

A.T.M. Bernards

Relaties tussen belasting en belastbaarheid

Waarom geeft een cervicale arthrose bij de een pijn en functiestoornissen en heeft de ander er geen last van? Hoe bestaat het dat bij dezelfde persoon na een adequate behandeling pijn en functiestoornissen verdwenen zijn maar de arthrose niet?

Hoe komt het dat de een na een middagje tennissen alleen wat spierpijn heeft die binnen twee à drie dagen verdwenen is en bij een ander dezelfde belasting leidt tot het ontstaan van een epicondylitis lateralis humeri? Waarom geneest de een binnen twee weken van een laterale enkelbandlaesie en ontwikkelt zich bij de ander een beeld van dystrofie?

In de dagelijkse praktijk van de fysiotherapeut wordt veel tijd en aandacht besteed aan het begeleiden en behandelen van patiënten met pijn en functiestoornissen van het houdings- en bewegingsapparaat. Vaak is hierbij sprake van een verstoorde relatie tussen belasting en belastbaarheid. Op deze plaats in *ISSUE* zal A.T.M. Bernards, sinds 1 september 1988 werkzaam bij SWSF als wetenschappelijk medewerker op de afdeling Deskundigheidsbevordering, ingaan op factoren en omstandigheden die deze relatie beïnvloeden en op de mogelijke consequenties hiervan voor het fysiotherapeutisch handelen.

Een groot deel van de klachten van patiënten over pijn en functiestoornissen van het houdings- en bewegingsapparaat waarmee de fysiotherapeut in de dagelijkse praktijk wordt geconfronteerd, is het gevolg van een verstoorde relatie tussen belasting en belastbaarheid. Een belangrijke eigenschap van levende organismen is het vermogen om zich binnen grenzen aan te passen aan veranderende en veranderende omstandigheden. Kennis van en inzicht in deze processen van aanpassing zijn onontbeerlijk voor de fysiotherapeut. Het is immers met name de fysiotherapeut die zich bezighoudt met het optimaliseren van de omstandigheden voor functieherstel. Als begeleider van deze processen helpt zij/hij de patiënt door middel van voorlichting, uitleg, adviezen, oefeningen en belastingbeperkende maatregelen het niveau van belastbaarheid geleidelijk weer op te voeren tot een niveau dat binnen de mogelijkheden optimaal is. Het is daarom belangrijk dat de fysiotherapeut inzicht heeft in herstelmechanismen, en dat hij kennis heeft van de factoren en omstandigheden die de aanpassingsmechanismen

negatief of positief beïnvloeden. Hierdoor is de fysiotherapeut in staat om inzicht te krijgen in het ontstaan van klachten en functiestoornissen en een strategie te ontwikkelen om optimaal herstel te bereiken.

In deze bijdrage zal worden aangegeven op welke wijze de omstandigheden waaronder lokale herstelprogramma's zich afspelen invloed kunnen uitoefenen op de snelheid en doelmatigheid van deze herstelprogramma's.

Lokale aanpassing aan belasting: belastbaarheid

Alvorens verder te gaan, is het goed om het begrip belastbaarheid te omschrijven. Belastbaarheid is een conditie waarbij zowel de morfologische structuur als de snelheid en doelmatigheid van aanpassingsmechanismen zijn afgestemd op het gemiddelde niveau van belasting. Indien we ons tot het houdings- en bewegingsapparaat beperken, betekent dit dat de morfologische structuur en fysiologische aanpassingsmechanismen van spieren en gewrichtskapsels en banden zijn aangepast aan het gemiddelde niveau van fysieke belasting: spierkracht, uithoudingsvermogen, trekvastheid van bindweefsel, de mineralisatie van bot, etc., zijn aangepast aan het gemiddelde niveau van activiteit. Van deze eigenschap wordt onder andere gebruik gemaakt bij training. Door het gemiddelde niveau van belasting te laten toenemen, zien we de belastbaarheid toenemen: spieren worden sterker, de trekvastheid van gewrichtskapsels en banden wordt groter, de belastbaarheid van het cardio-respiratoir systeem neemt toe, etc. Neeft het gemiddelde niveau van belasting af, dan neemt geleidelijk ook het niveau van de belastbaarheid af. Tot zover zal dit verhaal ieder bekend in de oren klinken. Het lijkt vanzelfsprekend dat ons lichaam zich geleidelijk aanpast aan veranderingen in de belasting.

Bij elk gebruik dat qua intensiteit of qua duur hoger ligt dan het gemiddelde niveau van belasting ontstaan gebruiksbeschadigingen of microtraumata. De ernst van deze beschadigingen neemt toe naarmate de grens van de belastbaarheid sterker wordt overschreden. Zolang de integriteit van de organen niet wordt aangetast roepen deze gebruiksbeschadigingen lokale ontstekingsreacties op, die in wezen deel uitmaken van de lokale herstelprogramma's. Deze programma's zijn zó krachtig, dat ze de belastbaarheid niet alleen op het oude peil brengen, maar zelfs op een hoger niveau kunnen

brengen. De persoon in kwestie wordt sterker en beter bestand tegen de toegenomen belasting. Mogelijk realiseert men zich onvoldoende dat de snelheid en effectiviteit van deze herstelprogramma's ook kunnen toenemen. Bij een topsporter, bijvoorbeeld, zal niet alleen de mechanische belastbaarheid van zijn houdings- en bewegingsapparaat zijn toegenomen, ook de snelheid en effectiviteit waarmee hij herstelt van gedane arbeid zal groter zijn. Voorwaarde hiervoor is wel dat de omstandigheden waaronder deze herstelprogramma's zich moeten voltrekken optimaal zijn. Het is derhalve van belang ons te realiseren dat de oorzaak van klachten en functiestoornissen van het houdings- en bewegingsapparaat niet alleen kan liggen in overbelasting of acute verstoringen in het voor deze patiënt normale houdings- en bewegingsgedrag, maar dat vermindering van de effectiviteit van herstelmechanismen het gemiddelde niveau van belastbaarheid doet afnemen, waardoor een normale belasting toch als relatieve overbelasting kan worden aangemerkt.

Het vegetatieve klimaat; ergotrope en trofotrope functies

Ieder orgaan beschikt over lokale aanpassingsmechanismen om zich aan veranderingen in gevraagde functie te kunnen aanpassen. Indien een spier contraheert zal automatisch door lokale regulatiemechanismen de doorbloeding worden aangepast. Indien door een massale vergroting van het vaatbed in het totale houdings- en bewegingsapparaat de bloeddruk zou gaan dalen, worden vegetatieve regelsystemen ingeschakeld om dit door een herverdeling van bloed over de verschillende organen te voorkomen. Na een uitgebreide maaltijd kun je goed een wandeling maken. Bij dat niveau van inspanning is er voldoende bloed beschikbaar voor zowel het maag-darmkanaal als het houdings- en bewegingsapparaat. Bij verder opvoeren van het niveau van inspanning moeten centrale regelmechanismen ingeschakeld worden anders komt het houdings- en bewegingsapparaat óf het maag-darmkanaal óf het centrale zenuwstelsel te kort. Kramp, misselijkheid of duizeligheid kunnen hiervan het gevolg zijn. Het inschakelen van vegetatieve regelsystemen heeft als doel het milieu interieur, de omgeving van de individuele cellen, constant te houden, zodat het functioneren van deze cellen

onder extreme omstandigheden gewaarborgd blijft.

Ook bij weefselbeschadiging komen lokale aanpassingsmechanismen op gang. Een ontsteking is een lokale reactie van weefsel op een beschadiging, met als doel de schade te herstellen. De effectiviteit van dit lokale herstelmechanisme wordt mede bepaald door het vegetatieve klimaat, de toestand van het milieu interieur ter plaatse. Dit klimaat wordt geschapen door de hypothalamus, een kerncomplex in het diencephalon. Hier wordt het milieu interieur afgestemd op de taken en functies die het organisme zichzelf oplegt. Binnen de vegetatieve regelsystemen kan men onderscheid maken in ergotrope en trofotrope systemen. *Ergotrope* systemen zorgen ervoor dat binnen het milieu interieur een optimaal klimaat heerst voor het verrichten van arbeid en dat alle processen die bij het verrichten van arbeid nodig zijn, worden geoptimaliseerd. *Trofotrope* systemen scheppen een optimaal klimaat voor de bij groei en hersel betrokken processen. Tijdens fysieke arbeid zijn vooral ergotrope systemen actief. In het lichaam wordt het functioneren aangepast aan het leveren van arbeid en worden alle processen die deze arbeid ondersteunen geoptimaliseerd. Ademhaling en circulatie passen zich aan, er vindt een mobilisering van glucose plaats, zodat arbeidleverende weefsels, bijvoorbeeld spieren, optimaal kunnen functioneren door een gegarandeerde aanvoer van zuurstof en glucose en een afvoer van afvalstoffen. Tijdens rust zal de activiteit in de ergotrope systemen afnemen en in de trofotrope systemen toenemen, waardoor gezorgd wordt voor herstel van weefsel om opnieuw arbeid te kunnen leveren.

Ergotrope en trofotrope tuning

De ergotrope en trofotrope beïnvloeding van het milieu interieur wordt bewerkstelligd door activiteit van zowel het hormonale stelsel als het vegetatieve zenuwstelsel. In dit verband spreekt men ook wel van tuning, instelling of afstelling. Ergotrope tuning komt vooral tot stand door activiteit van het orthosympathisch zenuwstelsel en het ergotrope deel van het hormonale stelsel. Dit laatste betreft vooral de stimulering van de bijnierschors. Hierbij wordt onder invloed van het door de hypofyse gemaakte bijnierschors-stimulerend hormoon (ACTH) door de bijnierschors het hormoon cortisol afgescheiden. Dit hormoon cortisol, ook wel stress-hormoon genoemd, bevordert de aanmaak van glucose uit eiwitten, de gluconeogenese, waardoor er voldoende aanbod van brandstof blijft bestaan voor de arbeidleverende weefsels. Tegelijkertijd stelt cortisol door het remmen van de lokale ontstekingsreacties, de verschillende arbeidleverende weefsels langer in staat om de hoge mate van activiteit vol te houden.

Naast de directe stimulering van katabole functies tijdens de ergotrope tuning vindt er tegelijkertijd een inhibitie plaats van de trofotrope anabole functies, zowel in de hypothalamus als in de rest van het lichaam. Weefsels, organen en orgaansystemen die voornamelijk anabole functies hebben worden tijdens ergotrope tuning door de activiteit binnen het orthosympathisch zenuwstelsel in hun functioneren geremd. Groei- en herstelmechanismen worden lokaal vooral door cortisol geremd. Voor de spier betekent dit laatste naast de bovengenoemde ontstekingsremming een remming van de opname van aminozuren en op de lange duur een vermindering van de hoeveelheid contractiele eiwitten. Tijdens trofotrope tuning worden de ergotrope centra in de hypothalamus geïnhibeerd. Hierdoor daalt de activiteit binnen het orthosympathisch zenuwstelsel en valt de eventuele perifere inhibitie van anabole systemen weg. Tegelijkertijd neemt de activiteit in het parasympathisch zenuwstelsel toe waardoor anabole functies direct worden geactiveerd. Binnen het hormonale stelsel verschuift de activiteit van ergotrope naar trofotrope anabole hormoonsystemen. De bloedspiegel van cortisol daalt en er komt een stijging in de concentraties van het groeihormoon afgescheiden door de hypofyse én een stijging in de concentraties van anabole steroïden, geproduceerd door de bijnierschors. Door de vermindering van de invloed van cortisol en het orthosympathisch zenuwstelsel en door de toename van de invloed van trofotrope hormonen kunnen groei en herstel nu optimaal plaatsvinden. Door de activiteit binnen het parasympathisch zenuwstelsel vindt er een continue aanmaak en blijvende aanvoer plaats van bouwstoffen, zoals aminozuren voor de aanmaak van eiwitten.

Gerichtheid binnen het centrale zenuwstelsel

Zoals eerder vermeld wordt de mate van activiteit binnen vegetatieve regelsystemen bepaald door de taken die het organisme zich stelt. De tuning door de hypothalamus hangt sterk af van de gerichtheid van de activiteit binnen het zenuwstelsel. Deze gerichtheid wordt deels bepaald door interne en externe stimuli en deels door de wijze van aanpassing van het zenuwstelsel aan deze stimuli. Niet alle prikkels die worden ontvangen krijgen als het ware de aandacht en zijn in staat de gerichtheid van het zenuwstelsel te veranderen. Een van de belangrijkste eigenschappen van het zenuwstelsel is het anticiperen. Zolang het gebeuren globaal voldoet aan de verwachtingen en voorspellingen, zal er niets in de gerichtheid en vorm van de activiteit van het zenuwstelsel veranderen. Pas op het moment dat er informatie binnenkomt die niet voldoet aan de verwachtingen en voorspellingen

wordt het zenuwstelsel gedwongen zich opnieuw te oriënteren en zich op deze nieuwe situatie in te stellen. Globaal kunnen binnen de activiteit van het zenuwstelsel twee verschillende fasen onderscheiden, te weten de oriëntatie- of alarmfase en de afweer- of aanpassingsfase.

De oriëntatie- of alarmfase

Deze fase kenmerkt zich door een niet-selectieve toename van de activiteit in het gehele zenuwstelsel. Deze activiteitstoename, ook wel arousal of oriëntatie-reactie genoemd, heeft een tweeledig doel. Enerzijds zal door de toename van de activiteit in alle systemen die betrokken zijn bij het waarnemen, analyseren en evalueren van de situatie gepoogd worden zo snel mogelijk een analyse en evaluatie van de huidige situatie te verkrijgen, om datgene wat niet voorspeld was op zijn waarde te schatten. Anderzijds worden allerlei afweer- en aanpassingsmechanismen in paraatheid gebracht doordat alle delen van het zenuwstelsel die direct of indirect betrokken zijn bij het programmeren en uitvoeren van aanpassingsmechanismen, worden geactiveerd. Het zenuwstelsel loopt op deze wijze vooruit op de conclusies van de stimulus-evaluatie. Een mooi voorbeeld hiervan is een schrikreactie, waarbij binnen een fractie van een seconde alle activiteiten waarmee het zenuwstelsel bezig was stil worden gelegd. Het individu wordt één waarnemend geheel en staat tegelijkertijd klaar om onmiddellijk tot actie over te gaan indien de stimulus-evaluatie daar aanleiding toe zou geven. Dat klaar staan van het individu om in actie te komen wordt zowel mogelijk gemaakt door het op scherp stellen van alle animale reflexen als door een activering van vegetatieve regelcentra (bijvoorbeeld ademhaling en circulatie). Deze fase wordt beëindigd op het moment dat het zenuwstelsel kiest voor één afweer- of aanpassingsreactie.

De afweer- of aanpassingsfase

Wanneer gekozen wordt voor één aanpassingsreactie verdwijnt de arousal. De activiteit in het zenuwstelsel blijft alleen verhoogd in die delen die direct of indirect betrokken zijn bij de aanpassing. Deze fase kenmerkt zich door een grote mate van selectiviteit. Het zenuwstelsel werkt op dat moment zeer doelgericht en inhibeert alle niet relevant geachte activiteit. De waarneming wordt selectief en alle acties zijn doelgericht. Een mooi voorbeeld van deze selectiviteit zien we bij een langeafstandloper. Op een gegeven moment zal er door de extreme belasting een informatiestroom vanuit de arbeidleverende weefsels op gang komen die aangeeft dat er kleine weefselbeschadigingen zijn ontstaan (het bekende doede punt). Deze nocisensorische informatie wordt op haar relevantie beoordeeld. Indien het individu kiest om ondanks deze bood-

schap door te lopen, dan wordt deze informatie voorlopig als niet relevant beschouwd en selectief door endogene inhibitiesystemen geblokkeerd. De waarneming van pijn verdwijnt en er ontstaat, geassocieerd met het vrijkomen van endogene opiaten (de endorfines en enkephalines), een gevoel van onbegrensde mogelijkheden. Indien het zenuwstelsel er door middel van de gekozen aanpassing niet in slaagt een adequaat antwoord te geven op de stimulus of wanneer bij langdurig aanhoudende stimuli de aanpassingsmechanismen uitgeput raken komt het organisme opnieuw in een alarmfase. Er kan dan gezocht worden naar een andere vorm van aanpassing.

Gerichtheidsafhankelijke vegetatieve tuning

Tijdens de oriëntatie- of alarmfase is er vooral activiteit in het achterste deel van de hypothalamus van waaruit het lichaam ergotroop wordt afgesteld. Het orthosympathisch zenuwstelsel wordt tijdens de arousal betrokken bij het verbeteren van het waarnemen, analyseren en evalueren en bij het in paraatheid brengen van allerlei afweersystemen. Alle subsystemen binnen het orthosympathisch zenuwstelsel werken op volle toeren. Naast deze neurale tuning van de weefsels vindt er ook een hormonale tuning plaats. Dit gebeurt doordat als gevolg van de toegenomen activiteit binnen het orthosympathisch zenuwstelsel het bijniemerg wordt aangezet tot de afgifte van het hormoon adrenaline aan de circulatie. Via deze weg worden alle weefsels ergotroop afgestemd. Iets trager komt de hormonale ergotrope afstemming van het milieu interieur op gang door de afgifte van cortisol door de bijnierschors onder invloed van het bijnierschors-stimulerend hormoon (ACTH). Met nadruk moet op deze plaats vermeld worden dat tijdens deze fase nauwelijks enige selectiviteit bestaat in de activiteit van het zenuwstelsel en dat binnen de vegetatieve regelcentra die geactiveerd worden, ook geen enkele vorm van gerichte activiteit bestaat. Zo zien we na een heftige schrikreactie dat tegelijkertijd de ademfrequentie, de bloeddruk en hartfrequentie toenemen en dat er een toegenomen zweetsecretie, een kippeelreactie en een pupilverwijding kan optreden enz. Al deze uitingen zijn een gevolg van een niet-selectieve toename van de activiteit binnen allerlei orthosympathische subsystemen. Als de afweer- of aanpassingsfase begint, dan ontstaat binnen de activiteit van vegetatieve regelcentra een grote mate van selectiviteit. Alleen die regelcentra blijven actief, die betrokken zijn bij de aanpassing. Het hangt in dit geval af van de keuze van het zenuwstelsel welke systemen actief zullen zijn. Kiest het individu bijvoorbeeld na de genoemde schrikreactie voor wegvluchten, dan zal dat deel van de hypothalamus actief blijven van waaruit ergotrope reacties worden gestimuleerd zolang de vluchtreactie voortduurt. Het belangrijke

verschil met de alarmfase is nu dat ook binnen de vegetatieve functies een grote mate van selectiviteit bestaat. Alleen die delen van het zenuwstelsel zijn actief die direct betrokken zijn bij de aanpassing waarvoor gekozen is (i.c. de vluchtreactie). Na het beëindigen van een doelgerichte activiteit verdwijnt de selectiviteit in de activiteit van het zenuwstelsel en wordt opnieuw de balans opgemaakt. In het voorbeeld van de lange-afstandloper zien we dat indien de inhibitie van de nocisensorische informatiestroom wegvalt deze informatie vraagt om een heroriëntatie. Er ontstaat een aanpassing aan deze nieuwe situatie door middel van gerichtheid op herstelmechanismen; het zenuwstelsel wordt trofotroop ingesteld. Aldus ontstaat wederom selectiviteit en doelgerichtheid in de wijze van functioneren binnen het zenuwstelsel. Zolang de activiteit van de hypothalamus is afgestemd op ergotrope tuning is heel het vegetatieve zenuwstelsel en het hormonale stelsel ingesteld op actie-ondersteuning. Het metabolisme is voornamelijk katabool. Tijdens deze ergotrope situatie is er weinig tijd en energie voor het organisme om de weefsels kwalitatief op peil te houden. Indien deze situatie lang blijft bestaan raakt het totale organisme uitgeput en wordt de kwetsbaarheid van de weefsels groter. De belastbaarheid van de weefsels neemt af en de zwakste of meeste belaste schakel breekt het eerst.

Consequenties

Het volgende voorbeeld zal mogelijk de consequenties van dit alles duidelijk maken. Stelt u zich een atleet voor die zich voorbereidt op een belangrijke wedstrijd. Deze atleet traint volgens een bepaald schema waarbij naast perioden van belasting ook perioden van rust voor herstel zijn ingebouwd. Naast ergotrope perioden zijn er dus ook duidelijke trofotrope perioden. Indien deze atleet faalangst heeft zal deze angst er toe kunnen leiden dat naar gelang het tijdstip van de belangrijke wedstrijd nadert, het zenuwstelsel zich meer en meer in een alarmfase gaat bevinden. De twijfel of de atleet in staat is een optimale prestatie te leveren vormt voor hem de prikkel tot het in gang zetten van een ergotrope situatie. Dit betekent dat de perioden van rust, die bedoeld zijn om de weefsels kwalitatief op peil te houden, nu niet meer optimaal gebruikt kunnen worden door de voortdurende ergotrope situatie. Alle herstelmechanismen werken langzamer en minder effectief. Er ontstaat een situatie van toegenomen kwetsbaarheid. De atleet wordt blessure-gevoelig. Zolang deze ergotrope afstelling of tuning aanwezig blijft, wordt de kans op normaal herstel tot het minimum verkleind.

Implicaties

Met het bovengenoemde in gedachten zal de vraag waarom iemand last krijgt van een

tenniselleboog wat genuanceerder kunnen worden bekeken. Is hier sprake van een echte overbelasting of van een relatieve overbelasting ten gevolge van een daling van de belastbaarheid. In het eerste geval kun je vertrouwen op normaal verloopende herstelprocessen terwijl in het tweede geval eerst de vraag waarom de belastbaarheid verlaagd is beantwoord moet worden. Kennelijk is de patiënt niet in staat om zijn weefsels kwalitatief op peil te houden, is hij niet in staat om te herstellen van normale gebruiksbeschadigingen. Inzicht in de factoren en omstandigheden die de herstelprocedure beïnvloeden is onontbeerlijk om de patiënt adequaat te kunnen behandelen en begeleiden. Zelfs als we er in eerste instantie van uitgaan dat er sprake zou zijn van overbelasting is inzicht in het normale verloop van herstelprocessen noodzakelijk om te kunnen beoordelen in hoeverre het herstel normaal of vertraagd verloopt en om te kunnen inschatten wat op dat moment het niveau van belastbaarheid is. Pas dan is het mogelijk om het therapeutisch handelen op adequate wijze aan dit niveau aan te passen. Twijfel, angst en onzekerheid bij de patiënt zijn factoren die het herstelproces in negatieve zin beïnvloeden. Uitleg over wat er aan de hand is, wat de patiënt kan verwachten tijdens het verloop van de behandeling en het waarom van de behandeling kunnen vaak helpen deze twijfel, angst en onzekerheid weg te nemen. Ook voor de sportwereld zijn deze inzichten bruikbaar. Veel in de sport gehanteerde trainingsprincipes zijn gebaseerd op het inzicht in de wijze waarop het lichaam zich aanpast aan veranderende belasting. De omstandigheden waaronder deze aanpassingen moeten plaatsvinden bepalen in grote mate de snelheid en effectiviteit hiervan. Waar nodig kan op basis van inzicht in de individuele omstandigheden van de sporter, het trainingsprogramma worden aangepast waardoor een blessuregevoeligheid en overtraindheid kan worden voorkomen. Het zal duidelijk zijn dat voor de behandeling van blessures en het voorkomen van recidieven deze inzichten richting geven aan het scheppen van voorwaarden om optimaal functieherstel mogelijk te maken.