Training en adaptatie	225
4.1	Inleiding	225
4.2	Trainingsprincipes	225
4.2.1	Historie	225
4.2.2	Biologische wetmatigheden	227
4.3	Afgeleide trainingsprincipes	235
4.3.1	Vormen van belasting	235
4.3.2	Variatie in trainingsvormen	236
4.3.3	Periodisering en cyclische organisatie van het trainingsproces	236
4.3.4	Periodiseringsmodel van Matwejew	238

4.3.5	Periodiseringsmodel van Tschiene	241
4.3.6	Periodiseringsmodel van Verchoshansky	241
4.3.7	Enkele overwegingen	243
4.4	Adaptatie	244
4.4.1	Cardiovasculaire adaptatie	245
4.4.2	Respiratoire adaptatie als gevolg van aerobe trainingsbelasting	250
4.4.3	Metabole adaptatie door aerobe trainingsbelasting	251
4.5	Trainingsmiddelen en -methoden	260
4.5.1	Belastingskarakteristieken	261
4.5.2	Trainingsmethoden	263
4.5.3	Overreaching en overtraining	271
4.5.4	Monotonie van training	272
5	Scholing van de looptechniek	277
5.1	Inleiding	277
5.1.1	Sensoriek en coördinatie	277
5.1.2	Conditie en coördinatie	278
5.1.3	Het principe van overload	279
5.1.4	Transfer of training	280
5.1.5	Economie van training	282
5.1.6	Methodische aanpak van de loopscholing	283
5.1.7	De dvd Hardlopen	285
5.2	Scholing van basiselementen van de loopbeweging	287
5.2.1	Indeling van de oefenstof naar het model van de looptechniek	287
5.2.2	Beweging van enkel en voet bij het lopen	288
5.2.3	Coördinatie hamstrings	315
5.2.4	Scholing bekken- en rompbewegingen (torsie)	321
5.3	Scholing op constante snelheid	326
5.3.1	Scholing frequentie en reflexen in de schaarbeweging	328
5.3.2	Torsie en het vermijden van lengteasrotatie	331
5.3.3	Accent op reactiviteit	333
5.4	Scholing start en acceleratie	336
5.4.1	Basiselementen van start en acceleratie	336
5.4.2	Scholing totale looppatroon bij start en acceleratie	341
6	Krachttraining voor het lopen	343
6.1	Inleiding	343
6.1.1	Begripsbepaling	344
6.1.2	Omschrijving en definitie van verschillende soorten krachttraining	351
6.2	Krachttraining en functionele anatomie	358
6.2.1	Biomechanische aspecten	358
6.2.2	Relatie tussen krachttraining, spierbouw en spierwerking	364
6.3	Krachttraining per spiergroep, accent op intramusculaire coördinatie	367
6.4	Krachttraining in samenwerkende spierketens, accent op intermusculaire coördinatie	397

Over de auteurs	433
Literatuur	434
1 Anatomie van het bewegingsapparaat en basisprincipes van bewegen	434
2 Energieleverantie	436
3 Looptechniek	438
4 Training en adaptatie	439
5 Scholing van de looptechniek	441
6 Krachttraining voor het lopen	441
Register	443
Bij de dvd's	451

Inleiding

Tijdens een symposium over midden- en langeafstandlopen in 1983 waren de inleidende zinnen van Peter Coe, de vader en trainer van Sebastian Coe (destijds wereldrecordhouder op 800, 1500 meter en de Engelse mijl): *‘Coaching is an art. Although it is science based, it is still an art.’*

Dezelfde karakteristiek draagt dit boek over hardlopen, dat immers is ontstaan uit een ontmoeting tussen ‘kunstenaar’ Frans Bosch en ‘wetenschapper’ Ronald Klomp. Intuïtie, observaties, ervaringen en speculaties zijn gekoppeld aan een wetenschappelijke fundering met als resultaat een praktisch gericht boek met een wetenschappelijke achtergrond.

Vanuit een algemene anatomische en fysiologische basis is toegewerkt naar de toepassing van specifieke trainingsmiddelen gericht op de verbetering van loopprestaties in de breedste zin van het woord. Het heeft betrekking op loopprestaties geleverd door recreatie- en toplopers, patiënten van fysiotherapeuten, spelsporters en schoolgaande jeugd. De looptrainers, fysiotherapeuten en leraren lichamelijke opvoeding kunnen met de aangeboden informatie een beter inzicht verkrijgen in de op het oog eenvoudige loopbeweging. Bovendien geeft dit boek tal van mogelijkheden om de loopprestaties van de specifieke doelgroep adequaat te beïnvloeden.

Bij de hoofdstukindeling is zo veel mogelijk rekening gehouden met het interessegebied en kennisniveau van de lezers. Bij een hoog kennisniveau van anatomie en inspanningsfysiologie kan men hoofdstuk 1 en 2 overslaan die in dat geval fungeren als naslagwerk. Wanneer de interesse vooral uitgaat naar de praktische invulling van onderdelen van een looptraining wordt verwezen naar de hoofdstukken 4, 5 en 6. Daarbij dient te worden opgemerkt dat de verantwoording van veel van de gekozen oefenvormen voortkomt uit het gedefinieerde model van de loopbeweging zoals dat is besproken in hoofdstuk 3.

In hoofdstuk 1 wordt een aantal voor de loopbeweging belangrijke anatomische en biomechanische basisprincipes behandeld. Deze basisgegevens vormen samen met meer algemene anatomie en biomechanica de bouwstenen waarmee het model van de loopbeweging wordt opgebouwd. In paragraaf 1.7 is in deze tweede druk nadrukkelijker aandacht besteed aan de besturing van de motoriek.

De inspanningsfysiologische processen die bij het lopen een belangrijke rol spelen komen in hoofdstuk 2 aan de orde. De aandacht gaat hier onder meer uit naar energieleverantieprocessen en de functie van het cardiorespiratoire systeem.

In hoofdstuk 3 wordt een model voor de loopbeweging beschreven. Ook al worden zo veel mogelijk relevante anatomische, biomechanische en fysiologische gegevens in de beschrijving van de loopbeweging ingebouwd, toch blijft er sprake van een model en niet van een vaststaand en bewezen systeem. Het is de vraag of de wetenschap ooit in staat zal zijn de opbouw van de totale loopbeweging volledig met bewezen feiten te documenteren.

De beschrijving concentreert zich vooral op het lopen op hoge en constante snelheid. De rol van de reactiviteit, het vermijden van storende rotaties en de bewegingen

in zweef- en standfase worden uitvoerig beschreven in woord en beeld. In deze tweede druk is het lopen op hoge snelheid verder uitgewerkt in het model van positief lopen.

De algemene trainingsprincipes komen in hoofdstuk 4 aan de orde. Uitvoerig wordt hier aandacht besteed aan de adaptatie ten gevolge van training. Ten slotte worden hieruit de toe te passen trainingsmethoden en -middelen afgeleid.

Hoofdstuk 5 behandelt de scholing van de looptechniek. In dit hoofdstuk wordt de relatie gelegd tussen conditie, sensoriek en coördinatie. De principes van overload, specificiteit en trainingstransfer met betrekking tot de scholing van techniek worden uitgelegd. In deze tweede druk zijn deze principes verder uitgewerkt in het perspectief van twee theorieën op het gebied van motorisch leren. De oefenstof voor de techniekscholing is gericht op de basiselementen van de looptechniek, de totale loopbeweging alsmede start en acceleratie. In deze tweede druk met bijgevoegde dvd *Hardlopen, de BK-methode* is de indeling van de oefenstof overeenkomstig de indeling op de dvd gemaakt.

In hoofdstuk 6 ten slotte komen kracht en krachttraining aan de orde. De verschijningsvormen van kracht worden beschreven en geanalyseerd naar toepasbaarheid binnen het trainingsproces. Daarnaast wordt de adaptatie ten gevolge van krachttraining besproken, waarbij de relatie tussen kracht en coördinatie sterk wordt benadrukt.

In het tweede deel van hoofdstuk 6 wordt een relatie gelegd tussen de verschillende spieren en spiergroepen die gespecialiseerd zijn in een bepaald soort arbeid en soorten krachttraining waarbij wordt gebruikgemaakt van die specialisatie. Vervolgens wordt de meest geschikte krachttraining voor de belangrijkste spiergroepen besproken, zowel wat betreft het achterliggende principe als de oefenstof zelf. De vaste patronen waarin individuele spieren samenwerken voor de krachttraining worden ingevuld en ten slotte worden krachttrainingsvormen behandeld die aan het lopen verwant zijn. In deze tweede druk is met name deze laatste categorie oefenstof verder uitgewerkt aan de hand van een analyse van de optredende adaptaties.

Frans Bosch en Ronald Klomp
zomer 2008

I

Anatomie van het bewegingsapparaat en basisprincipes van bewegen

I.1 COÖRDINATIE EN LOPEN

I.1.1 Mechanica of biomechanica

Zonder hulpmiddelen kan de mechanica van het lopen alleen aan de buitenkant worden bestudeerd. Men ziet dan in eerste instantie het op en neer bewegen van deelsegmenten van het lichaam. Men kan zo'n deelelement als een eenheid met een bepaalde onveranderlijke massa opvatten en de bewegingen ervan in kaart brengen. Het bovenbeen bijvoorbeeld pendelt op en neer en versnelt en vertraagt. Met behulp van video kan men de veranderende hoeksnelheid in het heupgewricht tijdens de loopbeweging vastleggen. Uit deze waarneming kan men al een aantal conclusies trekken omtrent de hoeveelheid energie die nodig is voor het op en neer bewegen van de benen. Moeilijker wordt het al om te zien welke spieren die benodigde energie leveren. Bij sommige oppervlakkig verlopende spieren is duidelijk te zien wanneer ze aanspannen, maar bij andere (dieper gelegen) spieren is aan de buitenkant geen activiteit waarneembaar. Voor het goed in kaart brengen hiervan zijn technische hulpmiddelen zoals EMG-onderzoek nodig. Het maken van een elektromyogram (EMG) van oppervlakkige spieren is relatief gemakkelijk. Een EMG van bijvoorbeeld de m. iliopsoas is daarentegen heel moeilijk of onmogelijk. Wil men nog nauwkeurigere informatie hebben over de werking van een bepaald spiersysteem (bijvoorbeeld hoe lengteverandering in de voorrefase per spier verdeeld is over verlenging van passieve en verlenging van contractiele spierdelen), dan dienen laboratoriumopstellingen te worden gemaakt waarbij spieren uit het lichaam worden genomen en geïsoleerd bestudeerd. Hoe meer men echter via dergelijke ingrepen doordringt in de spierweefselmateriaal des te verder raakt men verwijderd van het functionele bewegen. Men kan uiterst nauwkeurige observaties doen (bijvoorbeeld ten aanzien van geïsoleerde spiervezels) zonder dat daarbij nog zinvolle conclusies kunnen worden getrokken over de werking in de sportbeweging.

In de techniekbeschrijving van het lopen wordt te vaak alleen maar uitgegaan van hetgeen men aan de buitenkant ziet. EMG's en beproefde modellen van spierwerking worden buiten beschouwing gelaten. De analyse van het lopen is dan volledig geënt op het op en neer bewegen van deelsegmenten. Dergelijke analyses lopen niet pas spaak in kleine details, maar zorgen al voor missers op essentiële punten. Bij het lopen op snelheid is het einde van de steunfase altijd gezien als een zeer belangrijk moment voor de voortstuwing. Amerikaanse sprinters die op snelheid hun bovenlichaam rechtop hielden, of zelfs licht achterover hielden en hun pas niet afstrekten, werden als technisch zwak beoordeeld. De mechanica geeft daartoe in eerste instantie ook aanleiding omdat de richting van de stuwing op het einde van de steunfase bijzonder gunstig is. Het einde van de stuwfase lijkt dan ook zeer geschikt om veel kracht te zetten. Uit het EMG van de hamstrings, een spiergroep die de stuwkracht een gunstige richting kan geven (zie paragraaf 1.6.1), kan echter worden afgeleid dat

de hamstrings op dat moment al niet meer werken. Er zijn blijkbaar nog andere factoren in het spel die bepalen of het einde van de steunfase een gunstig moment is in de voortstuwing. Veel van die factoren liggen in het lichaam ‘verborgen’. Een van die beïnvloedende factoren is bijvoorbeeld de minder gunstige machtsarm van de hamstrings op het einde van de stuwfase ten opzichte van het heupgewricht.

De mechanica van het lopen wordt dus voor een belangrijk deel bepaald door factoren die aan de buitenkant niet zichtbaar zijn. Begrip van effectieve looptechniek gaat dan ook samen met kennis van processen in het lichaam. Kennis van de machtsarmen van een spier ten opzichte van het te bewegen gewricht en ook de manier waarop die machtsarm kan veranderen. Kennis van opslag van energie en het retourneren van die energie in voortstuwing, waaruit meer dan de helft van de totaal benodigde energie afkomstig is. Kennis over hoe de ene spiergroep in het bewegen de andere spiergroep met een excentrisch moment belast. Hoe de rugspieren bijvoorbeeld door het bekken voorover te kantelen een excentrisch moment uitoefenen op de hamstrings, die daardoor beter reactief kunnen werken (de hefboomwerking van het bekken). Zo zijn er veel mechanismen die zich verborgen in het lichaam afspelen en van beslissende invloed zijn op het bewegen. Het voorvoegsel bio bij biomechanica is daarom van essentieel belang voor een goed begrip van looptechniek. Van het totale patroon zoals dat bij het lopen werkt, zijn nog veel aspecten onbekend. Het lopen is door de evolutie energetisch efficiënt vormgegeven. De prijs die daarvoor wordt betaald, is de complexiteit van het gehele mechanische patroon bij het lopen. Ten gevolge van die efficiëntie is het lopen een ingewikkelder bewegingsvorm dan bewegingsvormen die minder dicht bij de natuur van de mens liggen en daardoor moeilijker te leren zijn dan het lopen (bijvoorbeeld een flikflak maken, schaatsen, zwemmen). Techniekopvattingen van het lopen zijn daardoor eigenlijk meer modellen voor het bewegen dan daadwerkelijk gemeten patronen. Het ontrafelen van de geheimen van de looptechniek zal dan ook moeilijker zijn dan van minder natuurlijke bewegingsvormen.

1.2 BOUW EN BEWEGINGSMOGELIJKHEDEN VAN GEWRICHTEN

De bewegingsuitslag die in een gewricht kan optreden, is voor een belangrijk deel afhankelijk van de mogelijkheden die de bouw van het gewricht in de verschillende bewegingsrichtingen toelaat. Naast beperkingen door de bouw van het gewricht kan ook het lengtebereik van spieren een beperking zijn voor de bewegingsvrijheid. Bij functionele bewegingen zijn de bewegingsuitslagen in de verschillende gewrichten nauwkeurig op elkaar afgestemd. Een analyse van wat er tijdens het lopen in een gewricht plaatsvindt, is dan ook alleen zinvol wanneer men die beweging ziet in samenhang met bewegingen in andere gewrichten. De bewegingen in alle gewrichten worden geïntegreerd in de beschrijving van de looptechniek.

1.2.1 Heup, rug en bekken

Het heupgewricht is een functioneel kogelgewricht dat zes bewegingsvrijheden kent: anteflexie (maximaal 120° mogelijk), retroflexie (maximaal 13°), adductie (maximaal 20°), abductie (maximaal 40-60°), endorotatie (maximaal 13-40°) en exorotatie (maximaal 36-60°). De bewegingsvrijheid voor abductie, endorotatie en exorotatie is bij een gebogen heup groter dan bij een gestrekte heup. Bij een gestrekte heup wordt uitgegaan van een stand van het femur waarbij de as van het kniegewricht in het

frontale vlak ligt. Het femur is een getordeerd botstuk. De kop van het femur staat in deze uitgangsstand naar voren gekeerd en maakt een hoek van gemiddeld 12° met het frontale vlak. In deze stand zijn de bewegingsvrijheden exorotatie (36°), endorotatie (13°) en abductie (40°) kleiner. In anteflexiestand is er een grotere bewegingsuitslag in de bedoelde richtingen mogelijk. Voor ab- en adductie ligt het optimum bij 60° , voor endo- en exorotatie bij 90° .

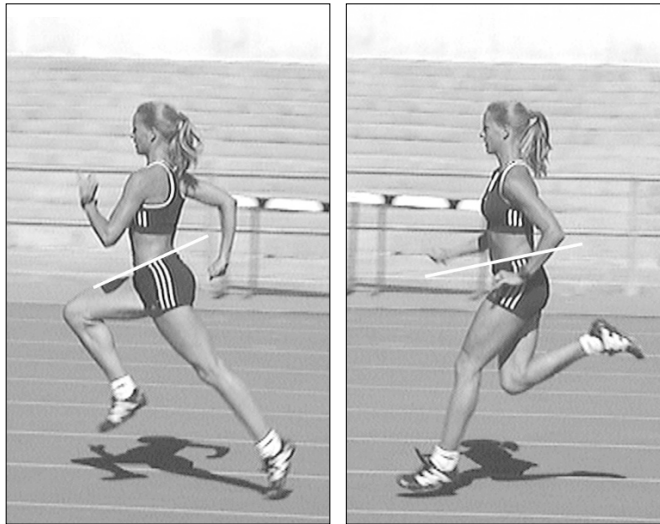
Tijdens de eerste passen bij een sprintstart is de heup op het moment van voetplaatsing in een anteflexiestand van ongeveer 90° . Bij het verder doorversnellen is de heup op het moment van voetplaatsing minder ver gebogen en op snelheid is de anteflexie bij voetplaatsing nog maar gering. Tijdens de eerste passen na de start zetten sprinters de voeten naar buiten gedraaid neer (exorotatie en abductie in de heup samen met exorotatie in het onderbeen). Door de grotere bewegingsvrijheid van het heupgewricht in gebogen stand is dit goed mogelijk. Waarom ze dat doen is onbekend. De reden zou kunnen liggen in het feit dat bij de start in het laatste deel van de steunfase in heup en knie ver wordt doorgestrekt. Daarbij treedt een sterke endorotatie in de heup op. Door het been geëxoroteerd neer te zetten kan de uitslag van de endorotatie bij het afstrekken worden beperkt. De atleet hoeft dan niet tot aan de grens van de bewegingsvrijheid voor endorotatie (36°) te gaan. Ook is het mogelijk dat er door het standbeen uit te draaien meer kracht kan worden gezet om te accelereren. Wanneer de atleet eenmaal op snelheid is, kan de exorotatie in de heup achterwege blijven. De voet wijst dan in de steunfase in de looprichting. Er zijn overigens veel atleten die ook op snelheid de heup nog uitdraaien voordat de voet geplaatst wordt. Ook zijn er zelfs atleten, ook op wereldniveau (bijvoorbeeld Ato Boldon), die op snelheid het ene been plaatsen met de heup zonder extra exorotatie (met de voet recht vooruit), terwijl het andere been versterkt geëxoroteerd wordt neergezet (met de voet naar buiten gedraaid) (Rozendal 1996, Tittel 1990, Lohman 1977).

De bewegingsvrijheden van endorotatie, exorotatie en adductie zijn in de gestrekte stand zo gering omdat in die stand belangrijke en zeer sterke ligamenten aan de voorzijde van het heupgewricht een grotere bewegingsuitslag tegengaan (lig. iliofemorale, lig. pubofemorale, lig. ischiofemorale). Vooral de beperking van de retroflexie tot maar 13° heeft belangrijke consequenties voor het totale bewegingspatroon



Figuur 1.1 Bewegingsuitslagen tijdens de start
Tijdens de start zijn op het moment van de voetplaatsing (loper rechts) heup en knie gebogen. Hierdoor is er een grote bewegingsvrijheid in de gewrichten. De heup is in exorotatie- en abductiestand en het onderbeen is in exorotatiestand. De voet wordt uitgedraaid (eversie) neergezet. Op het eind van de steunfase (lopers midden en links) draaien heup en onderbeen vanuit de exorotatiestand weer terug naar de neutrale stand. De hiel wijst op het einde van de afzet recht naar achteren. Het merendeel van de atleten laat tijdens de start dit typische bewegingsverloop zien.

Figuur 1.2a-b Bekkenkanteling voorover
De ligamenten aan de voorzijde van het heupgewricht laten slechts een bewegingsuitslag toe van 13° retroflexie. Het bekken kantelt voorover zodat de bewegingsuitslag van de voet naar achteren wordt vergroot. Spieren die het bekken voorover kunnen kantelen zijn dan ook belangrijk bij het lopen.



tijdens het lopen. Dit betekent immers dat het naar achteren bewegen van het standbeen tot aan het moment van loskomen voor een deel door bekkenkanteling voorover tot stand komt. Bekkenkanteling zal in de techniektheorie over het lopen dan ook een belangrijke plaats moeten innemen (zie paragraaf 3.2.4).

Bij het lopen wordt gebruikgemaakt van alle bewegingsmogelijkheden die er in het heupgewricht zijn. In de steunfase treden endorotatie, abductie en retroflexie op, in de zwaai fase anteflexie, exorotatie en adductie.

De bewegingen van het heupgewricht kunnen ook worden vertaald naar bewegingen van het bekken. Immers bekkenkanteling voorover resulteert in een beweging in het heupgewricht die gelijk is aan de anteflexiebeweging van het bovenbeen. Achterover kantelen van het bekken correspondeert met retroflexie in het heupgewricht. Bij het staan op één been bewerkstelligt het naar voren brengen van de vrije heup endorotatie, het naar achteren brengen exorotatie, het naar boven brengen abductie en het naar onderen bewegen adductie in het heupgewricht. Of door een bewegingsuitslag in de heup het been of het bekken van stand verandert, hangt af van de situatie waarin de beweging wordt uitgevoerd. Het met voldoende kracht aanspannen van abductie gevende spieren resulteert bij een open keten (in de heup van het zwaai-been) in het zijwaarts tillen van het been, terwijl in een gesloten keten (in de heup van het standbeen) de vrije bekkenhelft omhoog zal bewegen. Voor een goed begrip van looptechniek is het belangrijk dat beide mogelijkheden van het effect van een bewegingsuitslag in het heupgewricht (bewegen van het been, bewegen van het bekken) in de analyses worden betrokken. In de methodiek van de techniektraining van het lopen is het zinvol de bewegingen in het heupgewricht zowel te benaderen vanuit de manier waarop het been beweegt (knievoering, snelle pendel enzovoort) als vanuit de manier waarop het bekken beweegt (gebruik van rugspieren, buikspieren, kleine gluteusspieren enzovoort).

Het bekken articuleert behalve met het bovenbeen ook met de wervelkolom en wel via het sacro-iliacale (SI-)gewricht. Over de precieze functie van het SI-gewricht is nog veel onbekend. De bewegingsmogelijkheid in dit gewricht is maar zeer beperkt ($2-4^\circ$ rotatie). Het SI-gewricht heeft ondanks de beperkte bewegingsvrijheid toch een belangrijke functie. Omdat het bekken een hefboom is met grote momentsarmen