

internationaal
OVERZICHT

PREVENTIE VAN DECUBITUS

druk, schuifkrachten, wrijfkrachten
en microklimaat in context



een consensusdocument

LEIDENDE REDACTEUR:
Lisa MacGregor

REDACTEUR, WOUNDS
INTERNATIONAL:
Suzie Calne

UITGEVER:
Kathy Day

PRODUCTIE:
Alison Pugh

GEDRUKT DOOR:
Printwells, VK

VERTALINGEN:
RWS Group, London, VK

GEPUBLICEERD DOOR:
Wounds International
Enterprise House
1-2 Hatfields
London SE1 9PG, VK
Tel: + 44 (0)20 7627 1510
Fax: +44 (0)20 7627 1570
info@woundsinternational.com
www.woundsinternational.com

© Wounds International 2010



Ondersteund door een
onbeperkte opleidingssubsidie
van KCI.



De hier weergegeven
zienswijzen zijn die van
de auteurs en zijn niet
noodzakelijkerwijs ook de
zienswijzen van KCI.

Citeren van dit document:

*Internationaal overzicht.
Preventie van decubitus: druk,
schuifkrachten, wrijfkrachten
en microklimaat in context. Een
consensusdocument. London:
Wounds International, 2010.*

DESKUNDIGENWERKGROEP

Mona Baharestani, Wondverzorgingsdeskundige/opleiding en onderzoek, James H Quillen Veterans Affairs Medical Center, Johnson City, Tennessee, USA; en Klinisch Hoogleraar, Quillen College of Medicine, East Tennessee State University, Johnson City, Tennessee, VS

Joyce Black, Universitair Hoofddocent, University of Nebraska Medical Center, College of Nursing, Omaha, Nebraska, VS

Keryln Carville, Universitair Hoofddocent thuisverpleging, Silver Chain Nursing Association & Curtin University of Technology, Osborne Park, Western Australia

Michael Clark, Independent Consultant, Cardiff, VK

Janet Cuddigan, Universitair Hoofddocent, Voorzitter, Adult Health and Illness Department, College of Nursing, University of Nebraska Medical Center, Omaha, Nebraska, VS

Carol Dealey, Senior Research Fellow, University Hospitals Birmingham NHS Foundation Trust and University of Birmingham, Queen Elizabeth Hospital, Birmingham, VK

Tom Defloor, Hoogleraar, eenheid Verplegingswetenschap, afdeling Public Health, Universiteit Gent, België

Amit Gefen, Universitair Hoofddocent, afdeling Biomedical Engineering, The Iby and Aladar Fleischman Faculty of Engineering, Tel Aviv University, Israël

Keith Harding, Hoogleraar revalidatiegeneeskunde (wondgenezing), Hoofd van de afdeling Dermatology and Wound Healing, Cardiff University, Cardiff, VK

Nils Lahmann, Universitair Hoofddocent, afdeling Nursing Science, Charité Universitätsmedizin Berlin, Berlin, Duitsland

Maarten Lubbers, Chirurg, afdeling Chirurgie, Academisch Medisch Centrum, Universiteit van Amsterdam, Nederland

Courtney Lyder, Decaan en Hoogleraar, School of Nursing, Assistant Director for Academic Nursing, Ronald Reagan UCLA Medical Center, University of California, Los Angeles, VS

Takehiko Ohura, Voorzitter, Pressure Ulcer and Wound Healing Research Center (Kojin-kai), Sapporo, Japan

Heather L Orsted, Directeur - CAWC Institute of Wound Management and Prevention and Clinical and Educational Consultant, Canadian Association of Wound Care, Calgary, Alberta, Canada

Vinoth K Ranganathan, Program Manager, afdeling Physical Medicine and Rehabilitation, Cleveland Clinic, Cleveland, Ohio, VS

Steven I Reger, Emeritus Directeur, Rehabilitation Technology, afdeling Physical Medicine and Rehabilitation, Cleveland Clinic, Cleveland, Ohio, VS

Marco Romanelli, Consultant Dermatoloog, Wound Research Unit, afdeling Dermatology, University of Pisa, Italië

Hiromi Sanada, Wond-, Stoma- en Continentieverpleegkundige, afdeling Gerontological Nursing/Wound Care Management, Graduate School of Medicine, University of Tokyo, Tokyo, Japan

Makoto Takahashi, Universitair Hoofddocent, Biomedical Systems Engineering, Bioengineering and Bioinformatics, Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University, Sapporo, Japan

ONTWIKKELINGS- EN CONSENSUSPROCES

De ontwikkeling van dit document bestaat uit een proces van tekstbeoordeling door de deskundigenwerkgroep en revisie door de auteurs. Dit resulteerde in consensus wat blijkt uit de aftekening door elk lid van de werkgroep en door elke auteur.

Druk, schuifkrachten, wrijfkrachten en microklimaat in context

HL Orsted, T Ohura, K Harding

Het algemene doel van klinische zorg is het herstellen of het handhaven van de gezondheid. Helaas kan soms iatrogen letsel optreden. Hoewel niet alle decubitusletsels iatrogen zijn, zijn de meeste te voorkomen. Decubitus is een van de meest frequent gerapporteerde iatrogene letsels in ontwikkelde landen. Ongeschikte verzorgingsmethoden, zoals gedurende een langere periode in een mogelijk schadelijke positie laten liggen van kwetsbare patiënten, of het masseren van reeds roodgekleurde delen van de huid, worden vaak nog lang in de praktijk gebracht nadat al is aangetoond dat deze methoden schadelijk of niet effectief zijn. Voorlichting is van essentieel belang om ervoor te zorgen dat alle leden van een klinisch team volgens de beste beschikbare methoden samenwerken bij het voorkomen en behandelen van decubitus.

In de meest recente definitie van decubitus, die is vastgesteld door internationale samenwerking tussen de National Pressure Ulcer Advisory Panel (NPUAP) en de European Pressure Ulcer Advisory Panel (EPUAP), wordt het huidige inzicht in de rol van extrinsieke factoren bij het ontwikkelen van decubitus benadrukt^{1,2} (Kader 1). Druk, die vaak gerelateerd is aan verminderde mobiliteit, werd lange tijd gezien als de belangrijkste extrinsieke factor bij de ontwikkeling van een drukulcer. Uit recent en doorlopend onderzoek blijkt echter dat schuifkrachten, wrijfkrachten en microklimaat ook een belangrijke rol spelen, en dat tussen alle extrinsieke factoren belangrijke en complexe relaties bestaan. Zo zijn druk en schuifkrachten bijvoorbeeld nauw met elkaar verbonden, spelen wrijfkrachten een rol bij de ontwikkeling van de schuifkrachten en beïnvloedt het microklimaat de vatbaarheid van de huid en de weke delen voor de effecten van druk, schuif- en wrijfkrachten.

De concepten die een rol spelen bij het begrijpen van de effecten van druk, schuifkrachten, wrijfkrachten en microklimaat en hun synergistische werking bij de vorming van decubitus zijn complex. Daarom heeft de deskundigenwerkgroep die betrokken is bij het uitbrengen van *Pressure ulcer prevention: prevalence and incidence in context*³ een nieuw document voorgesteld om bij te dragen aan het inzicht in deze extrinsieke factoren. Hoewel druk, schuifkrachten, wrijfkrachten en microklimaat onontkoombaar onderling met elkaar verbonden zijn, heeft de deskundigenwerkgroep besloten dat dit nieuwe

project zich op elke extrinsieke factor apart richt met als doel het creëren van inzicht in de hierbij betrokken fysica. Dit inzicht stelt artsen in staat de ontwikkelingen in het veld beter te begrijpen en, wat nog belangrijker is, het onderbouwt een effectieve en consistente implementatie van preventieprotocollen voor decubitus.

De drie artikelen – *Druk in context*, *Schuifkrachten en wrijfkrachten in context*, en *Microklimaat in context* – zijn op vergelijkbare wijze opgezet. Begonnen wordt met het definiëren van de relevante extrinsieke factoren en hoe deze individueel bijdragen aan de etiologie van decubitus. De relatie tussen de factoren wordt uitgelegd en benadrukt, en de aanwijzingen voor de rol die de factoren spelen bij de ontwikkeling van decubitus worden besproken. In de laatste delen van de drie artikelen wordt beschreven hoe patiënten met een verhoogd risico voor elk van deze extrinsieke factoren kunnen worden geïdentificeerd. Vervolgens wordt in de artikelen uitgelegd welke klinische interventies zich richten op het voorkomen of verbeteren van de ongewenste effecten van elk van de besproken extrinsieke factoren en wat de rationale is voor deze interventies. Hoewel de documenten veel belangrijke facetten van de preventie van decubitusbehandelen moet worden opgemerkt dat het bespreken van uitgebreide preventieprotocollen buiten het bereik ervan ligt.

Er is nog veel onderzoek nodig voor een verdere ontwikkeling van ons begrip van de intrinsieke en extrinsieke oorzaken van decubitus. Maar zoals uit dit document blijkt, zijn liggen er enkele belangrijke onderliggende principes ten grondslag aan de preventie van decubitus als gevolg van extrinsieke factoren als druk, schuifkrachten, wrijfkrachten en microklimaat. Alle artsen behoren deze principes te begrijpen en in hun dagelijkse praktijk te implementeren.

LITERATUURVERWIJZINGEN

1. National Pressure Ulcer Advisory Panel and European Pressure Ulcer Advisory Panel. *Prevention and treatment of pressure ulcers: clinical practice guideline*. Washington DC: National Pressure Ulcer Advisory Panel, 2009.
2. European Pressure Ulcer Advisory Panel and National Pressure Ulcer Advisory Panel. *Prevention and treatment of pressure ulcers: quick reference guide*. Washington DC, USA: National Pressure Ulcer Advisory Panel, 2009. Accessible à l'adresse suivante : www.npuap.org and www.epuap.org (accessed 23 November 2009).
3. *International guidelines. Pressure ulcer prevention: prevalence and incidence in context. A consensus document*. London: MEP Ltd, 2009.

KADER 1 Nieuwe NPUAP/EPUAP-definitie voor decubitus¹

¹Decubitus is een plaatselijke beschadiging van de huid en/of het onderliggende weefsel, gewoonlijk boven een botuitsteeksel, die als gevolg van druk is ontstaan, of als gevolg van druk in combinatie met schuifkrachten. Een aantal hieraan bijdragende of verwarrende factoren worden ook in verband gebracht met decubitus; het belang van deze factoren moet nog nader worden verklaard.

Druk in context

M Takahashi, J Black, C Dealey, A Gefen

INLEIDING

Druk is jarenlang gezien als de belangrijkste extrinsieke factor bij de ontwikkeling van een drukulcer. Als gevolg hiervan wordt druk nadrukkelijk genoemd in definities van decubitus, inclusief in de recente definitie die is vastgesteld door de National Pressure Ulcer Advisory Panel (NPUAP) en de European Pressure Ulcer Advisory Panel (EPUAP)^{1,2}.

In dit artikel wordt uitgelegd wat druk is, hoe druk bijdraagt aan de vorming van decubitus en hoe kan worden vastgesteld welke patiënten een verhoogd risico hebben op verwondingen als gevolg van druk. Daarna worden de rationale en de werkwijze beschreven van interventies die de omvang en de duur van de druk verminderen en daardoor het risico op de ontwikkeling van decubitus.

DE FEITEN

- Kracht is een concept dat wordt gebruikt voor het beschrijven van het effect dat een externe invloed op een voorwerp uitoefent. Kracht heeft een richting en een omvang.
- Loodrecht uitgeoefende krachten veroorzaken druk.
- De druk op de overgang tussen de huid en een ondersteunende onderlaag wordt vaak de 'interfacedruk' genoemd.

WAT IS DRUK?

Druk wordt gedefinieerd als de hoeveelheid kracht die loodrecht op een oppervlak wordt uitgeoefend, gedeeld door de grootte van dat oppervlak.

Een kracht die op een klein oppervlak wordt uitgeoefend levert meer druk op dan wanneer diezelfde kracht op een groter oppervlak wordt uitgeoefend (Afbeelding 1). De eenheid voor kracht is newton (N). De eenheid voor druk is newtons per vierkante meter (N/m²), pascals (Pa) of millimeter kwik (mmHg).

Naast de loodrecht uitgeoefende kracht die bij druk een rol speelt, kunnen ook parallel aan het huidoppervlak krachten worden uitgeoefend (Afbeelding 2). Dit zijn schuifkrachten die ook bijdragen aan de schuifstress, en ook deze krachten worden gemeten in termen van uitgeoefende kracht per oppervlakteenheid (zie: *Schuifkrachten en wrijfkrachten in context*³, pagina 11-18). 'Stress' is een generieke naam voor de effecten die worden gedefinieerd in termen van uitgeoefende kracht per oppervlakteenheid.

Wat voor soorten inwendige stress veroorzaakt druk?

Wanneer druk op de huid wordt uitgeoefend, met name op een botachtig uitsteeksel, dan raken de huid en de onderliggende weke delen hierdoor vervormd. In het model in Afbeelding 3 komen de horizontale lijnen vlak onder het botuitsteeksel dicht bij elkaar, wat duidt op samendrukken van het weefsel. Op andere plaatsen, met name onder het botuitsteeksel, worden de lijnen ook langer, wat erop duidt dat de uitgeoefende krachten de huid en het weefsel uitrekken (stretchen) en verschuiven (vervormen). Dit betekent dat ook wanneer alleen maar druk wordt uitgeoefend (dat wil zeggen druk die uitsluitend loodrecht wordt uitgeoefend), er in het weefsel vlakbij een botuitsteeksel ook uitrekken en schuifspanningen kunnen optreden⁴.

KLINISCHE EFFECTEN VAN DRUK

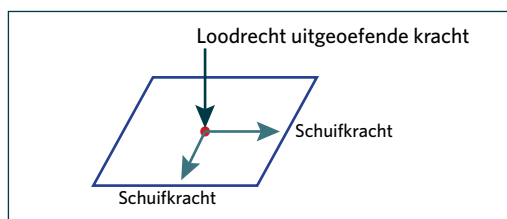
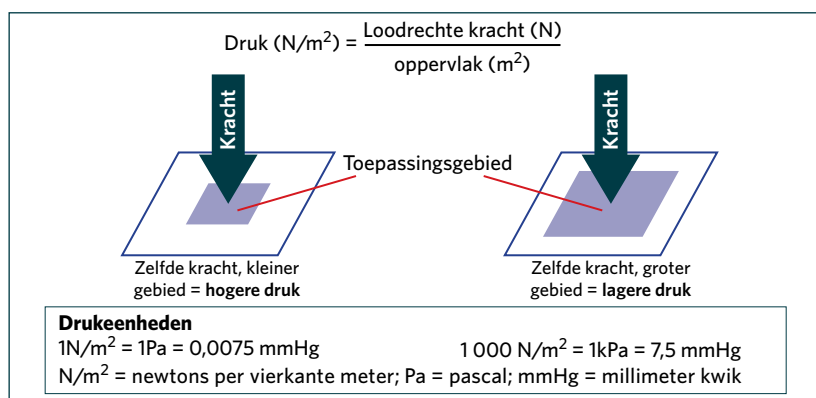
Bij alerte patiënten zorgen de effecten van continue druk gewoonlijk voor kleine lichaamsbewegingen zodat de belasting wordt verlicht en de bloedcirculatie in het weefsel zich kan herstellen⁵. Patiënten die buiten bewustzijn, gesedeerd, onder narcose of verlamd zijn, kunnen deze signalen niet opmerken of erop reageren en veranderen niet spontaan van houding. Als gevolg hiervan kunnen de huid en de weke delen worden blootgesteld aan langdurige druk die niet wordt verlicht.

Pathofysiologie van drukletsel

Huid die voor het eerst aan mogelijk beschadigende drukniveaus wordt blootgesteld, lijkt bleek door de verminderde bloedtoevoer en de ontoereikende zuurstofvoorziening (ischemie). Zodra de druk wordt verlicht, wordt de huid snel rood als gevolg van een fysiologische reactie met de naam reactieve hyperemie. Als de ischemie niet te lang heeft geduurd, dan worden zowel de doorbloeding als de kleur van de huid uiteindelijk weer normaal.

Langduriger ischemie kan er de oorzaak van zijn dat bloedcellen samenklonteren en capillairen blokkeren, waardoor de ischemie aanhoudt. Capillairwanden kunnen ook beschadigd raken, waardoor rode bloedcellen en vocht in de interstitiële

AFBEELDING 1 Definitie van druk



AFBEELDING 2 Krachten die op een oppervlak worden uitgeoefend

AFBEELDING 3

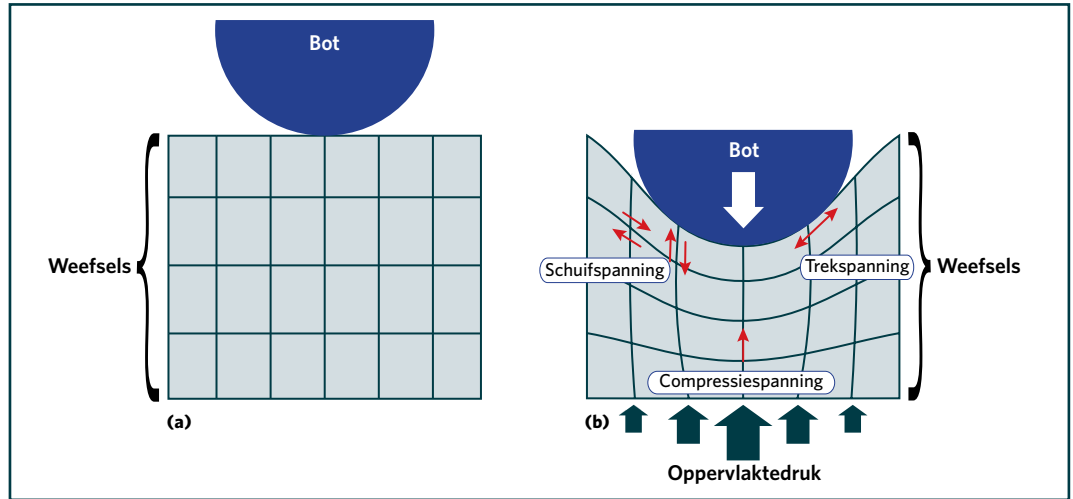
Weefselvorming als gevolg van druk (overgenomen uit⁶)
Het buigen van de lijnen in (b) toont aan dat wanneer op een botuitsteeksel uitwendige druk wordt uitgeoefend samendrukkende, schuivende (vervormende) en uittrekkende (stretchende) spanningen optreden (zie vetgedrukte tekst op pagina 2).

DE FEITEN

- Aangenomen wordt dat gelokaliseerde druk bijdraagt aan de ontwikkeling van decubitus door het vervormen van de huid en de weke delen, vaak tussen een botachtige structuur en een uitwendig oppervlak (zoals een bed of een stoel), waarbij de cellen worden vervormd en de bloedcirculatie afneemt, waardoor ischemie en necrose worden geïnduceerd.
- Hoewel vaak wordt aangegeven dat de capillaire sluitdruk – dat wil zeggen de druk waarbij de capillaire bloedcirculatie stopt – 32 mmHg is, is deze in hoge mate variabel.

AFBEELDING 4 Diepe weefselschade (met dank aan J Black)

Diepe weefselschade in het sacrale gebied, ontstaan tijdens een langdurige chirurgische procedure. Het proces is zo ver gevorderd dat er nu huid verloren is gegaan en er sprake is van blootliggend necrotisch subcutaan weefsel.



ruimte kan lekken. Dit proces resulteert in de niet-wegdrukke rode huid, huidverkleuring en verharding die worden gezien bij decubitus in Categorie I. Aanhoudende ischemie resulteert in necrose van de huid en van het onderliggende weefsel, en in de afbraak van oppervlakkig en dieperliggend weefsel dat bij decubitus in een hoger(e) categorie wordt gezien.

Van hoge druk is ook bekend dat het spierweefsel door het vervormen en het scheuren van spiercellen fysieke beschadigingen oploopt.

Diepe weefselschade

De nieuwe NPUAP/EPUAP-indeling voor decubitus bevat een extra categorie voor gebruik in de VS: diepe weefselschade¹. Uit klinische ervaring blijkt dat dit zich gewoonlijk ongeveer 48 uur na een drukvoerval voordoet, bv. na het bewusteloos op de vloer liggen wat zich presenteert met een paarse huid en snel necrotisch worden, zelfs als medische zorg wordt geboden (Afbeelding 4).

WAT WETEN WE OVER DRUK EN DECUBITUS?

Omdat ervan wordt uitgegaan dat het primaire mechanisme van door druk veroorzaakte weefselschade vermindering van de bloedcirculatie is, wordt in artikelen waarin decubitus worden besproken vaak verwezen naar onderzoek dat in de jaren 1930 door Landis is verricht. Bij dit onderzoek werd ontdekt dat de druk in het arteriolaire segment van een haarvat in een menselijke vinger gemiddeld 32 mmHg was⁷. Deze waarde werd daarna ten onrechte gegeneraliseerd als de druk die nodig is om de capillairen zo samen te drukken dat de bloedcirculatie wordt belemmerd (de capillaire sluitingsdruk), en als de waarde die door interfaciedruk drukverdelende apparatuur wordt

gebruikt als maximaal acceptabele druk, waarbij het doel is onder deze drukwaarde te blijven. In veel daaropvolgende onderzoeken is echter een breed bereik van druk in capillairen op verschillende anatomische locaties aangetoond, met waarden die afhankelijk waren van leeftijd en bijkomende ziekten.

De relatie tussen de duur en de intensiteit van de druk

Tegen het midden van de 20e eeuw werd vermoed dat de duur van de druk een factor was bij de ontwikkeling van decubitus^{8,9}, maar totdat Kosiak begon met het publiceren van zijn experimenten in 1959 ontbraken kwantitatieve gegevens. Hierbij ging het om het belasten van weefsel met bekende drukwaarden en gedurende een vastgestelde tijd. Met histologisch onderzoek werd de levensvatbaarheid van het weefsel bepaald^{10,11}.

Kosiak rapporteerde een relatie tussen de hoeveelheid druk, de duur van het uitoefenen van druk en de ontwikkeling van weefselschade bij experimenten met honden en ratten^{10,11}. Hij verklaarde dat 'microscopische pathologische veranderingen werden opgemerkt in weefsel dat gedurende slechts één uur werd blootgesteld aan slechts 60 mmHg¹⁰.

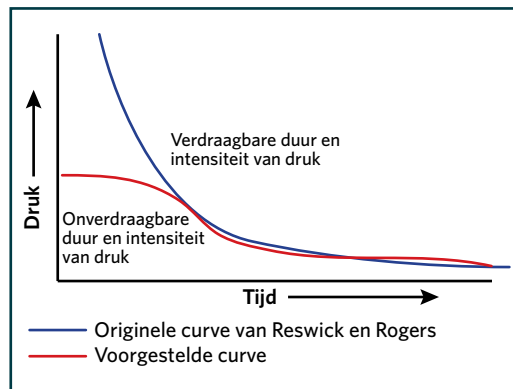
Druk-tijd-curve

In de jaren 1970 publiceerden Reswick en Rogers richtlijnen op basis van menselijke observaties waarin onschadelijke en schadelijke niveaus en duur van de blootstelling aan bepaalde interfaciedruk werd beschreven¹² (Afbeelding 5, pagina 4). Hoewel consistent met Kosiaks werk waren de curven aan de uiteinden van de tijdschaal gebaseerd op extrapolatie en niet op data^{13,14}.

Onlangs is een aanpassing van de curve van Reswick en Rogers voorgesteld, waarin ook de

AFBEELDING 5 Voorgestelde aanpassing van de druk-tijd-curve van Reswick en Rogers (overgenomen uit^{1,15-17})

Het gebied boven de kromme vertegenwoordigt de duur en de intensiteit van de druk die naar alle waarschijnlijkheid resulteert in weefselschade; het gebied onder de curven vertegenwoordigt de duur en de intensiteit van de druk die naar alle waarschijnlijkheid niet resulteert in weefselschade.



DE FEITEN

- Het vermogen van druk om weefselschade te veroorzaken is gerelateerd aan de *duur en de intensiteit* (hoeveelheid) van de uitgeoefende druk.
- Van druk op de huid is aangetoond dat dit de bloedcirculatie in een dieperliggende slagader meer beperkt dan in de capillairen in de huid.
- De interfacedruk kan relatief eenvoudig worden gemeten, maar heeft beperkingen als voorspeller van inwendige weefselstress.
- Wanneer boven een botuitsteeksel druk wordt uitgeoefend, is de inwendige stress het hoogst in de weke delen die het dichtst bij het botuitsteeksel liggen.
- Patiënten met het hoogste risico bij druk zijn patiënten die niet zelf van houding kunnen veranderen en daar ook niet om kunnen vragen.

recente dieronderzoeken worden meegenomen, samen met de klinische ervaring waaruit blijkt dat drukletsel in een relatief korte tijd door hoge druk kan worden veroorzaakt, maar dat lagere druk gedurende een langere periode kan worden uitgeoefend zonder dat hierdoor letsel optreedt^{1,15-17} (Afbeelding 5).

Druk en temperatuur

De effecten van druk kunnen onder invloed van de huidtemperatuur moduleren. Uit onderzoek door Kokate *et al* en Iazzo *et al* bij varkens werd geconcludeerd dat letsel aan huid en weke delen als gevolg van druk kan worden gereduceerd door plaatselijke koeling van de huid^{18,19} (zie: *Microklimaat in context*²⁰, pagina's 19-25).

Fysiologische effecten

In een experiment waarin het effect van druk op de bloedcirculatie in de onderarm van mensen werd gemeten, werd een druk op de huid variërend van 0 tot 175 mmHg uitgeoefend. Uit de resultaten bleek dat druk op de huid meer invloed had op de bloedcirculatie van een diepliggende arterie dan op die van een haarvat in de huid²¹. Toekomstig onderzoek waarbij de bloedcirculatie van diepliggend weefsel wordt gemeten kan bijdragen aan een beter begrip van de ischemische factoren die een rol spelen bij de vorming van decubitus.

Hoe kunnen inwendige spanningen worden gemeten?

In veel onderzoek waarin de rol van druk bij de ontwikkeling van decubitus wordt gemeten wordt de druk op het oppervlak van de huid gemeten (interfacedruk). Niettemin is uit biotechnologisch onderzoek dat sinds de jaren 1980 werd verricht gebleken dat inwendige weefselspanning niet aan de hand van interfacedrukmetingen kunnen worden voorspeld^{13,14}.

Uit de in een diermodel gemeten spanning in weefsel bleek dat de inwendige druk in de buurt van een botachtige uitsteeksel drie tot vijfmaal hoger is dan de druk die op de huid boven het uitsteeksel

wordt uitgeoefend²². Computermodellen hebben bevestigd dat de hoogste spanningen zich voordoen in de nabijheid van een botuitsteeksel²³.

BEPALEN VOOR WELKE PATIËNTEN DRUK EEN VERHOOGD RISICO OPLEVERT

Patiënten die het hoogste risico lopen bij druk zijn patiënten bij wie de druk op de huid niet wordt verlicht als ze niet door het verzorgend personeel in bed of stoel in een andere houding worden gezet. Een belangrijke eerste stap is het stellen van de vraag: 'Kan de patiënt de druk voelen en van houding veranderen of aan anderen vragen om hem van houding te veranderen?' Als het antwoord op deze vraag 'Nee' is, kunnen patiënten met een hoog risico snel door alle personeelsleden worden geïdentificeerd.

Een algemene beoordeling van de patiënt geeft een indicatie van andere factoren, zoals een verminderde doorbloeding van het weefsel of een slechte voedingstoestand waardoor een patiënt gevoeliger wordt voor de effecten van druk. Sommige van deze factoren verhogen het risico door het versterken van de effecten van wrijfkraftschuif- en wrijfkraften, of door het verminderen van de tolerantie van de huid en het weefsel voor druk (zie: *Schuifkrachten en wrijfkraften in context*³, pagina's 11-18 en *Microklimaat in context*²⁰, pagina's 19-25).

Er zijn verscheidene hulpmiddelen beschikbaar voor het beoordelen van het totale risico van de ontwikkeling van decubitus; deze zijn gebaseerd op een aantal factoren, inclusief druk²⁴⁻²⁶. Hoewel er beperkingen zijn aan het gebruik van dergelijke hulpmiddelen¹ en er andere benaderingen zijn voorgesteld²⁷, worden hulpmiddelen bij het beoordelen van het risico in de klinische praktijk bijzonder op prijs gesteld.

VERMINDEREN VAN HET RISICO DOOR DRUK

De beste verzorging in de praktijk van patiënten met een verhoogd risico op decubitus kent talloze facetten die zich richten op het verbeteren van de effecten van intrinsieke risicofactoren (zoals een slechte voedingstoestand, bijkomende ziekte, droge huid) en extrinsieke factoren (zoals schuifkrachten en wrijfkraften, of incontinentie). (Zie: *Schuifkrachten en wrijfkraften in context*³, pagina's 11-18 en *Microklimaat in context*²⁰, pagina's 19-25.)

De inspanningen richten zich wat **druk** betreft op het verminderen of verwijderen van de druk die op de huid van kwetsbare patiënten wordt uitgeoefend. Deze principes zijn ook van toepassing op patiënten bij wie zich al drukschade heeft ontwikkeld. Patiënten dienen het zitten of liggen op gebieden met niet-wegdrukbaar roodheid of decubitus te

vermijden. Als deze gebieden of wonden niet genezen of zelfs verslechteren, moet de arts overwegen of aanhoudende druk op het gebied aan het probleem bijdraagt.

Het klinisch oordeel is van essentieel belang om te bepalen hoe aan patiënten met een verhoogd decubitusrisico de beste zorg kan worden geboden.

HERVERDELEN VAN DRUK

Het herverdelen van druk kan worden bereikt door het wegnemen van de druk van het aangetaste deel van het lichaam of door het verminderen van de druk door het gewicht over een groter gebied te verspreiden (Afbeelding 6).

Zelfstandig bewegen

Bij mensen met een intact neurologisch systeem is spontane beweging de normale manier om druk te verlichten. Uit een vroeg onderzoek bleek dat bij patiënten die elke nacht minder dan 25 maal spontaan van houding veranderden het risico op decubitus significant hoger was dan bij diegenen die vaker van houding veranderden³⁰.

Daar waar mogelijk moeten patiënten worden aangemoedigd zelf van houding te veranderen. Bij patiënten die spontaan van houding veranderen is extra aanpassen van de houding soms niet noodzakelijk. Patiënten die niet graag van houding veranderen, als gevolg van feitelijke of te verwachten pijn bij beweging, of vanwege de sedatieve effecten van analgetica, moeten eraan worden herinnerd van houding te veranderen.

De invloed van kleine, frequente bewegingen is onderzocht door het testen van het idee dat het verpleegkundige personeel om de druk te verlichten een patiënt bij elk contact een klein beetje van houding zou kunnen veranderen, bijvoorbeeld door het opheffen van een been of

het verleggen van een arm^{31,32}. Uit de onderzoeken bleek dat de interfacedruk afnam onder de gebieden die werden bewogen³¹, en in een klein onderzoek werd een daling van het aantal decubitus waargenomen³². Voorzichtigheid is echter geboden: tenzij de hielen en het bekken zelf in een andere houding worden gelegd hebben dergelijke lichaamsbewegingen weinig invloed op het afnemen van de duur en de intensiteit van de druk op deze kritieke plaatsen.

Van houding veranderen

Van houding veranderen moet worden overwogen bij iedereen van wie wordt aangenomen dat zij een verhoogd risico op decubitus hebben^{1,33}. Mobielere patiënten zijn in staat zelf van houding te veranderen (zie hierboven), maar anderen hebben hierbij mogelijk hulp nodig.

Veranderen van houding is mogelijk niet voor alle patiënten geschikt: sommige patiënten in een kritieke toestand kunnen door verandering van houding ontregeld raken. Dit is echter niet altijd het geval, zelfs niet bij patiënten met een slechte hemodynamische toestand³⁴. Daarom moet per doodzieke patiënt individueel worden besloten of de patiënt in een andere houding moet worden gelegd.

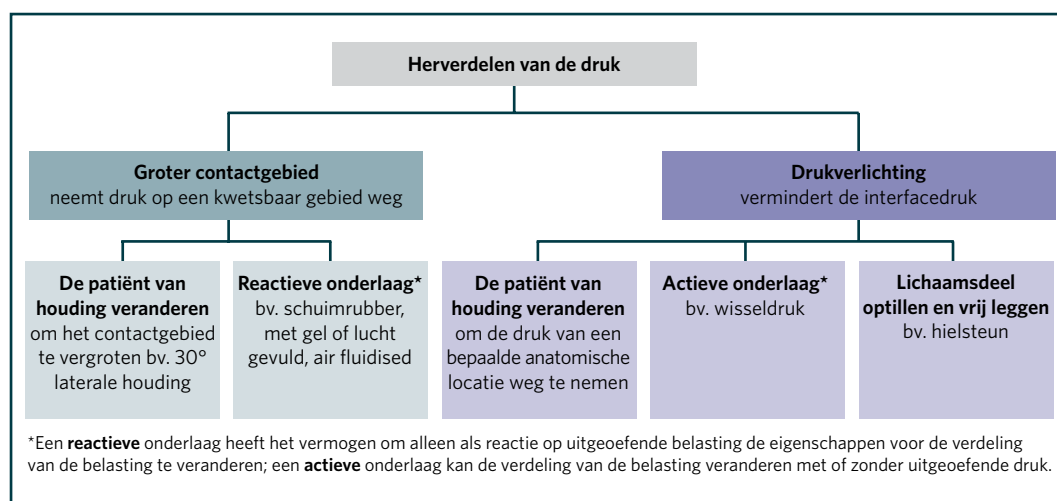
Frequentie waarmee van houding moet worden veranderd

Uit een systematische beoordeling van de preventiestrategieën voor decubitus kwam onvoldoende bewijs naar voren om een specifiek regime voor het veranderen van houding te ondersteunen³⁵. De frequentie waarmee van houding moet worden veranderd moet worden gebaseerd op de weefseltoerantie, de mate van mobiliteit, de algehele medische toestand van de patiënt en de gebruikte ligondersteuning¹. Het traditionele regime waarin elke 2 uur van houding

DE FEITEN

Interventies die zijn bedoeld voor het reduceren van het risico dat de patiënt loopt door de effecten van druk moeten:

- worden gepland binnen de context van de andere vereisten voor wat betreft zorg en behandeling
- zijn gericht op het aanmoedigen van patiënten om zelfstandig van houding te veranderen, op het helpen van de patiënt bij het veranderen van houding en op het gebruik van ligondersteuning
- rekening houden met alle behoeften van de patiënt, met name bij het bepalen van de frequentie waarin de patiënt van houding moet veranderen en welke houdingen worden gebruikt.



AFBEELDING 6 Methoden voor herverdeling van druk (overgenomen uit^{28,29})

wordt veranderd kan een nuttig startpunt bieden van waaruit de frequentie kan worden aangepast. Een effectief regime voor het veranderen van houding blijkt uit het ontbreken van aanhoudend erytheem boven botuitsteeksels. Als aanhoudend erytheem optreedt, kan dit erop wijzen dat vaker van houding veranderen noodzakelijk is en dat de huidige ligondersteuning mogelijk niet optimaal is voor de patiënt.

Ook bij gebruik van ligondersteuning die de druk herverdeelt, blijft de noodzaak voor het regelmatig van houding veranderen bestaan. Het is echter wel mogelijk dat dan minder vaak van houding hoeft te worden veranderd. Zo ging bijvoorbeeld in één onderzoek het elke 4 uur van houding wisselen op een visco-elastische schuimrubberen matras gepaard met een lagere incidentie van decubitus categorie II en hoger, in vergelijking met het om de 2 of 3 uur draaien op een standaard matras³³.

Aan patiënten die in een stoel of rolstoel zitten, wordt aangeraden om minimaal elk uur een andere houding aan te nemen³⁶. Een patiënt die tot een rolstoel beperkt is, moet worden aangeleerd elke 15 minuten van houding te veranderen door het doen van 'push-ups' waarbij de patiënt loskomt van de rolstoel, of door voorover te buigen³⁷.

Houdingen

Bedlegerige patiënten kunnen houdingen als een zijligging van 90° of een halfliggende houding het beste vermijden omdat de druk boven trochantaire of sacrale botuitsteeksels door deze houdingen toeneemt¹. Patiënten die aan de bovenkant van het bed wat verhoging nodig hebben, bv. vanwege dyspneu of om bij sondevoeding aspiratie te voorkomen, moeten vaker van houding worden veranderd.

Bij een 30° schuine zijligging wordt de patiënt zo geplaatst dat deze 30° ten opzichte van diens verticale as in rugligging ligt¹. Deze houding is niet voor alle patiënten geschikt, maar kan bij sommigen een geschikt alternatief zijn.

Rolstoelafhankelijke patiënten kunnen baat hebben bij een kantelende rolstoel die helpt bij het weghalen van de druk van de ischiale knobbels.

DRUKVERDELENDE LIGSYSTEMEN

Drukverdelende ligsystemen zijn in verscheidene vormen beschikbaar, bv. als oplegsysteem, als matrasvervangend systeem en als geïntegreerd bedstelsysteem.

Een oplegsysteem is een ligstelsysteem die bovenop een bestaande matras wordt gelegd. Door deze hulpmiddelen kan het slaoppoppvlak hoger zijn tot aan het niveau van de beddekken; daarom moet het risico dat de patiënt uit bed valt worden beoordeeld. Idealiter is de bedrail minimaal 10 cm (4 inch) hoger dan het oppervlak van de matras.

Matrassen die de druk herverdelen kunnen vaak als vervanging van standaard matrassen worden gebruikt, met gebruik van het bestaande bedframe.

In een geïntegreerd bedstelsysteem wordt het bedframe gecombineerd met een ligondersteuning (gewoonlijk een wisseldrukmatras). Deze worden het meest gebruikt bij patiënten met een extreem hoog risico, voor de behandeling van decubitus en bij patiënten die een chirurgische reconstructie van decubitus met huidlappen hebben ondergaan.

REACTIEVE LIGONDERSTEUNING

Twee belangrijke principes voor de wijze waarop de herverdeling van druk van reactieve ligsystemen plaatsvindt zijn immersie en omhulling.

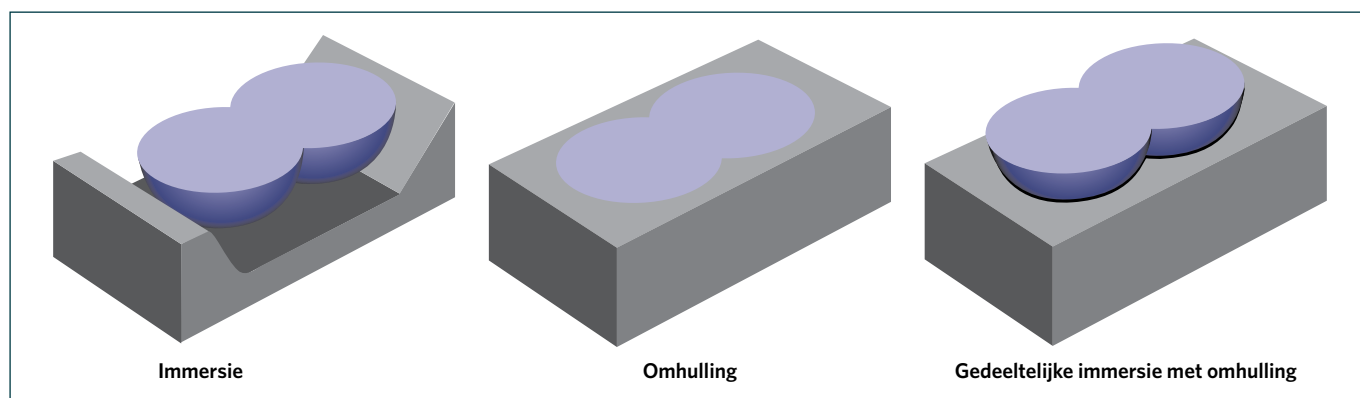
Immersie verwijst naar het vermogen van het ligstelsysteem om de patiënt erin te laten zakken²³ (Afbeelding 7). Terwijl het lichaam in het ligstelsysteem zakt, komt een groter gedeelte van het lichaam in contact met het ligstelsysteem, waardoor het gewicht van de patiënt over een groter gebied wordt verdeeld wat de druk verlicht.

De immersie is groter op zachtere ligsystemen en bij dikkere ligsystemen kan deze ook dieper zijn. Als het materiaal echter te zacht is, dan kan

DE FEITEN

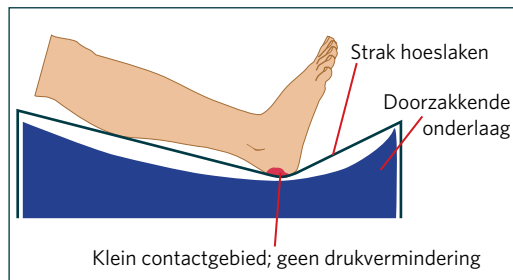
Reactieve ligondersteuning, bv. foammatrassen, met lucht of gel gevuld en air fluidised systemen, zorgen voor drukverdeling door immersie en omhulling.

AFBEELDING 7 Immersie en omhulling



AFBEELDING 8 Hangmat-effect

Het strakke hoelaken voorkomt immersie en omhulling van de patiënt, wat tot hangen boven de ligondersteuning leidt zonder dat de druk wordt verlicht.



de patiënt 'op de bodem terecht komen' (dat wil zeggen uiteindelijk op de onderliggende structuur van het bed of de stoel zitten of liggen omdat de ligondersteuning zo ver is samengedrukt).

Met **omhullen** wordt bedoeld hoe goed een onderlaag zich vormt naar de contouren van het lichaam en onregelmatige gebieden accommodeert (zoals vouwen in kleding en beddengoed)²⁹ (Afbeelding 7).

Uit recent onderzoek is gebleken dat de mate van immersie en omhulling van een ligondersteuning kan worden verstoord door een verhoogde druk op het oppervlak van de ligondersteuning, met name in combinatie met doorzakken van de ligondersteuning zelf³⁸. Zo kan een strak hoelaken over een matras of een zitkussen een hangmateffect veroorzaken dat voorkomt dat de ligondersteuning zich aan de contouren aanpast, waardoor op een klein gebied een hoge druk wordt uitgeoefend (Afbeelding 8).

Immersie en omhulling hebben belangrijke implicaties voor de mobiliteit en de onafhankelijkheid van de patiënt. Zo is er bijvoorbeeld relatief weinig inspanning nodig om op te staan wanneer iemand op hout zit of ligt (waarbij geen immersie en omhulling optreden), maar dezelfde manoeuvre vereist vanuit water meer inspanning vanwege de hoge mate van immersie en omhulling.

Foam

Een normaal foam matras wordt voor patiënten in ziekenhuizen en instellingen voor langdurige zorg over het algemeen als standaardmatras gebruikt. Voor het verminderen van de incidentie van decubitus bij personen met een verhoogd risico worden foammatrassen met een hogere specificatie (dat wil zeggen matrassen die uit lagen foam met

een verschillende dikte zijn samengesteld, of die van visco-elastisch foam zijn gemaakt) aanbevolen³⁹.

foam degradeert en verliest mettertijd de stijfheid, en verliest daarbij ook het vermogen om zich aan te passen. Als een foammatras versleten raakt, kan de patiënt 'op de bodem terecht komen'. De levensduur van elke ligondersteuning wordt beïnvloed door het aantal uren dat die ondersteuning wordt gebruikt en het gewicht dat erop wordt uitgeoefend; een ligondersteuning die door dunne personen wordt gebruikt gaat langer mee dan een ligondersteuning die door zwaarlijvige patiënten wordt gebruikt.

Gevuld met lucht of gel

Ligondersteuning die is gevuld met lucht of gel bestaat uit met lucht of gel gevulde kolommen of compartimenten. De mate waarin immersie en omhulling plaatsvindt is afhankelijk van de druk van de lucht of gel in de compartimenten, de dikte van de compartimenten en het 'meegeven' van de ligondersteuning.

Met lucht gevulde ligsystemen worden soms low-air-loss-systemen genoemd. Strikt genomen wordt met low air los echter verwezen naar een eigenschap van sommige systemen die lucht uit de kussens laten ontsnappen voor het reguleren van de temperatuur en het vochtgehalte van de huid (zie: *Microklimaat in context*²⁰, pagina's 19-25).

Air fluidised

Air fluidised systemen bieden van alle ligondersteuning de meeste immersie en omhulling. Bijna tweederde van het lichaam kan in de ligondersteuning wegzakken. Een air fluidised systeem bestaat uit siliconen of glazen kralen waartussen druklucht is geperst. Hierdoor nemen de kralen de kenmerken van een vloeistof aan.

In verschillende gerandomiseerde, gecontroleerde onderzoeken is aangetoond dat de uitkomsten voor genezing bij patiënten met decubitus categorie III en IV die op een air fluidised systeem worden behandeld beter zijn dan bij gebruik van standaard bedden, van foammatrassen en van niet met lucht gefluïdiseerde ligsystemen^{40,43}.

ACTIEVE LIGSYSTEMEN - WISSELDruk

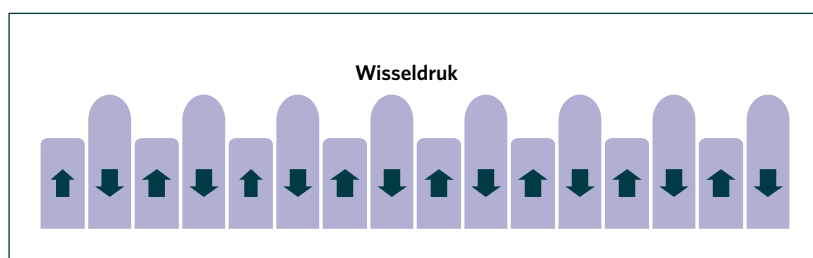
Actieve ligsystemen herverdelen de druk door het cyclisch opblazen en weer leeg laten lopen van de zones van de onderlaag (Afbeelding 9). Als gevolg hiervan zijn ze voor wat immersie en omhulling betreft minder betrouwbaar dan reactieve ligsystemen voor het herverdelen van de druk. De ideale frequentie, duur, amplitude en snelheid van oppompen en leeg laten lopen zijn niet vastgesteld.

DE FEITEN

- Actieve ligsystemen – ook wel bekend als wisseldruksystemen – herverdelen de druk voornamelijk via het opblazen en het weer leeg laten lopen van delen van de ligondersteuning.
- De juiste indicaties voor en de relatieve werkzaamheid van de verschillende typen en modellen ligsystemen met herverdeling van druk bij het verminderen van de incidentie van decubitus wordt nog verder onderzocht.

AFBEELDING 9 Onderlaag met wisseldruk

De luchtcellen worden cyclisch opgeblazen en lopen weer leeg zodat de druk van de weke delen periodiek wordt verwijderd.



TABEL 1 Gebruik van drukverdelende ligsystemen

Deze tabel biedt een breed overzicht van het gebruik van de verschillende soorten drukverdelende ligsystemen. De specificaties, de kwaliteit en het gebruik van de individuele producten kunnen variëren. Voor informatie over indicaties, voorzorgsmaatregelen en contra-indicaties van individuele producten moeten artsen de literatuur van de producent raadplegen.

Gebruik van een drukverdelende ligsysteem	Patiënten die hier baat bij kunnen hebben	Opmerkingen
Reactieve ligsystemen		
Foam met een hogere specificatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Patiënten met een laag tot gemiddeld risico op decubitus als gevolg van immobiliteit en inactiviteit 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Vermijd waar mogelijk het gebruik van plastic producten, zoals incontinentieverband, om warmte- en vochtretentie op de huid te minimaliseren
Gevuld met lucht* of gel	<ul style="list-style-type: none"> ■ Patiënten met een laag tot gemiddeld risico op decubitus als gevolg van immobiliteit en inactiviteit ■ Patiënten die zeer zwaar of stijf zijn en moeilijk een andere houding kunnen aannemen ■ Door het wijzigen van de instellingen voor de hoeveelheid lucht die door de ligondersteuning wordt gepompt en de luchtdruk kunnen sommige van de met lucht gevulde ligsystemen met een lage constante druk aan het gewicht van de patiënt en aan de gewenste gewichtverdeling worden aangepast. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Er hebben zich ongelukken voorgedaan in gevallen waarin luchtcellen plotseling leegliepen en daarna weer werden opgeblazen, bijvoorbeeld na het wegvallen van de elektrische stroom; deze ligondersteuning mogen idealiter alleen worden gebruikt wanneer er een back-up generator beschikbaar is ■ Met gel gevulde ligondersteuning kunnen de huidvochtigheid verhogen
Air-fluidised	<ul style="list-style-type: none"> ■ Patiënten met reeds bestaande decubitus die niet van de decubituswond af kunnen worden gedraaid of met decubitus op twee of meer van de draaioppervlakken (bv. heiligbeen en trochanter) ■ Patiënten die herstellen na het plaatsen van een huidlap voor het sluiten van een decubituswond 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Patiënten met grote open wonden kunnen door de grote hoeveelheid lucht die door de ligondersteuning beweegt gedehydrateerd raken ■ Sommige patiënten kunnen de sensatie van drijven of de warmte van het ligsysteem niet verdragen
Ligsysteem met actieve ondersteuning		
Wisseldruk	<ul style="list-style-type: none"> ■ Patiënten die niet van de ene zij op de andere kunnen worden gedraaid of die lichaamsdelen niet kunnen bewegen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Het opblazen en weer leeg lopen kan irritant zijn, met name voor sommige patiëntengroepen, zoals dementiepatiënten ■ Patiënten kunnen zich storen aan het geluid of kunnen het koud krijgen

*Soms worden met lucht gevulde systemen low-air-loss-ligsystemen genoemd. Strikt genomen verwijst low air loss echter naar een eigenschap van sommige ligsystemen die lucht uit de kussens laten ontsnappen voor het reguleren van temperatuur en vochtgehalte van de huid (zie: *Microklimaat in context*²⁰, pagina's 19-25).

DE FEITEN

Patiënten moeten nog steeds regelmatig van houding veranderen, ook wanneer ze voor hun comfort, voor hun functioneel vermogen en voor drukverlichting, op een onderlaag zitten of liggen, tenzij dit medisch gecontra-indiceerd is.

In een concept consensusdocument is onlangs een gestandaardiseerde methode voorgesteld voor het beoordelen van actieve ligondersteuning⁴⁴.

Iglesias *et al* rapporteerden dat matrasvervangers op basis van wisseldruk waarschijnlijk kosteneffectiever zijn dan oplegsystemen op basis van wisseldruk⁴⁵. Bovendien was de gemiddelde tijd tot aan het ontwikkelen van een decubituswond op de matrasvervangers op basis van wisseldruk meer dan 10 dagen langer dan op de oplegsystemen op basis van wisseldruk⁴⁵. Bij een vergelijking tussen matrasvervangers op basis van wisseldruk en matrassen van visco-elastisch foam ontdekten Vanderwee *et al* geen significante verschillen in de incidentie van decubitus⁴⁶. Bij patiënten waarvan

was vastgesteld dat zij preventieve maatregelen nodig hadden op basis van de Braden-schaal leek bij patiënten op matrasvervangers op basis van wisseldruk iets vaker sacrale decubitus te ontstaan⁴⁶.

In een literatuuronderzoek van 15 gerandomiseerde gecontroleerde klinische onderzoeken werd geconcludeerd dat wanneer rekening werd gehouden met methodologische kwesties wisseldrukmatrassen bij het voorkomen van decubitus waarschijnlijk effectiever zijn dan standaard ziekenhuismatrassen⁴⁷.

Selectie ligondersteuning

De selectie van een geschikte ligondersteuning voor het herverdelen van de druk (Tabel 1) mag niet uitsluitend worden gebaseerd op de

DE FEITEN

Regelmatige observatie is van essentieel belang bij het beoordelen van de effectiviteit van strategieën voor het herverdelen van de druk: elke aanwijzing voor drukschade dient het herevalueren van de gebruikte strategieën tot gevolg te hebben.

risicobeoordelingsscore. Hierbij moet ook rekening worden gehouden met:

- het niveau van mobiliteit in het bed – dat wil zeggen hoeveel de patiënt zich kan bewegen wanneer deze in bed ligt en in hoeverre de patiënt in staat is of in staat zou moeten zijn om zelf uit bed te komen
- patiëntencomfort – sommige patiënten vinden sommige ligsystemen oncomfortabel
- noodzaak voor microklimaatbeheer – sommige ligsystemen dragen bij aan het reguleren van warmte en vocht vlak onder de patiënt (zie: *Microklimaat in context*²⁰, pagina's 19-25)
- de zorgomgeving – zo zijn sommige geïntegreerde bedsystemen bijvoorbeeld niet geschikt voor behandeling thuis vanwege hun gewicht en vanwege de noodzaak voor een alternatieve energiebron, bv. een generator, in geval van stroomuitval.

Niettemin is uit een onderzoek gebleken dat de selectie van de ligondersteuning meer werd gebaseerd op de richtlijnen voor vergoedingen dan op de toestand van de patiënt⁴⁸.

Foammatrassen met een hogere specificatie (bv. matrassen van visco-elastisch foam) zijn voor veel patiënten met een verhoogd risico geschikt, maar patiënten met een hoog risico hebben een elektrische ligondersteuning nodig waarvan de eigenschappen voor de verdeling van de belasting kunnen worden ingesteld.

Bariatrische patiënten kunnen voor sommige van de drukverdelende ligsystemen te zwaar zijn en hebben een extra dikke uitvoering nodig of een met functies die zijn ontworpen voor patiënten met een hoog lichaamsgewicht.

Extra functies van geïntegreerde bedsystemen kunnen onder meer bestaan uit laterale rotatie of vibratie van de ligondersteuning wat bij patiënten met ademhalings- en perfusieproblemen kan helpen. 'Turn assist' is ontworpen als hulpmiddel bij het veranderen van houding, bij lichamelijk onderzoek en bij het verschonen van het beddengoed, het is niet bedoeld voor gebruik door patiënten bij het zichzelf omdraaien.

OBSERVATIE EN HEREVALUATIE

Zodra strategieën voor het herverdelen van druk zijn ingesteld, is het belangrijk om de effectiviteit ervan te beoordelen. De belangrijkste indicator is de aanwezigheid of afwezigheid van veranderingen in de toestand van de huid, met name boven een botuitsteeksel. Als er aanwijzingen zijn voor drukletsel kan het noodzakelijk zijn om de preventieve maatregelen te intensiveren en/of aan te passen. Ook veranderingen in de toestand van de patiënt en diens continue risiconiveau moeten worden bewaakt omdat de noodzakelijke

preventiestrategieën hierdoor mogelijk moeten worden aangepast.

Bij gebruik van een gespecialiseerde ligondersteuning dienen verzorgers regelmatig te controleren of het apparaat op de juiste wijze werkt en moeten ze controleren dat:

- een foammatras nog steeds 'terugspringt' naar de oorspronkelijke positie wanneer de druk wordt verwijderd
- met lucht gevulde apparaten goed zijn opgeblazen
- in gelmatrassen overal gel zit en dat er geen delen zijn waar geen gel meer zit
- een wisseldrukmatras goed kan worden opgepompt en weer goed leegloopt
- een elektrisch apparaat op een stopcontact is aangesloten.

Alle ligsystemen, ziekenhuisbedden en geïntegreerde bedsystemen hebben een uiterste gebruiksduur, maar de exacte levensduur is momenteel niet bekend. Medische zorgverleners moeten hier alert op zijn en wanneer decubitus niet meer genezen dienen ze zich af te vragen of een 'versleten' ligstelsel hier de oorzaak van kan zijn of hier een rol bij kan spelen.

CONCLUSIE

Naast een direct effect heeft druk ook een indirect effect door het genereren van schuifspanningen die decubitus veroorzaken. Het vermogen van druk om in weke delen drukletsel te veroorzaken is gerelateerd aan de intensiteit en de duur van de uitgeoefende druk. Bij die patiënten die niet in staat zijn om te bewegen of die hulp nodig hebben bij het bewegen geeft druk het grootste risico. Interventies waarmee het effect van druk wordt verminderd en waardoor de incidentie van decubitus afneemt, zijn onder meer het in een andere houding plaatsen van de patiënt en het gebruik van gespecialiseerde ligondersteuning.

Door kennis over de werking van de ligondersteuning en door te weten welk systeem voor welke patiënt het meest geschikt is, wordt het makkelijker te beslissen welk hulpmiddel het beste kan worden ingezet. Ondanks een deskundige klinische mening wordt de keuze voor een ligondersteuning echter vaak gemaakt op basis van de financiën. Doorlopend onderzoek naar de effectiviteit van ondersteunende systemen die de druk herverdelen om het aantal decubitus te verlagen geeft richting aan de prioriteiten op het gebied van het geven van voorlichting, draagt bij aan het nemen van beslissingen en helpt bij het zeker stellen van de financiële middelen die nodig zijn voor het gebruik van de juiste ligsystemen, ongeacht de plaats waar de zorg wordt geboden.

LITERATUURVERWIJZINGEN

1. National Pressure Ulcer Advisory Panel/ European Pressure Ulcer Advisory Panel. *Pressure Ulcer Prevention & Treatment: Clinical Practice Guidelines*. Washington DC, USA: National Pressure Ulcer Advisory Panel, 2009.
2. European Pressure Ulcer Advisory Panel and National Pressure Ulcer Advisory Panel. *Prevention and treatment of pressure ulcers: quick reference guide*. Washington DC, USA: National Pressure Ulcer Advisory Panel, 2009. Verkrijgbaar via: www.npuap.org en www.epuap.org (beschikbaar vanaf 23 November 2009).
3. Reger SI, Ranganathan VK, Orsted HL, et al. Shear and friction in context. In: *International review: Pressure ulcer prevention: pressure, shear, friction and microclimate in context*. London: Wounds International, 2010. Verkrijgbaar via: www.woundsinternational.com/journal.php?contentid=127.
4. Gefen A. The biomechanics of sitting-acquired pressure ulcers in patients with spinal cord injury or lesions. *Int Wound J* 2007; 4(3): 222-31.
5. Linder-Ganz E, Scheinowitz M, Yizhar Z, et al. How do normals move during prolonged wheelchair-sitting? *Technol Health Care* 2007; 15(3):195-202.
6. Takahashi M. Pressure reduction and relief from a view point of biomedical engineering. *Stoma* 1999; 9(1): 1-4.
7. Landis EM. Micro-injection studies of capillary blood pressure in human skin. *Heart* 1930; 15: 209-28.
8. Guttmann L. Rehabilitation after injuries to the spinal cord and cauda equina. *Br J Phys Med* 1946; 9: 130-37.
9. Husain T. An experimental study of some pressure effects on tissues, with reference to the bed-sore problem. *J Pathol Bacteriol* 1953; 66(2): 347-58.
10. Kosiak M. Etiology and pathology of ischemic ulcers. *Arch Phys Med Rehabil* 1959; 40(2): 62-69.
11. Kosiak M. Etiology of decubitus ulcers. *Arch Phys Med Rehabil* 1961; 42: 19-29.
12. Reswick JB, Rogers JE. Experience at Los Amigos Hospital with devices and techniques to prevent pressure sores. In: Kenedi RM, Cowden JM, Scales JT (eds). *Bedsore biomechanics*. London: Macmillan, 1976. p. 301-10.
13. Gefen A. Reswick and Rogers pressure-time curve for pressure ulcer risk. Part 1. *Nurs Stand* 2009; 23(45): 64-68.
14. Gefen A. Reswick and Rogers pressure-time curve for pressure ulcer risk. Part 2. *Nurs Stand* 2009; 23(46): 40-44.
15. Linder-Ganz E, Engelberg S, Scheinowitz M, Gefen A. Pressure-time cell death threshold for albino rat skeletal muscles as related to pressure sore biomechanics. *J Biomech* 2006; 39(14): 2725-32.
16. Stekelenburg A, Strijkers GJ, Parusel H, et al. Role of ischemia and deformation in the onset of compression-induced deep tissue injury: MRI-based studies in a rat model. *J Appl Physiol* 2007; 102(5): 2002-11.
17. Gefen A, van Neiroop B, Bader DL, Oomens CW. Strain-time cell-death threshold for skeletal muscle in a tissue-engineered model system for deep tissue injury. *J Biomech* 2008; 41(9): 2003-12.
18. Kokate JY, Leland KJ, Held AM, et al. Temperature-modulated pressure ulcers: a porcine model. *Arch Phys Med Rehabil* 1995; 76(7): 666-73.
19. Iazzo PA, Kveen GI, Kokate JY, et al. Prevention of pressure ulcers by focal cooling: histological assessment in a porcine model. *Wounds* 1995; 7(5): 161-69.
20. Clark M, Romanelli M, Reger S, et al. Microclimate in context. In: *International review: Pressure ulcer prevention: pressure, shear, friction and microclimate in context*. London: Wounds International, 2010. Verkrijgbaar via: www.woundsinternational.com/journal.php?contentid=127.
21. Shitamichi M, Takahashi M, Ohura T. Study on blood flow change of the radial artery and skin under pressure and shear force. *Jpn J Press Ulc* 2009; 11(3): 350.
22. Le KM, Madsen BL, Barth PW. An in-depth look at pressure sores using monolithic silicon pressure sensors. *Plast Reconstr Surg* 1984; 74(6): 745-56.
23. Takahashi M. Pressure ulcer: up-to-date technology. The 43rd Conference of Japanese Society for Medical and Biological Engineering, 2004. *Transactions of the Japanese Society for Medical and Biological Engineering* 2004; 42(1): 160.
24. Bergstrom, N, Braden B, Laguzza A, Holman V. The Braden scale for predicting pressure sore risk. *Nurs Res* 1987; 36(4): 205-10.
25. Norton D, McLaren R, Exton-Smith AN. *An investigation of geriatric nursing problems in hospital*. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1975.
26. Waterlow J. Pressure sores: a risk assessment card. *Nurs Times* 1985; 81(48): 49-55.
27. Vanderwee K, Grypdonck M, Defloor T. Non-blanchable erythema as an indicator for the need for pressure ulcer prevention: a randomised-controlled trial. *J Clin Nurs* 2007; 16(2): 325-35.
28. Rithalia S, Kenney L. Mattresses and beds: reducing and relieving pressure. *Nursing Times Plus* 2000; 96 (36 Suppl): 9-10.
29. National Pressure Ulcer Advisory Panel. Support Surface Standards Initiative. *Terms and definitions related to support surfaces*. NPUAP, 2007. Verkrijgbaar via: http://www.npuap.org/NPUAP_S3I_TD.pdf.
30. Exton-Smith AN, Sherwin RW. The prevention of pressure sores: significance of spontaneous bodily movements. *Lancet* 1961; 278(7212): 1124-26.
31. Brown M, Boosinger J, Black J, Gaspar T. Nursing innovation for prevention of decubitus ulcers in long term care facilities. *J Plast Reconstr Surg Nurs* 1981; 1(2): 51-55.
32. Oertwich PA, Kindschuh AM, Bergstrom N. The effects of small shifts in body weight on blood flow and interface pressure. *Res Nurs Health* 1995; 18 (6): 481-88.
33. Defloor T, De Bacquer D, Grypdonck MH. The effect of various combinations of turning and pressure reducing devices on the incidence of pressure ulcers. *Int J Nurs Stud* 2005; 42(1): 37-46.
34. de Laat E, Schoonhoven L, Grypdonck M, et al. Early postoperative 30 degrees lateral positioning after coronary artery surgery: influence on cardiac output. *J Clin Nurs* 2007; 16(4): 654-61.
35. Reddy M, Gill SS, Rochon PA. Preventing pressure ulcers: a systematic review. *JAMA* 2006; 296(8): 974-84.
36. Panel for the Prediction and Prevention of Pressure Ulcers in Adults. *Pressure Ulcers in Adults: Prediction and Prevention*. Clinical Practice Guidelines, Number 3. AHCPR Publication No. 92-0047. Rockville, MD: Agency for Health Care Policy and Research, Public Health Service, US Department of Health and Human Services, May 1992.
37. Panel for the Prediction and Prevention of Pressure Ulcers in Adults. *Treatment of Pressure Ulcers*. Clinical Practice Guidelines, Number 15. AHCPR Publication No. 95-0652. Rockville, MD: Agency for Health Care Policy and Research, Public Health Service, US Department of Health and Human Services, December 1994.
38. Iizaka S, Nakagami G, Urasaki M, Sanada H. Influence of the "hammock effect" in wheelchair cushion cover on mechanical loading over the ischial tuberosity in an artificial buttocks model. *J Tissue Viability* 2009; 18(2): 47-54.
39. McInnes E, Cullum NA, Bell-Syer SEM, Dumville JC. Support surfaces for pressure ulcer prevention. *Cochrane Database Syst Rev* 2008; 8(4): CD001735.
40. Allman RM, Walker JM, Hart MK, et al. Air-fluidized beds or conventional therapy for pressure sores. A randomized trial. *Ann Intern Med* 1987; 107(5): 641-48.
41. Jackson BS, Chagares R, Nee N, Freeman K. The effects of a therapeutic bed on pressure ulcers: an experimental study. *J Enterostomal Ther* 1988; 15(6): 220-26.
42. Munro BH, Brown L, Haitman BB. Pressure ulcers: on bed or another? *Geriatr Nurs New York* 1989; 10(4): 190-92.
43. Strauss MJ, Gong J, Gary BD, et al. The cost of home air-fluidized therapy for pressure sores. A randomized controlled trial. *J Fam Pract* 1991; 33(1): 52-59.
44. Tissue Viability Society. Laboratory measurement of the interface pressures applied by active therapy support surfaces: A consensus document. *J Tissue Viabil* 2010; published online 25 January 2010.
45. Iglesias C, Nixon J, Cranny G, et al. Pressure relieving support surfaces (PRESSURE) trial: cost effectiveness analysis. *BMJ* 2006; 332: 1416.
46. Vanderwee K, Grypdonck MH, Defloor T. Effectiveness of alternating pressure air mattress for the prevention of pressure ulcers. *Age Aging* 2005; 34(3): 261-67.
47. Vanderwee K, Grypdonck M, Defloor T. Alternating pressure air mattresses as prevention for pressure ulcers: a literature review. *Int J Nurs Stud* 2008; 45(5): 784-801.
48. Baumgarten M, Margolis D, Orwig D, et al. Use of pressure-redistributing support surfaces among elderly hip fracture patients across the continuum of care: adherence to pressure ulcer prevention Guidelines. *Gerontologist* 2009 Jul 8, doi:10.1093/geront/gnp101.

Schuifkrachten en wrijfkrachten in context

SI Reger, VK Ranganathan, HL Orsted, T Ohura, A Gefen

INLEIDING

Binnen de context van decubitus worden schuifkrachten en wrijfkrachten vaak samen met druk genoemd. Zo wordt bijvoorbeeld in de meest recente definitie van decubitus, vastgesteld door internationale samenwerking tussen de National Pressure Ulcer Advisory Panel (NPUAP) en de European Pressure Ulcer Advisory Panel (EPUAP), de rol van druk benadrukt en wordt gesteld dat schuifkrachten in combinatie met druk een rol kan spelen bij de ontwikkeling van decubitus¹. Zo wordt door diezelfde samenwerking schuifkrachten ook binnen de context van diepe weefselschade genoemd, hetgeen wordt gedefinieerd als 'het gevolg van letsel aan onderliggende weke delen door druk en/of schuifkrachten'¹.

Hoewel betwist wordt dat het een directe oorzaak is van decubitus, worden wrijfkrachten in dit artikel meegenomen vanwege de nauwe samenhang met schuifkrachten. Druk en schuifkrachten zijn ook nauw met elkaar verbonden: druk op weke delen, met name op een botuitsteeksel, veroorzaakt door weefselvorming enige mate van schuifkrachten^{2,3}.

Het eerste deel van dit artikel geeft een duidelijke definitie van schuifkrachten en wrijfkrachten en gaat nader in op de rol die deze krachten spelen bij de ontwikkeling van decubitus. In het tweede deel van dit artikel wordt ingegaan op het herkennen van patiënten met een verhoogd risico op letsel van de huid en de weke delen als gevolg van schuifkrachten en wrijfkrachten. Daarna worden de te ondernemen acties voor het vermijden of minimaliseren van schuifkrachten en wrijfkrachten besproken, die zo een aanvulling kunnen vormen op andere maatregelen voor het verlagen van het totale risico op de ontwikkeling van decubitus.

DEFINITIES

De terminologie met betrekking tot schuifkrachten kan verwarrend zijn: 'schuifkrachten' wordt vaak gebruikt voor twee verschillende begrippen, te weten 'schuifspanning' en 'schuifkrachten'. Bovendien worden schuifkrachten en wrijfkrachten vaak samen genoemd binnen de context van de etiologie van decubitus, en soms worden deze begrippen ten onrechte onderling verwisseld.

Wat is schuifkrachten?

Schuifkrachten is het gevolg van het uitoefenen van een kracht parallel (tangenteel) aan het oppervlak van een voorwerp, terwijl de basis van het object op zijn plaats blijft. (NB: Druk is het gevolg van een kracht die loodrecht (met een rechte hoek) op het oppervlak van een voorwerp wordt uitgeoefend (zie: *Druk in context*³, pagina 2-10).)

Door schuifspanning verandert het voorwerp van vorm (vervormt) (Afbeelding 1). De mate van vervorming die door de schuifspanning wordt veroorzaakt wordt schuifvervorming genoemd.

Net als bij druk wordt schuifspanning berekend in termen van uitgeoefende druk op het gebied waarop de druk wordt uitgeoefend (Kader 1) (zie voor meer details: pagina 14 en Kader 2). Schuifspanning wordt in dezelfde eenheden als druk uitgedrukt: meestal als pascals (Pa) of soms als newtons/vierkante meter (N/m²).

Wat zijn wrijfkrachten?

Wrijfkrachten wordt gedefinieerd als de kracht die de relatieve beweging van twee voorwerpen die elkaar raken weerstaat, en wordt gemeten in newtons (N). De term 'wrijfkrachten' wordt echter ook vaak gebruikt in de betekenis van de actie waarbij het ene voorwerp tegen het andere wrijft (zie: pagina 14 en Kader 2 voor meer details).

WAT VEROOORZAAKT SCHUIFSPANNING?

Zwaartekracht genereert een neerwaartse kracht waardoor een patiënt wordt neergedrukt op de onderlaag waarop de patiënt rust. De tegengestelde kracht die de onderlaag opwekt kan in twee delen worden verdeeld:

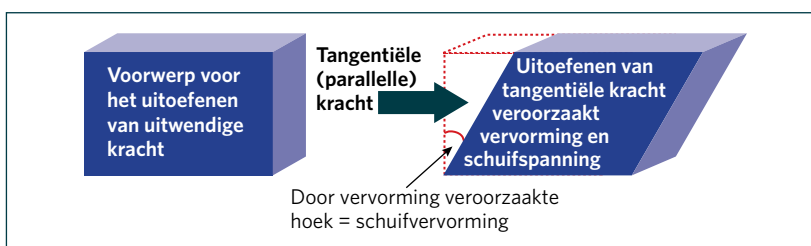
- een loodrecht deel - wat druk tot gevolg heeft
- een tangenteel deel - dat schuifspanning tot gevolg heeft (Afbeelding 2, pagina 12).

DE FEITEN

- Schuifkrachten komen voort uit krachten die tangenteel op een oppervlak worden uitgeoefend en die vervorming van het betrokken voorwerp veroorzaken.
- Schuifkrachten en druk komen gewoonlijk gecombineerd voor.
- Wrijfkrachten treden op wanneer twee voorwerpen langs elkaar wrijven.
- Wrijfkrachten zijn geen directe oorzaak van decubitus, maar is betrokken bij de ontwikkeling van schuifkrachten in de huid en in de dieperliggende weefselslagen.

AFBEELDING 1

Schuifspanning



KADER 1 Definiëren van schuifspanning

Schuifspanning = $\frac{\text{Uitgeoefende tangentele kracht (N)}}{\text{Gebied waarop de kracht wordt uitgeoefend (m}^2\text{)}}$
(pascals of N/m²)

1 Pa = 1 N/m² 1 kPa = 1.000 N/m²

Definities van schuifspanning:

- 'Een actie of spanning die het gevolg is van uitgeoefende krachten die er de oorzaak van zijn of van kunnen zijn dat twee aan elkaar grenzende inwendige delen van het lichaam in het transversale vlak worden vervormd (bv. schuifvervorming).'⁴
- 'De kracht per oppervlakenheid die parallel aan het betreffende vlak wordt uitgeoefend.'⁵

Wrijfkrachten dragen bij aan de ontwikkeling van schuifspanning doordat de huid tegen de onderlaag op zijn plaats wordt gehouden, terwijl de rest van het lichaam van de patiënt naar het voeteneind van het bed of naar de rand van de stoel schuift. De relatieve beweging van de huid ten opzichte van de onderliggende weke delen veroorzaakt schuifspanningen in de weke delen die over botuitsteeksels liggen, zoals het sacrum.

De hoek van het hoofdeinde van een bed, of de hoek van de achterleuning van een stoel of rolstoel heeft een grote invloed op de hoeveelheid schuifspanning in weefsel^{6,7}. Alle hoeken tussen rechtop zitten en horizontaal liggen veroorzaken schuifspanning als gevolg van de neiging van het lichaam om langs de helling omlaag te glijden. Met een ruggensteun in een hoek van 45° liggen veroorzaakt met name op de billen en op het sacrale gebied een grote combinatie van schuifspanning en druk omdat in deze houding het gewicht van het bovenlichaam zich gelijkmatig verdeelt over loodrecht en tangentiële uitgeoefende krachten^{6,8}.

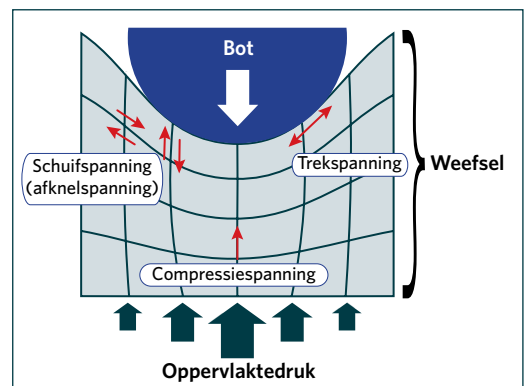
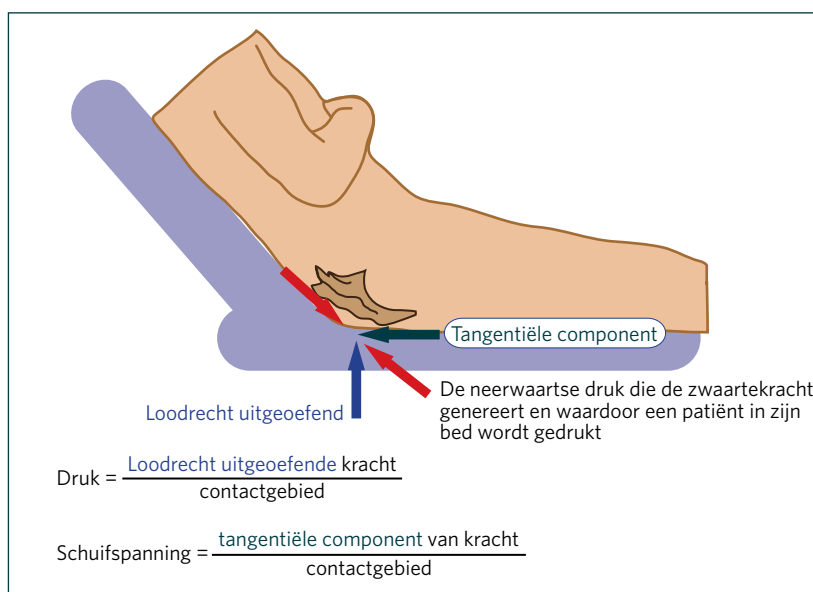
Schuifspanning in weefsel kan ook worden veroorzaakt door lokale druk die op het huidoppervlak wordt uitgeoefend. Het uitoefenen van druk veroorzaakt samenpersen van het weefsel, en hierdoor worden naastliggende weefsels vervormd (Afbeelding 3). Dit wordt soms afknelspanning genoemd. Steile drukgradiënten, dat wil zeggen grote veranderingen in de druk op een klein oppervlak, veroorzaken waarschijnlijk een hoge afknelspanning.

DE FEITEN

Schuifspanning wordt veroorzaakt door:

- wrijfkrachten, bv. bij het in bed naar beneden glijden
- ongelijkwaardige drukverdeling, bv. boven een botuitsteeksel.

AFBEELDING 2 Uitgeoefende druk en schuifkrachten op het sacrale gebied van een gedeeltelijk op de rug liggende patiënt (overgenomen uit⁹)



AFBEELDING 3 Ongelijkmatige drukverdeling als oorzaak van schuifspanning (overgenomen uit¹⁰)

HOE DRAAGT SCHUIFSPANNING BIJ AAN DE ONTWIKKELING VAN DECUBITUS?

Van schuifkrachten wordt aangenomen dat het samen met druk de oorzaak is van schade en ischemie van de huid en van dieperliggend weefsel, wat resulteert in decubitus. De hierbij betrokken mechanismen zijn onder meer weefselvervorming, afknellen en occlusie van haarvaten die dwars door weefselvlakken lopen, vermindering van de bloedcirculatie en fysieke verstoring van weefsels of bloedvaten.

Weefselvervorming

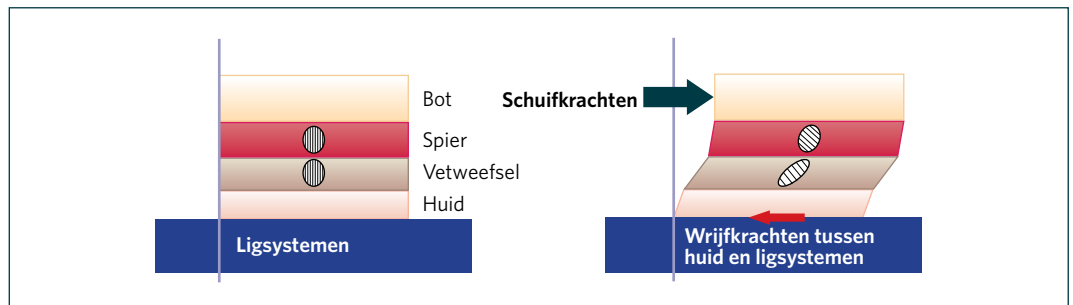
In gelaagde voorwerpen, bv. lichaamsweefsel, kan schuifspanning er de oorzaak van zijn dat een laag zich ten opzichte van een andere laag beweegt (Afbeelding 4). Wanneer schuifspanning op weefsel inwerkt, wordt de hoeveelheid beweging tussen de lagen in het weefsel – dat wil zeggen de mate waarin mogelijk bloedvatobstructie en fysieke verstoring van weefsel kan plaatsvinden – beïnvloed door de losheid van de vezels in het bindweefsel tussen de lagen¹¹ en door de relatieve stijfheid van de weefsellagen.

Bij een oudere huid is de elasticiteit en de spanning van de huid gewoonlijk afgenomen. Als gevolg hiervan kunnen onder invloed van uitwendige krachten in het huidweefsel grotere weefselverplaatsingen plaatsvinden, zowel in de huid als in de subdermale lagen¹².

Verschillen in de stijfheid van de diverse weefsellagen houdt in dat deze lagen door uitwendige druk in verschillende mate worden vervormd. Stijver weefsel wordt minder sterk vervormd dan weefsel dat minder stijf is. In Tabel 1 wordt aangegeven dat de grootste verschillen in de stijfheid van aangrenzend weefsel, dat wil zeggen de grootste kans dat er schuifspanning optreedt, plaatsvindt tussen bot en spier¹³⁻¹⁵, maar dat de kans op schuifspanning ook optreedt tussen spier- en vetweefsel en tussen vetweefsel en huid.

AFBEELDING 4 Effect van schuifspanning op de weefsellagen van het lichaam (met dank aan T Ohura)

Bij schuifspanning houdt de wrijfkraften tussen de huid en de onderlaag de huid op zijn plaats, terwijl dieperliggend weefsel verschuift. De hoeveelheid verplaatsing, dat wil zeggen schuifvervorming, is groter in de nabijheid van het bot dan in de oppervlakkige weefsellagen.



Dit verklaart waarom decubitus zich vaak boven botuitsteeksels ontwikkelen, waar de interfacedruk ook het hoogste is^{16,17}. Patiënten met uitstekende botten zijn bijzonder gevoelig voor schuifspanning en druk, en bij mensen met een slank lichaam is de schuifspanning en druk bij het heiligbeen en het staartbeen over het algemeen hoger dan bij mensen met overgewicht¹⁸.

Effecten op de bloedvaten

De bloedcirculatie kan door schuifspanning via een aantal mechanismen afnemen of worden belemmerd:

- directe compressie en occlusie van bloedvaten (Afbeelding 4)
- uitrekken en vernauwen van capillairbedden – wanneer de uitoefening van schuifspanning hoog genoeg is, wordt de inwendige diameter van de capillairen te nauw voor de bloedcirculatie^{19,20}
- buigen en afknellen van bloedvaten die loodrecht op het huidoppervlak liggen²¹.

De haarvaten in vetweefsel zijn ook kwetsbaarder voor de effecten van schuifspanning omdat vetweefsel aanzienlijk minder treksterkte heeft (dat wil zeggen dat het makkelijk wordt vervormd en makkelijk losscheurt)²².

Ook dieperliggende en grotere bloedvaten kunnen door schuifspanning worden beïnvloed. De bloedvoorziening van de huid en het subcutane weefsel kan worden teruggevoerd naar de arteriën die onder de diepe fascia en spieren liggen. Deze arteriën – die verbindingsvaten worden genoemd – lopen gewoonlijk loodrecht

ten opzichte van het oppervlak en verzorgen de bloedvoorziening van aanzienlijke gebieden. Door deze loodrechte route zijn ze bijzonder vatbaar voor schuifspanning, en dit kan de waarneming verklaren dat sommige van de grotere decubituswonden het aanvoerpatroon van specifieke bloedvaten volgen.

Druk en schuifspanning werken gewoonlijk samen bij het verminderen van de bloedcirculatie. Uit biomechanicamodellen is gebleken dat wanneer naast druk ook schuifspanning wordt uitgeoefend, een grotere obstructie en vervorming van haarvaten in de skeletspieren rondom botuitsteeksels wordt veroorzaakt dan door druk alleen²⁰. **Wanneer de schuifspanning hoog genoeg is, dan is voor het veroorzaken van occlusie van een bloedvat slechts de helft van de druk nodig in vergelijking met de druk die hiervoor nodig is bij een lage schuifspanning²³.** Daar staat tegenover dat wanneer de schuifspanning wordt verminderd, het weefsel een hogere druk kan verdragen zonder dat occlusie van de bloedcirculatie optreedt²⁰.

Schuifspanning meten

Er zijn verschillende apparaten beschikbaar voor het meten van schuifspanning op het oppervlak van de huid^{18,24,25}; sommige apparaten meten ook simultaan de interfacedruk^{15,26}. De schuifspanning is moeilijk rechtstreeks te meten, maar wordt berekend met behulp van een computermodel²⁷ en met behulp van een computermodel in combinatie met MRI (magnetic resonance imaging)^{16,17}.

DE FEITEN

- Schuifspanning versterkt de effecten van druk en veroorzaakt samen met druk ischemie en weefselschade, wat kan resulteren in de ontwikkeling van decubitus.
- Hoewel schuifspanning op het huidoppervlak kan worden gemeten en computermodellen hierbij helpen, blijft de noodzaak bestaan voor het ontwikkelen van apparatuur waarmee schuifspanning in dieper weefsel rechtstreeks kan worden gemeten, bijvoorbeeld in spierweefsel en in vetweefsel.

TABEL 1 Relatieve stijfheid van lichaamsweefsels (op basis van dieronderzoek)¹³⁻¹⁵

Lichaamsweefsel	Stijfheid (zoals aangegeven door de elasticiteitsmodulus (kPa))
Bot	20.000.000
Spier	7
Vetweefsel	0,3
Huid	2-5

WAT HEEFT INVLOED OP WRIJFKRACHTEN?

De wrijfkraften op het raakvlak tussen patiënt en onderlaag is afhankelijk van de loodrechte krachten en de wrijvingscoëfficiënt van de huid en van het contactoppervlak (kader 2). Hoe hoger de loodrechte kracht, des te hoger de wrijfkraften. En ook hoe hoger de wrijvingscoëfficiënt, des te hoger de wrijfkraften en des te groter de kracht die nodig is om de patiënt te verplaatsen in relatie tot de onderlaag.

DE FEITEN

- De omvang van de wrijfkrachten is afhankelijk van de loodrechte kracht en is een kenmerk van de interactie van de twee voorwerpen, ook wel de wrijvingscoëfficiënt genoemd.
- Een vochtige huid heeft een hogere wrijvingscoëfficiënt dan een droge huid, en daarom is de kans om blootgesteld te worden aan hogere wrijfkrachten en schuifspanning bij een vochtige huid groter.
- Er is nog veel onderzoek noodzakelijk om volledig te ontrafelen hoe schuifspanning weefselbeschadiging veroorzaakt, en wat het effect is van de frequentie en/of de snelheid van houdingsveranderingen op schuifspanning, en welke patiënten het grootste risico lopen op letsel als gevolg van schuifspanning⁴.
- Bij veel van de interventies die zich richten op het verminderen van de schuifspanning en wrijfkrachten wordt gekeken naar de inspanningen van medische zorgverleners, verzorgers of de patiënten zelf om ervoor te zorgen dat de patiënt zich beweegt of om deze te helpen een andere houding aan te nemen, omdat tijdens dergelijke manoeuvres de kans op het optreden van schuifspanning en wrijfkrachten groter is.

De **wrijvingscoëfficiënt** van textiel of ander materiaal tegen de huid wordt grotendeels beïnvloed door:

- de aard van het textiel – zo veroorzaakt ruwer textiel een hogere wrijvingscoëfficiënt
- de huidvochtigheid en de natheid van het oppervlak – deze verhogen de wrijvingscoëfficiënt en zijn met name in een klinische context van belang wanneer de huid door transpiratie of door incontinentie vochtig kan zijn (zie: *Microklimaat in context*²⁸, pagina's 19-25)
- de omgevingsvochtigheid – een hoge omgevingsvochtigheid kan de huidvochtigheid verhogen of transpiratie veroorzaken en daardoor de wrijvingscoëfficiënt vergroten (zie boven)²⁹.

Een onderzoek naar de interactie tussen huid en polyester/katoenen textiel bevestigde dat naarmate de huidvochtigheid toeneemt, de wrijvingscoëfficiënt ook toeneemt²⁹. Uit hetzelfde onderzoek bleek dat de wrijvingscoëfficiënt van natte stof op de huid meer dan tweemaal zo hoog was als de wrijvingscoëfficiënt van droge stof op de huid²⁹.

HOE DRAGEN WRIJFKRACHTEN BIJ AAN DE ONTWIKKELING VAN DECUBITUS?

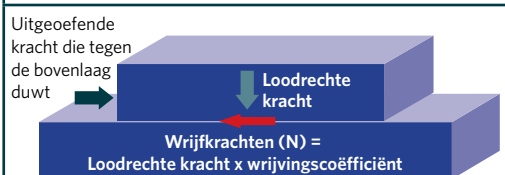
Het belang van wrijfkrachten binnen de context van decubitus ligt voornamelijk in de bijdrage die wrijfkrachten leveren aan het veroorzaken van schuifspanning. Wanneer de tangentiële kracht die door wrijfkrachten op het oppervlak van de huid wordt uitgeoefend groter is dan de loodrechte kracht (druk), of wanneer een kleine hoeveelheid druk met een grote tangentiële kracht op de huid wordt uitgeoefend, kunnen schaafwonden, oppervlakkige ulceratie of blaarvorming optreden. Als de huid al geïrriteerd of ontstoken is, bijvoorbeeld door verweking, met incontinentie samenhangende dermatitis of infectie, dan kan oppervlakkige beschadiging als gevolg van de wrijfkrachten makkelijker optreden. Wrijfkrachten die op het oppervlak van de huid wordt uitgeoefend kan ook schuifspanning veroorzaken in dieperliggende lagen, zoals in een spier.

Meten van wrijfkrachten

Bij experimenten waarin de wrijfkrachten worden gemeten wordt gewoonlijk de wrijvingscoëfficiënt van de onderzochte materialen bepaald. Een gestandaardiseerde methode die algemeen wordt gebruikt berekent de wrijvingscoëfficiënt tussen een blok metaal en een stof³⁰. Door deze standaardisatie zou een vergelijking tussen twee

KADER 2 Wrijfkrachten

Wrijfkrachten bieden weerstand aan uitwendig uitgeoefende kracht; beweging van het ene oppervlak tegen het andere treedt alleen op wanneer de uitgeoefende kracht groter is dan de wrijfkrachten. De wrijfkrachten die ontstaan wanneer twee oppervlakken met elkaar contact maken is afhankelijk van de loodrechte kracht (gerelateerd aan het gewicht van het voorwerp) en de wrijvingscoëfficiënt. De wrijfkrachten is een waarde die afhankelijk is van de eigenschappen van de twee voorwerpen die met elkaar contact maken.



Definities uit de *Support Surface Standards Initiative*⁵:

- Wrijfkrachten - 'De weerstand tegen beweging parallel ten opzichte van de normale grenzen van twee oppervlakken.'
- Wrijvingscoëfficiënt - 'Een meting van de hoeveelheid Wrijfkrachten die tussen twee oppervlakken bestaat.'

textielsoorten makkelijker zijn. Door verschillen in meetapparatuur en -methoden die bij die onderzoeken zijn gebruikt is een vergelijking van de resultaten moeilijk²⁹⁻³³, en de rol van textiel bij de preventie en vorming van decubitus is onvoldoende bestudeerd^{34,35}.

BEHANDELING VAN SCHUIFSPANNINGEN EN WRIJFKRACHTEN

Samen met herverdeling van de druk, in een andere houding plaatsen van de patiënt en mobilisatie vormen strategieën voor het verminderen van schuifspanning en wrijfkrachten een belangrijk onderdeel van de beste klinische praktijk bij het verminderen van het totale risico van de patiënt op de ontwikkeling van decubitus.

In een aantal richtlijnen voor de preventie van decubitus zijn aanbevelingen gedaan om te helpen bij het nemen van beslissingen over een goede gezondheidszorg. Hieronder vallen onder meer de recente richtlijnen die zijn opgesteld door de NPUAP en de EPUAP¹ en die zijn opgesteld door de Registered Nurses' Association of Ontario³⁶. Beslissingen over de verzorging vereisen een klinische beoordeling op basis van het risico van de patiënt, de beschikbaarheid van hulpmiddelen, het comfort en de wensen van de patiënt, en andere behoeften op het gebied van behandeling of verzorging.

De principes die een rol spelen bij het minimaliseren van de effecten van schuifspanning en wrijfkraften zijn onder meer:

- **verminderen van de tangentiële krachten** – bv. zo mag het hoofdeinde van het bed bij liggen bijvoorbeeld zo weinig mogelijk omhoog staan, terwijl bij zitten moet worden voorkomen dat naar beneden/naar voren wordt gegleden⁷
- **vermijden van acties die weefselvorming veroorzaken** – bv. vermijden van glijden of slepen, ervoor zorgen dat de patiënt in een houding zit of ligt waarin hij of zij niet makkelijk kan wegglijden en ervoor te zorgen dat er bij het veranderen van houding geen sleepkracht op de weke delen wordt uitgeoefend en dat de weke delen na het veranderen van houding niet vervormd blijven
- **vergroten van het contactgebied met de onderlaag** – hierdoor worden de perpendiculaire en tangentiële belasting en de wrijfkraften over een groter gebied verspreid, waardoor plaatselijk de druk en de schuifspanning afneemt¹¹.

Het gebruik van textiel met een lagere wrijvingscoëfficiënt op onderlagen vermindert de wrijfkraften en de schuifspanning. Er is echter een balans nodig: als de wrijvingscoëfficiënt te laag is, kan de patiënt te makkelijk over de onderlaag glijden en moeilijk in een stabiele positie te plaatsen zijn.

Stappen voor de klinische praktijk

De beste klinische praktijk begint met vaststellen welke patiënten een verhoogd risico hebben en eindigt met een evaluatie van de invloed van implementatie, dat wil zeggen het effect op de incidentie en de preventie van decubitus. In de praktijkstappen hieronder worden de klinische aanbevelingen uit de recente NPUAP- en EPUAP-richtlijnen¹ die met name verband houden met schuifspanning en wrijfkraften besproken. Het grootste deel van deze aanbevelingen wordt ingedeeld bij 'bewijskracht = C', wat betekent dat ze door indirect bewijs en/of de mening van deskundigen worden ondersteund¹.

Stap 1: Identificeren welke patiënten bij schuifkrachten en wrijfkraften een verhoogd risico hebben

- Vaststellen van een risicobeoordelingsbeleid in alle omstandigheden waarin gezondheidszorg wordt geboden¹.
- Overwegen van de mogelijke impact van de volgende factoren op het individuele risico op de ontwikkeling van decubitus: wrijfkraften en schuifkrachten, zintuiglijke waarneming, algehele gezondheidstoestand en lichaamstemperatuur¹.

In Kader 3 wordt vermeld welke patiënten een verhoogd risico hebben bij schuifspanning en wrijfkraften.

KADER 3 Patiënten met een verhoogd risico bij schuifspanning en wrijfkraften

Patiënten:

- bij wie de bovenkant van het bed vanwege ademhalingsproblemen moet worden verhoogd of bij wie het gebruik van medische hulpmiddelen zoals beademing of apparatuur voor sondevoeding noodzakelijk is
- die moeilijk in een andere houding kunnen worden geplaatst zonder enigszins over het bedlaken of de onderlaag te glijden
- die vanuit een houding waarin ze zijn geplaatst in een bed, een stoel of rolstoel wegschuiven of wegglijden – bv. patiënten die niet in staat zijn om of het moeilijk vinden om zelf van houding te veranderen omdat ze bewegingloos zijn, gevoelsverlies hebben of fysiologisch instabiel zijn
- die te zwak of te instabiel zijn om zichzelf op effectieve wijze een andere houding te kunnen geven zonder zichzelf over het laken of de onderlaag te slepen
- die een vochtige, natte of verweekte huid hebben waarbij de huid een onderlaag of een ander huidoppervlak (huidplooi/pannus) raakt – bv. als gevolg van zweet, incontinentie of lekkende wondverbanden
- die aan hoge druk worden blootgesteld, met name boven botuitsteeksel – bv. zeer magere patiënten
- die zwaarlijvig zijn – het risico kan toenemen vanwege immobiliteit en problemen met verplaatsen of een andere houding innemen, meer transpiratie en slechte perfusie van het vetweefsel³⁷
- met een lagere huidelasticiteit en/of turgor – bv. als gevolg van veroudering of uitdroging
- met een fragiele huid – bv. als gevolg van gebruik van steroïden of anticoagulantia, littekenweefsel over een genezen drukulcer, ontsteking of oedeem
- die tekenen vertonen van bestaand letsel als gevolg van wrijfkraften – bv. oppervlakkige schaafwonden of blaren op plaatsen die contact maken met de onderlaag (Afbeelding 5)
- een actuele of reeds genezen drukulcer hebben
- bij wie zich ondermijning heeft ontwikkeld in een bestaande drukulcer – dit kan betekenen dat er sprake is van schuifspanning; de ondermijning is in dergelijke gevallen in de richting van het onderliggende botuitsteeksel³⁸
- met een drukulcer die onregelmatig van vorm is³⁹
- die de neiging hebben hun hielen over het bed te wrijven als gevolg van agitatie – bv. als gevolg van pijn of dementie
- die wondverbanden hebben die aan een zijkant gedeeltelijk worden afgepeld – de hierbij betrokken krachten kunnen komen vanaf de kant waar het wondverband is afgepeld.

DE FEITEN

Patiënten met een bijzonder risico als gevolg van schuifkrachten en wrijfkraften zijn patiënten:

- met een verhoogd risico voor drukletsel
- bij wie een verhoging van het hoofdeinde van het bed noodzakelijk is
- met een vochtige of beschadigde huid
- die moeilijk van houding te veranderen zijn.

AFBEELDING 5 Schade door wrijfkraften (met dank aan H Orsted)

Deze patiënt heeft oppervlakkige schaafwonden door schuiven over het laken en een kraustrauma door de ring van een verzorger.



De drie meest gebruikte risicoschalen voor decubitus (Braden, Norton and Waterlow) erkennen allemaal dat vocht en incontinentie risicofactoren voor decubitus zijn⁴⁰⁻⁴². Alleen de Bradenschaal evalueert echter specifiek wrijfkrachten en schuifkrachten; deze worden beoordeeld aan de hand van de mate waarin hulp nodig is om te bewegen, de frequentie van glijden in een bed of stoel, en de aanwezigheid van spasticiteit, contracturen of agitatie wat wrijfkrachten kan veroorzaken⁴⁰.

Stap 2: Bepalen wie een verhoogd risico hebben bij schuifkrachten en wrijfkrachten

- **Zorg ervoor dat een complete beoordeling van de huid onderdeel uitmaakt van de risico-inventarisatie die in alle omstandigheden waarin zorg wordt geboden van toepassing is¹.**

Een volledige beoordeling van de huid stelt klinici in staat om de aanwezigheid van bestaande decubitus vast te stellen en te zoeken naar aanwijzingen die erop duiden dat de patiënt een verhoogd risico heeft voor schuifspanning en wrijfkrachten (zie Stap 1).

Hoewel het zeer belangrijk is om een klinisch onderscheid te maken tussen decubitus en vochtlaesies, zoals met incontinentie samenhangende dermatitis⁴³, vergroot de aanwezigheid van vochtlaesies de wrijvingscoëfficiënt van de huid en als gevolg daarvan het risico van schuifspanning en wrijfkrachten.

Als al letsel is opgetreden als gevolg van schuifspanning en wrijfkrachten kan het vaststellen van de rol die schuifspanning en wrijfkrachten hebben gespeeld aanwijzingen geven voor interventies die verder letsel kunnen voorkomen. Als bijvoorbeeld een rolstoelgebruiker letsel ontwikkelt, kan een analyse van de wijze waarop verplaatsen plaatsvindt onthullen dat hierbij 'slepen' optreedt, waarna interventies kunnen worden voorgesteld om slepen te verminderen.

Stap 3: Zorg bieden aan patiënten met een verhoogd risico bij schuifspanning en wrijfkrachten

Huidverzorging

- **Wrijf niet stevig over huid met een verhoogd risico voor decubitus¹.**

Wrijven van de huid is een verouderde praktijk die helaas op sommige plaatsen nog steeds plaatsvindt. Wanneer medische zorgverleners over weefsel wrijven dat al rood en ontstoken is, bestaat de mogelijkheid dat hierdoor beschadiging optreedt aan de onderliggende bloedvaten en/of aan de fragiele huid^{36,44,45}.

Wanneer er emollientia op de huid worden

aangebracht, dan moet dit voorzichtig gebeuren om onnodig trauma te voorkomen. Het gebruik van onvolledig geabsorbeerde emollientia die een plakkerig laagje op de huid achterlaten en de wrijvingscoëfficiënt kunnen vergroten, moet worden vermeden. Er is anekdotisch bewijs dat het aanbrengen van lotions op siliconenbasis op de huid van een patiënt bij wie tijdens het veranderen van de houding veel gesleep of weerstand plaatsvindt de wrijfkrachten kan verminderen.

Regulering van de huidvochtigheid waardoor wordt voorkomen dat de huid klam of week wordt, is van belang om te voorkomen dat de wrijvingscoëfficiënt van de huid toeneemt (zie: *Microklimaat in context*²⁸, pagina's 19-25).

- **Overweeg het gebruik van folieverbanden om delen van het lichaam met een verhoogd risico op wrijfkrachtensletsel of letsel als gevolg van het gebruik van kleefband te beschermen¹.**

Er wordt onderzoek verricht naar een toenemend assortiment wondverbandproducten (inclusief folieverbanden) die zich richten op het verminderen van schuifspanning en wrijfkrachten op kwetsbare plaatsen⁴⁶. Transparante wondverbanden, zoals folie, maken het controleren van de onderliggende huid mogelijk. In een onderzoek met een diemodel werd ontdekt dat folieverbanden schuifspanning en druk meer verminderen dan andere soorten verbanden²⁶.

Er is onder meer klinisch onderzoek verricht naar een hydrocolloïd wondverband met aan de buitenkant een lage wrijvingscoëfficiënt. Ontdekt werd dat dit wondverband na aanbrengen op een plaats die gevoelig is voor schuifschade, zoals de hiel⁴⁷, de schuifkracht vermindert en dat het de incidentie van niet wegdrukbaar erytheem aanzienlijk afneemt wanneer het wondverband over de grote trochanter wordt geplaatst⁴⁸. In een recenter onderzoek werd het aanbrengen van een zacht siliconen wondverband op het sacrum bij ICU-patiënten met een verhoogd risico in verband gebracht met een afname van de incidentie van sacrale decubitus tot nul⁴⁹.

Houding

- **Kies een houding die voor de patiënt acceptabel is en die de druk en de schuifspanning die op de huid en de weke delen wordt uitgeoefend minimaliseert¹.**
- **Beperk de verhoging van het hoofdeinde van het bed tot 30 graden bij een patiënt met bedrust, tenzij dit gecontra-indiceerd is gezien de medische toestand van de patiënt. Als dit niet gecontra-indiceerd is, stimuleer de patiënt dan om in een zijligging van 30 tot 40 graden of plat in bed te slapen¹.**

- **Gebruik hulpmiddelen bij verplaatsen om wrijfkrachten en schuifspanning te beperken. Til de patiënt op bij het veranderen van houding, niet slepen¹.**
- **Wanneer in bed zitten noodzakelijk is, verhoog het hoofdeinde van het bed dan niet en voorkom een hangende houding waardoor op het heiligbeen en het staartbeen druk en schuifspanning wordt uitgeoefend¹.**

Het advies van gespecialiseerde adviseurs op het gebied van zitkussens en ligsystemen kan noodzakelijk zijn om ervoor te zorgen dat de patiënt in een comfortabele positie wordt geplaatst waarbij schuifkrachten en wrijfkrachten geminimaliseerd zijn, en waarbij het verhogen van het hoofdeinde van het bed wordt vermeden. Een lichte ondersteuning van de knieën (verhoging van het deel van een ligstelsel op de plaats van de knieën) kan ertoe bijdragen dat de patiënt in bed niet omlaag glijdt.

De aanbeveling voor het beperken van de verhoging van het hoofdeinde van het bed is gebaseerd op een onderzoek dat bij gezonde vrijwilligers is verricht. Hierbij werd ontdekt dat de 30° semi-Fowler-positie (waarbij zowel het hoofdeinde als het voeteneinde van het bed 30° verhoogd zijn) minder druk en schuifspanning veroorzaakt dan een liggende houding met een verhoging van het hoofdeinde van het bed met 30°⁵⁰. Uit hetzelfde onderzoek bleek dat een zijligging van 30° lagere interfacedrukmetingen gaf dan een zijligging van 90°⁵⁰.

Bij het kiezen van een positie voor de patiënt moeten echter alle behoeften van de patiënt in overweging worden genomen. Als de patiënt bijvoorbeeld wordt beademd, dan kunnen ICU-protocollen voor kritieke zorg een verhoging van het hoofdeinde van het bed aanbevelen van 30–45°.

Het risico van wrijfkrachtenswonden kan worden verminderd door de houding van de patiënt voorzichtig te veranderen waarbij slepen over het laken op de onderlaag wordt voorkomen, en met gebruik van draailakens of transfervoorzieningen⁵¹.

Ligsystemen

- **Zorg voor een ligstelsel die goed past bij de behoeften van de patiënt voor het herverdelen van druk, het verminderen van schuifspanning en het reguleren van het microklimaat¹.**

Voor de selectie van een ligstelsel kan multidisciplinair overleg noodzakelijk zijn. Naast het verminderen van de druk en schuifspanning moet bij het kiezen van het ligstelsel rekening worden gehouden met factoren zoals het vermogen om aspecten van het microklimaat te reguleren,

bv. de huidvochtigheid en de temperatuur (zie: *Microklimaat in context*²⁸, pagina's 19–25).

Na het veranderen van houding adviseren sommige artsen dat de patiënt korte tijd van de ligondersteuning wordt afgehaald om bij te dragen aan het verlichten van de schuifkrachten die tijdens de manoeuvre zijn opgebouwd. Dit biedt ook de gelegenheid om te controleren of er geen rimpels in de onderlaag zitten en of de huid van de patiënt glad is en niet vervormd is geraakt.

Schuifkrachten kunnen bij een patiënt in rugligging tijdens bedhandelingen worden verminderd door het buigen van de knieën, en het op elkaar afstemmen van de buigpunten van het lichaam met die van het bed¹⁸.

- **Voorkom schuifspanning bij gebruik van laterale rotatiefuncties. Controleer de huid frequent op schuifletsel¹.**

De laterale rotatiefuncties van sommige bedden stelt de patiënt in staat om door de mechanische beweging van het bed van de ene zij op de andere zij te draaien. Met dergelijke bedden kan een patiënt echter niet volledig in een andere houding worden geplaatst en hulpmiddelen voor het verplaatsen zijn noodzakelijk voor het behouden van een goede uitlijning van het lichaam en om verschuivingen binnen het bed te voorkomen. Door middel van verscheidene rotaties moet de patiënt regelmatig worden onderzocht om te controleren op glijbewegingen die schuifspanning en wrijfkrachten kunnen veroorzaken.

CONCLUSIE

Schuifspanningen – en hiermee samenhangend: wrijfkrachten – zijn belangrijke extrinsieke factoren die een rol spelen bij de ontwikkeling, en soms bij het aanhouden, van decubitus. Er blijven echter veel onzekerheden over de rol en het kritieke niveau voor schuifspanning en wrijfkrachten bij de ontwikkeling van decubitus. En toch draagt een duidelijk begrip van het ontstaan van schuifspanning en wrijfkrachten zonder twijfel bij aan een consistente implementatie door artsen van aspecten van protocollen ter preventie van decubitus die zijn ontwikkeld met als doel het minimaliseren van schuifspanning en het voorkomen van een hogere wrijvingscoëfficiënt van de huid.

LITERATUURVERWIJZINGEN

1. National Pressure Ulcer Advisory Panel and European Pressure Ulcer Advisory Panel. *Prevention and treatment of pressure ulcers: clinical practice guideline*. Washington DC: National Pressure Ulcer Advisory Panel, 2009.
2. Chow WW, Odell EI. Deformations and stresses in soft body tissues of a sitting person. *J Biomech Eng* 1978; 100: 79–87.
3. Takahashi M, Black J, Dealey C, Gefen A. Pressure in

- context. In: *International review. Pressure ulcer prevention: pressure, shear, friction and microclimate in context*. London: Wounds International, 2010. Verkrijgbaar via: www.woundsinternational.com/journal.php?contentid=127.
4. Shear Force Initiative. *Shear*. Verkrijgbaar via: http://npuap.org/Shear_slides.pdf.
 5. National Pressure Ulcer Advisory Panel Support Surface Standards Initiative. *Terms and definitions related to support surfaces (ver. 01/29/2007)*. National Pressure Ulcer Advisory Panel, 2007. Verkrijgbaar via: http://www.npuap.org/NPUAP_S3I_TD.pdf.
 6. Gefen A. Risk factors for a pressure-related deep tissue injury: a theoretical model. *Med Biol Eng Comput* 2007; 45(6): 563-73.
 7. Kobara K, Eguchi A, Watanabe S, Shinkoda K. The influence of the distance between the backrest of a chair and the position of the pelvis on the maximum pressure on the ischium and estimated shear force. *Disabil Rehabil Assist Technol* 2008; 3(5): 285-91.
 8. Linder-Ganz E, Gefen A. Mechanical compression-induced pressure sores in rat hindlimb: muscle stiffness, histology, and computational models. *J Appl Physiol* 2004; 96(6): 2034-49.
 9. Reger SI, Ranganathan VK. The importance of the microenvironment of support surfaces in the prevalence of pressure ulcers. In: Gefen A (ed). *Bioengineering Research of Chronic Wounds (Studies in Mechanobiology, Tissue Engineering and Biomaterials): A Multidisciplinary Study Approach*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 2009.
 10. Takahashi M. Pressure reduction and relief from a viewpoint of biomedical engineering. *Stoma* 1999; 9(1): 1-4.
 11. Reger SI, Ranganathan VK, Sahgal V. Support surface interface pressure, microenvironment, and the prevalence of pressure ulcers: an analysis of the literature. *Ostomy Wound Manage* 2007; 53(10): 50-58.
 12. Gerhardt LC, Lenz A, Spencer ND, et al. Skin-textile friction and skin elasticity in young and aged persons. *Skin Res Technol* 2009; 15(3): 288-98.
 13. Palevski A, Glaich I, Portnoy S, et al. Stress relaxation of porcine gluteus muscle subjected to sudden transverse deformation as related to pressure sore modeling. *J Biomech Eng* 2006; 128(5): 782-87.
 14. Gefen A, Haberman E. Viscoelastic properties of ovine adipose tissue covering the gluteus muscles. *J Biomech Eng* 2007; 129(6): 924-30.
 15. Bader DL, Bowker P. Mechanical characteristics of skin and underlying tissues in vivo. *Biomaterials* 1983; 4(4): 305-8.
 16. Linder-Ganz E, Shabshin N, Itzchak Y, Gefen A. Assessment of mechanical conditions in sub-dermal tissues during sitting: a combined experimental-MRI and finite element approach. *J Biomech* 2007; 40(7): 1443-54.
 17. Linder-Ganz E, Shabshin N, Itzchak Y, et al. Strains and stresses in sub-dermal tissues of the buttocks are greater in paraplegics than in healthy during sitting. *J Biomech* 2008; 41(3): 567-80.
 18. Mimura M, Ohura T, Takahashi M, et al. Mechanism leading to the development of pressure ulcers based on shear force and pressures during bed operation: influence of body types, body positions and knee positions. *Wound Repair Regen* 2009; 17(6): 789-96.
 19. Fontaine R, Rislely S, Castellino R. A quantitative analysis of pressure and shear in the effectiveness of support surfaces. *J Wound Ostomy Continence Nurs* 1998; 25(5): 233-39.
 20. Linder-Ganz E, Gefen A. The effects of pressure and shear on capillary closure in the microstructure of skeletal muscles. *Ann Biomed Eng* 2007; 35(12): 2095-107.
 21. Reichel SM. Shearing force as a factor in decubitus ulcers in paraplegics. *J Am Med Assoc* 1958; 166(7):762-63.
 22. Shea JD. Pressure sores: classification and management. *Clin Orthop Relat Res* 1975; (112): 89-100.
 23. Bennett L, Kavner D, Lee BK, Trainor FA. Shear vs pressure as causative factors in skin blood flow occlusion. *Arch Phys Med Rehabil* 1979; 60(7): 309-14.
 24. Hobson DA. Comparative effects of posture on pressure and shear at the body-seat interface. *J Rehabil Res Devel* 1992; 29(4): 21-31.
 25. Goossens RH, Snijders CJ. Design criteria for the reduction of shear forces in beds and seats. *J Biomech* 1995; 28(2): 225-30.
 26. Ohura T, Ohura N Jr, Takahashi M. Influence of external force (pressure and shear force) on superficial layer and subcutis of porcine skin and effects of dressing materials – are dressing materials beneficial for reducing pressure and shear force in tissues? *Wound Rep Regen* 2008; 16(1): 102-7.
 27. Takahashi M. Pressure ulcer: up-to-date technology. The 43rd Conference of Japanese Society for Medical and Biological Engineering, 2004. *Transactions of the Japanese Society for Medical and Biological Engineering* 2004; 42(1): 160.
 28. Clark M, Romanelli M, Reger S, et al. Microclimate in context. In: *International review. Pressure ulcer prevention: pressure, shear, friction and microclimate in context*. London: Wounds International, 2010. Verkrijgbaar via: www.woundsinternational.com/journal.php?contentid=127.
 29. Gerhardt LC, Strässle V, Lenz A, et al. Influence of epidermal hydration on the friction of human skin against textiles. *J R Soc Interface* 2008; 5(28): 1317-28.
 30. Gerhardt LC, Mattle N, Schrade GU, et al. Study of skin-fabric interactions of relevance to decubitus: friction and contact-pressure measurements. *Skin Res Technol* 2008; 14(1): 77-88.
 31. Song HW, Park YK, Lee SJ, et al. The development of the friction coefficient inspection equipment for skin using a load cell. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2008; 1545-48.
 32. Cua AB, Wilhelm KP, Maibach HI. Frictional properties of human skin: relation to age, sex and anatomical region, stratum corneum hydration and transepidermal water loss. *Br J Dermatol* 1990; 123(4): 473-79.
 33. Sivamani RK, Goodman J, Gitis NV, Maibach HI. Coefficient of friction: tribological studies in man - an overview. *Skin Res Technol* 2003; 9(3): 227-34.
 34. Zhong W, Ahmad A, Xing MM, et al. Impact of textiles on formation and prevention of skin lesions and bedsores. *Cutan Ocul Toxicol* 2008; 27(1): 21-28.
 35. Zhong W, Xing MM, Pan N, Maibach HI. Textiles and human skin, microclimate, cutaneous reactions: an overview. *Cutan Ocul Toxicol* 2006; 25(1): 23-39.
 36. Registered Nurses' Association of Ontario. *Risk assessment and prevention of pressure ulcers*. (Herzian). Toronto, Canada: Registered Nurses' Association of Ontario, 2005.
 37. Rush A. Bariatric care: pressure ulcer prevention. *Wound Essentials* 2009; 4: 68-74.
 38. Ohura T, Ohura N. Pathogenetic mechanisms and classification of undermining in pressure ulcers – elucidation of relationship with deep tissue injury. *Wounds* 2006; 18(12): 329-39.
 39. Fujimoto Y, Sanada H, Sugama J. The relationship between pressure ulcer development and wheelchair position in the elderly: comparison between lateral and wheelchair position. *J Jap Acad Nurs Sci* 2004; 24: 36-45.
 40. Bergstrom N, Braden BJ, Laguzza A, Holman V. The Braden scale for predicting pressure sore risk. *Nurs Res* 1987; 36(4): 205-10.
 41. Norton D. Calculating the risk: reflections on the Norton Scale. *Decubitus* 1989; 2(3): 24-31. Erratum in: *Decubitus* 1989; 2(4): 10.
 42. Waterlow J. The Waterlow score card. Verkrijgbaar via: www.judy-waterlow.co.uk/the-waterlow-score-card.htm.
 43. Defloor T, Schoonhoven L, Fletcher J, et al. Pressure ulcer classification. Differentiation between pressure ulcers and moisture lesions. *EPUAP Review* 2005; 6(3). Verkrijgbaar via: http://www.epuap.org/review6_3/page6.html.
 44. Ek AC, Gustavsson G, Lewis DH. The local skin blood flow in areas at risk for pressure sores treated with massage. *Scand J Rehabil Med* 1985; 17(2): 81-86.
 45. Dyson R. Bed sores – the injuries hospital staff inflict on patients. *Nurs Mirror* 1978; 146(24): 30-32.
 46. Butcher M, Thompson G. Can the use of dressing materials actually prevent pressure ulcers: presenting the evidence. *Wounds UK* 2010; 6(1): 119-125.
 47. Nakagami G, Sanada H, Konya C, et al. Comparison of two pressure ulcer preventive dressings for reducing shear force on the heel. *J Wound Ostomy Continence Nurs* 2006; 33(3): 267-72.
 48. Nakagami G, Sanada H, Konya C, et al. Evaluation of a new pressure ulcer preventive dressing containing ceramide 2 with low frictional outer layer. *J Adv Nurs* 2007; 59(5): 520-29.
 49. Brindle CT. Identifying high-risk ICU patients: use of an absorbent soft silicone self-adherent bordered foam dressing to decrease pressure ulcers in the surgical trauma ICE patient. *J Wound Ostomy Continence Nurs* 2009; 36(3S): S27.
 50. Defloor T. The effect of position and mattress on interface pressure. *Appl Nurs Res* 2000; 13(1): 2-11.
 51. McGill SM, Kavcic NS. Transfer of the horizontal patient: the effect of a friction reducing assistive device on low back mechanics. *Ergonomics* 2005; 48(8): 915-29.

Microklimaat in context

M Clark, M Romanelli, SI Reger, VK Ranganathan, J Black, C Dealey

INLEIDING

Van talloze factoren is verondersteld dat deze betrokken zijn bij de etiologie en de pathofysiologie van decubitus¹⁻³. Toch is het duidelijk dat er nog steeds veel te leren valt over de complexe interactie tussen de vele intrinsieke en extrinsieke factoren die hierbij zijn betrokken. De laatste tijd is interesse ontstaan in de wijze waarop het veranderen van de omgeving bij en rondom het huidoppervlak – het microklimaat – invloed kan hebben op het risico van de ontwikkeling van decubitus^{4,5}.

In dit artikel worden volgens de huidige kennis van het microklimaat de belangrijkste parameters beschreven die een rol spelen en wordt onderzocht wat bekend is over de relatie tussen microklimaat en de ontwikkeling van decubitus. Ook worden de interventies beschreven die het microklimaat gunstig kunnen beïnvloeden. De discussie gaat ook over het effect van de verschillende ligondersteuning op het microklimaat en hoe regulering van het microklimaat kan bijdragen aan het voorkomen van decubitus.

DE FEITEN

Binnen de context van decubitus wordt met microklimaat gewoonlijk verwezen naar de huidtemperatuur en de vochtcondities op het raakvlak tussen huid en onderlaag.

WAT IS MICROKLIMAAT?

In 1976 rapporteerde Roaf dat de eerste in het UK gehouden conferentie over decubitus de nadruk legde op bekende factoren die bijdragen aan de ontwikkeling van decubitus: 'We weten hoe we decubitus en weefselnecrose kunnen voorkomen – in stand houden van de bloedcirculatie, vermijden van lang aanhoudende druk, van schaafwonden, van extreme hitte en kou, handhaven van een gunstig microklimaat, vermijden van het gebruik van irriterende vloeistoffen en het voorkomen van infectie⁶.

Het handhaven van een gunstig microklimaat werd bij vroege publicaties over decubitus gezien als de belangrijkste factor die invloed heeft op het vermogen van de huid en de onderliggende weke delen om langdurige spanning, bv. druk en schuifspanning, te kunnen verdragen. De belangrijke rol die het aanpassen van het microklimaat speelt bij de preventie van decubitus is sinds de jaren 1970 grotendeels over het hoofd gezien, maar staat nu opnieuw in de belangstelling.

Volgens Roaf omvat het microklimaat de huidtemperatuur, de luchtvochtigheid en de luchtbeweging⁶. Tegenwoordig verwijst het gebruik van de term microklimaat met betrekking tot decubitus echter gewoonlijk naar:

- huidoppervlak of weefseltemperatuur en
- de luchtvochtigheid of de vochtigheid van het huidoppervlak op het raakvlak tussen lichaam en onderlaag^{2,7}.

Zoals verderop wordt beschreven, gebruiken sommige onderlagen luchtbeweging voor het beïnvloeden van de temperatuur en de

luchtvochtigheid/vochtigheid op het raakvlak tussen huid en onderlaag.

De verschillende onderzoeken naar het effect van elementen van microklimaat op de huid en op de ontwikkeling van decubitus zijn inconsistent voor wat betreft de gebruikte definities, waardoor interpretatie van het onderzoek en vergelijking moeilijk wordt. Sommige van de gebruikte definities worden hieronder beschreven.

Temperatuur van het huidoppervlak

De methoden die worden gebruikt voor het meten van de temperatuur van het huidoppervlak zijn onder meer:

- meting bij 'stralingsevenwicht' – dat wil zeggen wanneer de temperatuur van de blootgestelde huid steady state heeft bereikt na blootstelling aan lucht
- meting van het raakvlak tussen de huid en de onderlaag waarbij de patiënt nog steeds contact maakt met de onderlaag of zeer snel nadat het contact met de onderlaag is verbroken.

De eerste methode – meting bij stralingsevenwicht – biedt een indicatie van de 'intrinsieke' huidtemperatuur (maar niet die van de lichaamskern) van de patiënt (hoewel deze nog steeds onderhevig is aan externe variabelen zoals de omgevingstemperatuur. De tweede methode biedt een indicatie van de temperatuur op het raakvlak tussen huid en onderlaag.

De temperatuur kan rechtstreeks worden gemeten, bv. met een thermometer, of niet rechtstreeks door gebruik van infrarode thermale beeldvorming (thermografie)⁸.

Vochtigheid

Binnen de literatuur met betrekking tot microklimaat worden 'vochtigheid' en 'huidvochtigheid' soms als synoniemen gebruikt. Strikt gesproken heeft vochtigheid betrekking op de hoeveelheid waterdamp in de lucht:

- **absolute vochtigheid** – wordt uitgedrukt als het gewicht van water in grammen per kubieke meter lucht (g/m^3)
- **relatieve luchtvochtigheid** (vaak afgekort tot luchtvochtigheid) – is een verhouding uitgedrukt als percentage waarbij de hoeveelheid waterdamp in de lucht bij een specifieke luchttemperatuur wordt afgezet tegen de maximale hoeveelheid waterdamp die een hoeveelheid lucht bij die temperatuur kan vasthouden (Kader 1). De relatieve luchtvochtigheid van de normale leefomgeving wordt uitgedrukt als omgevingsvochtigheid.

De absolute luchtvochtigheid wordt beïnvloed door de luchttemperatuur: warmere lucht kan meer waterdamp vasthouden dan koelere lucht.

KADER 1 Definities van vochtigheid

Absolute luchtvochtigheid (g/m ³)	=	$\frac{\text{gewicht van waterdamp}}{\text{luchtvolume}}$
Relatieve luchtvochtigheid bij een specifieke temperatuur (%)	=	$\frac{\text{de hoeveelheid waterdamp in de lucht bij een specifieke temperatuur}}{\text{de maximale hoeveelheid waterdamp die bij die temperatuur in de lucht kan worden vastgehouden}}$

DE FEITEN

- De definities van elk element van microklimaat vereisen een verdere verduidelijking; de terminologie rondom huidvochtigheid en luchtvochtigheid kan gedeeltelijk verwarrend zijn.
- Een verhoogde huidtemperatuur kan gepaard gaan met decubitus door het verhogen van de gevoeligheid voor de ischemische effecten van druk en schuifspanning, en door verzwakken van het stratum corneum.

Daarom heeft warmere lucht bij dezelfde absolute luchtvochtigheid een lagere relatieve vochtigheid dan koelere lucht.

Relatieve vochtigheid wordt gemeten met behulp van een hygrometer. In relatie tot de huid kan de relatieve vochtigheid worden gemeten op het raakvlak tussen de huid en een onderlaag, of vlak boven blootliggende huid^{9,10}.

Huidvochtigheid

Huidvochtigheid is moeilijk te definiëren: het kan verwijzen naar de aanwezigheid van vocht op het huidoppervlak ('natheid') door transpireren, incontinentie of wond/fisteldrainage of naar het vochtgehalte van de buitenste laag van de huid zelf (het stratum corneum).

De huidvochtigheid kan subjectief worden beoordeeld, bv. met behulp van de subschaal vochtigheid van de Braden-schaal voor het beoordelen van het risico op decubitus: Hierbij wordt de huid ingedeeld als droog of als een graad van vochtigheid op basis van de frequentie van het verschonen van het beddengoed en het detecteren van vochtigheid op het huidoppervlak¹¹. Methoden voor het kwantitatief beoordelen van de vochtigheidsgehalte van het stratum corneum omvat onder meer meting van de elektrische eigenschappen, zoals de geleiding of capaciteit van het huidoppervlak¹².

Luchtverplaatsing

Luchtverplaatsing is de minst onderzochte factor van de originele definitie van microklimaat van Roaf, maar wordt door sommigen ligondersteuning gebruikt om te helpen bij het reguleren van het microklimaat door het aanpassen van de temperatuur en de luchtvochtigheid/huidvochtigheid. De luchtstroom kan kwantitatief worden uitgedrukt als de snelheid van de luchtstroom langs de huid, bv. in meters per seconde, of door de snelheid waarmee lucht door een onderlaag wordt gepompt, bv. in liters per minuut.

HOE VERHOUDT DE TEMPERAATUUR VAN HET HUIDOPPERVLAK ZICH TOT HET RISICO VAN DECUBITUS?

Een verhoogde **lichaamstemperatuur** (pyrexie) is een bekende risicofactor voor decubitus^{13,14}. Het

is duidelijk vastgesteld dat door het verhogen van de lichaamstemperatuur met 1 °C de metabole activiteit van lichaamsweefsel (dat wil zeggen de behoefte aan zuurstof en energie) ongeveer 10% hoger wordt¹⁵. Ischemie verschijnt per definitie wanneer de weefselperfusie niet langer voldoende is om aan de behoeften van het weefsel te voldoen. Daarom ontstaat bij een grotere metabole behoefte al bij een kleinere afname van de weefselperfusie ischemie dan wanneer de metabole behoefte stabiel is. Dit duidt erop dat bij een patiënt met een verhoogde lichaamstemperatuur en een gecompromitteerde weefselperfusie als gevolg van blootstelling aan druk en schuifspanning sneller ischemie en weefselbeschadiging kunnen optreden en bij een lager niveau en/of een kortere duur van druk/schuifspanning dan wanneer de lichaamstemperatuur normaal was¹⁶.

Aan dit idee is nog toegevoegd dat een verhoogde **huidtemperatuur** een rol zou kunnen spelen bij de ontwikkeling van decubitus.

Bovendien heeft de temperatuur invloed op de sterkte van het stratum corneum: bij 35 °C is de mechanische sterkte van het stratum corneum 25% van die bij 30 °C¹⁷.

In contrast daarmee gaat een lagere temperatuur van de lichaamskern tijdens een operatie gepaard met de ontwikkeling van decubitus¹⁴. Om te onderzoeken of het voorkomen van hypothermie tijdens chirurgie de incidentie van decubitus kan verminderen gaven Scott et al tijdens chirurgie aan 338 patiënten forced-air-warming-therapie. Er was een absolute risicoreductie voor wat betreft de incidentie van decubitus van 4,8% en een relatieve risicoreductie van 46% tussen degenen die opwarming ontvingen en degenen die de standaardzorg ontvingen. Dit verschil was echter niet statistisch significant¹⁸.

Wat beïnvloedt de huidtemperatuur?

Het lijkt vanzelfsprekend dat een hogere kerntemperatuur van het lichaam correleert met een hogere huidtemperatuur, en dat dit mogelijk helpt uitleggen waarom pyrexie een risicofactor is voor decubitus. Er ontbreekt echter duidelijk bewijs voor een correlatie en in een klein onderzoek is zelfs een negatieve correlatie tussen deze parameters ontdekt¹⁹.

Andere factoren die de huidtemperatuur kunnen verhogen zijn onder meer een hoge omgevingstemperatuur, een hoge omgevingsvochtigheid, een lage blootstelling aan de lucht, en contact met een ander oppervlak (zoals kleding, onderlaag, wondverband en incontinentieverband).

De huid speelt een belangrijke rol bij het reguleren van de lichaamstemperatuur. De twee

DE FEITEN

- De huidtemperatuur is in hoge mate variabel en wordt beïnvloed door een groot aantal omgevingsfactoren en fysiologische en pathologische factoren, inclusief omgevingsvochtigheid, omgevingstemperatuur en ziekteprocessen.
- Er is aanvullend onderzoek nodig om vast te stellen of de huidtemperatuur kan worden gebruikt voor het bepalen van het risico op of voor het voorspellen van de aankomende ontwikkeling van een drukulcer.
- Diermodellen wijzen erop dat koelen van de huid het weefsel kan beschermen tegen de effecten van druk. De samenwerking tussen intraoperatieve hypothermie en decubitus suggereert echter dat er een punt komt waarop door koeling geïnduceerde vasoconstrictie door druk geïnduceerde ischemie kan verergeren.

belangrijkste mechanismen voor koeling zijn:

- dermale vasodilatatie – hierdoor neemt de doorbloeding van de huid toe en het veroorzaakt warmteverlies door convectie en geleiding
- zweten – door transpiratie koelt de huid door verdamping af.

Deze reacties kunnen worden getriggerd door een stijging van de kerntemperatuur van het lichaam, bv. tijdens ziekte met koorts of tijdens inspanning, door een stijging van de omgevingstemperatuur, door het bedekken van de huid met kleding of door een onderlaag. de lokale transpiratie neemt aanzienlijk toe wanneer de huid warmer wordt dan ongeveer 33 °C²⁰. Het transpireren kan ook worden getriggerd door omstandigheden als shock, hyperthyreoïdie en hypoglykemie. Bij een hogere omgevingsvochtigheid vertraagt de verdamping van transpiratievocht, waardoor het transpiratievocht zich op de huid ophoopt.

Een grotere transpiratie is met name relevant voor het risico op decubitus omdat door vocht op het huidoppervlak de veerkracht van de huid kan afnemen en de wrijvingscoëfficiënt van de huid kan toenemen, waardoor deze meer vatbaar is voor druk, schuifspanning en wrijfkrachten (zie: *Druk in context*³, pagina's 2-10 en *Schuifkrachten en wrijfkrachten in context*²², pagina's 11-18).

Daar staat tegenover dat de bijdrage van de huid aan het behoud van de lichaamswarmte grotendeels door dermale vasoconstrictie wordt geregeld.

Wat is een normale huidtemperatuur?

Verrassend genoeg is er slechts beperkt informatie beschikbaar over een normale huidtemperatuur boven anatomische plaatsen die vatbaar zijn voor ontwikkeling van decubitus. In een belangrijk onderzoek werd gesteld dat plaatsen die vatbaar zijn voor de ontwikkeling van decubitus koeler zijn dan plaatsen in de nabije omgeving²³. Dit onderzoek bevatte echter verschillende zwakke punten; zo werd bijvoorbeeld de omgevingstemperatuur van de kamer niet gemeld, noch werd gemeld hoe lang de huid voorafgaand aan de temperatuurmeting aan de kamertemperatuur was blootgesteld.

Kan de temperatuur van het huidoppervlak de ontwikkeling van een decubituswond voorspellen?

In verscheidene onderzoeken is de samenhang tussen de huidtemperatuur en **beginnend drukletsel (Categorie I)** onderzocht. Hierin werden inconsistente veranderingen in de huidtemperatuur van gebieden met drukletsel gevonden: deze kon hoger zijn (mogelijk als gevolg van een ontsteking), hetzelfde, of lager (mogelijk als gevolg van

ischemie) in vergelijking met de temperatuur van onbeschadigde gebieden^{24,25}.

De weinige onderzoeken waarin werd onderzocht of de huidtemperatuur decubitus kan **voorspellen** waren niet overtuigend. In een prospectief cohortonderzoek mat Clark de sacrale huidtemperatuur bij 52 bejaarde ziekenhuispatiënten⁹. In dit cohort ontwikkelden zes patiënten decubitus; de huidtemperatuur van patiënten met en zonder ontwikkeling van decubitus was echter hetzelfde. Dit onderzoek werd echter tenietgedaan door een niet-uniforme toewijzing van ligondersteuning aan de deelnemende proefpersonen⁹. In een klein onderzoek bij patiënten met een neurologische stoornis werd ontdekt dat de huidtemperatuur 24-96 uur voor het ontwikkelen van een sacrale decubitus met minimaal 1,2°C toenam²⁶.

In een recent onderzoek is onderzocht of de regulering van de huidtemperatuur de ontwikkeling van decubitus kan voorspellen²⁷. Een klein deel van de patiënten in een verpleeghuis droeg een huidtemperatuurmonitor die gedurende vijf dagen continu vastgeplakt zat aan de rechter mid-axillaire lijn. In het onderzoek werd ontdekt dat patiënten met een hoog risico of bij wie zich decubitus ontwikkelden de minste variabiliteit in de huidtemperatuur hadden, wat wijst op een stoornis van de regulatie van de huidtemperatuur²⁷. Het is echter onbekend of het verminderde vermogen om de huidtemperatuur te reguleren rechtstreeks gerelateerd is aan de ontwikkeling van decubitus of dat dit een algemene marker is voor een verslechterende fysiologische toestand.

Hoe beïnvloedt een verandering van de lokale huidtemperatuur het risico op de ontwikkeling van decubitus?

Sommige onderzoekers hebben onderzocht hoe een verandering van de lokale huidtemperatuur de impact van druk op weefsel beïnvloed. In een dierexperimenteel onderzoek werd met indentors die waren opgewarmd tot 25, 35, 40 of 45 °C gedurende vijf uur een bekende druk (100 mmHg) uitgeoefend²⁸. Bij 35 °C werd matig-ernstig spierletsel waargenomen en bij 40 en 45 °C werd cutaan letsel en diep weefselletsel waargenomen (mogelijk speelde bij 45 °C ook een element van thermaal letsel een rol)²⁸. Als de belasting bij 25 °C werd toegepast, werd geen cutaan letsel of weefselletsel waargenomen, wat erop duidt dat koeling een beschermend effect kan hebben.

Recenter heeft Lachenbruch aan de hand van eerdere onderzoeken (inclusief dat van Kokate et al²⁸) beargumenteerd dat een daling van 5 °C in de temperatuur op het raakvlak van huid en onderlaag een weefselbeschermend effect zou geven dat in omvang vergelijkbaar is met een daling van de



AFBEELDING 1 Incontinentie gerelateerde dermatitis (met dank aan J Black)

interfacedruk die door de duurste ligsystemen wordt geboden²⁰. Deze hypothese blijft ongetest.

Hoewel koeling enig beschermend effect kan bieden, kan hypothermie tijdens chirurgie, zoals hiervoor al werd aangegeven, bijdragen aan het ontwikkelen van postoperatieve decubitus¹⁷.

HOE VERHOUDEN LUCHTVOCHTIGHEID EN HUIDVOCHTIGHEID ZICH TOT HET RISICO OP DECUBITUS?

Een hogere huidvochtigheid, met name wanneer dit het gevolg is van incontinentie, wordt reeds lange tijd erkend als een belangrijke risicofactor bij de ontwikkeling van decubitus²⁹⁻³¹. Er zijn echter slechts beperkte kwantitatieve gegevens beschikbaar over huidvochtigheid of vochtigheid om dit standpunt te ondersteunen.

Clark rapporteerde dat de vochtigheid vlak boven de sacrale huid van bejaarde ziekenhuispatiënten die daarna decubitus Categorie/Stadium II ontwikkelden hoger was dan de vochtigheid bij patiënten bij wie zich geen decubitus ontwikkelden⁹.

In een onderzoek in Indonesië en in een klein pilotonderzoek werd ontdekt dat een hogere huidvochtigheid gemeten aan de hand van de elektrische capaciteit correleert met de ontwikkeling van decubitus^{32,33}. Verder onderzoek is echter noodzakelijk om te bepalen of het meten van de huidvochtigheid op deze manier nuttig kan zijn bij het vaststellen welke patiënten baat hebben bij extra interventies om decubitus te voorkomen.

Effecten van excessieve huidvochtigheid

Van overmatige vochtigheid op het oppervlak van de huid, bv. als gevolg van transpiratie, incontinentie van urine of faeces, wond/fisteldrainage of braken, wordt aangenomen dat de hierdoor zwakkere huid bijdraagt aan een verhoogd risico op de ontwikkeling van decubitus. De vochtigheid kan de kruisverbindingen tussen het collageen in de dermis verzwakken en het stratum corneum week maken³⁴. Dit kan maceratie veroorzaken (of met incontinentie samenhangende dermatitis als het om urine gaat - Afbeelding 1) en vergroot ook de mate waarin de onderliggende bloedvaten aan de effecten van druk en schuifspanning worden blootgesteld.

Bovendien kan excessieve huidvochtigheid de wrijvingscoëfficiënt van de huid aanzienlijk verhogen³⁵, wat kan leiden tot een grotere kans op huidschade door wrijfkrachten en schuifspanning (zie: *Schuifkrachten en wrijfkrachten in context*²², pagina's 11-18).

Ook de relatieve vochtigheid beïnvloedt de sterkte van het stratum corneum: bij een relatieve vochtigheid van 100% is het stratum corneum 25 maal zwakker dan bij een relatieve vochtigheid van 50%¹⁶.

Effecten op excessieve droogheid van de huid

Een oudere huid is minder veerkrachtig en is kwetsbaarder voor beschadigingen dan een jongere huid, omdat de oudere huid over het algemeen dunner, structureel zwakker en droger is³⁶. Een droge huid heeft een lager vetgehalte, bevat minder vocht, heeft een lagere treksterkte, een geringere flexibiliteit en de integriteit van de verbinding tussen de dermis en de epidermis is lager. Een lage omgevingsvochtigheid vermindert de hoeveelheid water in het stratum corneum¹². De richtlijnen voor preventie van decubitus van het Agency for Health Care Policy and Research in de VS adviseren het vermijden van de relatieve omgevingsvochtigheid tot onder 40% om de kans op een droge huid te verminderen³⁷.

HOE VERHOUDT LUCHTVERPLAATSING ZICH TOT DE ONTWIKKELING VAN DECUBITUS?

En lijkt geen onderzoek te zijn gedaan dat specifiek kijkt naar de mogelijke rol van luchtbeveiliging bij de etiologie van decubitus. De relevantie van luchtverplaatsing kan gerelateerd zijn aan het feit dat luchtverplaatsing via convectie en evaporatie de huidtemperatuur en de hoeveelheid vocht in de huid kan beïnvloeden.

WAT WETEN WE NIET OVER MICROKLIMAAT ALS OORZAK VAN DECUBITUS?

De hoeveelheid literatuur waarin een link wordt gelegd tussen decubitus en microklimaat is relatief klein, waarbij weinig aandacht is voor de interactie tussen huid en stof (bv. lakens/hoezen over ligondersteuning). Bovendien zijn er aanwijzingen voor brede intra- en interindividuele verschillen in de parameters van het microklimaat van de huid, maar het effect hiervan op de ontwikkeling van decubitus is onduidelijk. De interpretatie van de beschikbare gegevens is daarom een uitdaging.

De verrichte *in vivo* experimentele onderzoeken naar de interactie tussen huid en stof hebben zelden geleid tot enige significante resultaten of definitieve conclusies³⁸. Dit kan gedeeltelijk worden verklaard door de aanzienlijke verschillen die kunnen bestaan in de toestand van de huid (bv. hydratatie, roodheid van het oppervlak, adhesie tussen huidlagen) tussen individuele patiënten en tussen verschillende anatomische locaties bij dezelfde patiënt³⁸.

KLINISCHE REGULERING VAN MICROKLIMAAT

De behoeften van de patiënt moeten zorgvuldig worden beoordeeld voordat aanpassingen in temperatuur en luchtvochtigheid/huidvochtigheid worden gedaan.

Een belangrijke strategie bij de regulering van microklimaat is controle over de onderliggende

DE FEITEN

- Een excessieve huidvochtigheid en een hoge relatieve luchtvochtigheid verzwakken de huid en vergroten de wrijvingscoëfficiënt van de huid, waardoor de kans op schade door druk, schuifspanning en wrijfkrachten toeneemt.
- Een droge huid is verzwakt en kwetsbaarder voor schade, bv. door druk, schuifspanning en wrijfkrachten.
- Onderzoek naar de effecten van luchtbewegingen moeten plaatsvinden om te bevestigen of te weerleggen of dit aspect van het microklimaat van significant belang is bij de etiologie van decubitus.
- Totdat een therapeutisch bereik voor temperatuur en vochtigheid/huidvochtigheid op het raakvlak tussen de patiënt en de onderlaag is vastgesteld, moet het klinisch oordeel worden gebruikt voor het vermijden van extremen (hoog of laag) bij deze factoren.

oorzaak van de uiterste temperatuurswaarde of huidvochtigheid, bv. pyrexie of incontinentie. Patiënten die warm zijn, kunnen met behulp van eenvoudige maatregelen worden afgekoeld, bv. door het reduceren van het aantal dekens, vermijden van plastic matrashoezen, frequent van houding veranderen, gebruik van een ventilator en dragen van ademende katoenen kleding. Daar waar beschikbaar in een klimaat met een hoge omgevingsvochtigheid, kan een airconditioning bijdragen aan het koelen en verlagen van de vochtigheid.

Van houding veranderen

Bij het reguleren van het microklimaat mag het belang van het van houding veranderen niet worden onderschat. Sommige matrashoezen zijn gemaakt van materiaal dat het verspreiden van warmte voorkomt. Door het in een andere houding plaatsen van de patiënt kan huid die in contact is geweest met de matrasovertrek aan de lucht worden blootgesteld en koeler worden. Het biedt ook de gelegenheid voor het verdampen van transpiratievocht.

Huidverzorging

Barrièrecremes en -sprays kunnen nuttig zijn bij het beschermen van een vochtige huid tegen verdere beschadiging, met name tegen urine^{2,39}. Het is echter het beste om incontinentie waar mogelijk dusdanig te behandelen dat de huid sowieso niet in contact met urine komt.

Bij incontinentie patiënten bij wie het noodzakelijk is om absorberende onderleggers te gebruiken, verdient het gebruik van ademende onderleggers waarbij het doorlaten van vochtdamp mogelijk is de voorkeur. Voorzichtigheid is geboden om er zeker van te zijn dat het gebruik van onderleggers niet verstorend werkt op de herverdeling van druk of op de regulerende eigenschappen voor het microklimaat van het gebruikte ligstelsel.

Bariatrische patiënten die vatbaar zijn voor overmatige transpiratie kunnen baat hebben bij frequent wassen en verschonen van de kleding en het bedlinnen om de huidvochtigheid te reguleren. Met name het ophopen van vocht in de huidplooien van bariatrische patiënten kan een probleem zijn, en kan resulteren in intertriginieuze dermatitis met bacteriële infecties en candidiasis (Afbeelding 2).

Het gebruik van emollientia kan bijdragen aan het verbeteren van een droge huid en kan het risico op huidschade verminderen². Wanneer de huid erg droog is, mogen deze middelen rijkelijk en frequent worden aangebracht (bv. tot aan drie tot vier keer per dag) en na het wassen of baden, waarbij ze water in de huid vasthouden.

De rol van ligsystemen bij het reguleren van het microklimaat

Elk ligstelsel dat in contact komt met de huid heeft het vermogen om het microklimaat te wijzigen door het veranderen van de verdampingssnelheid van vocht en de snelheid waarbij warmte de huid verlaat. Het totale effect op het microklimaat is afhankelijk van talloze factoren, inclusief de aard van de ligondersteuning zelf (dat wil zeggen waar deze van gemaakt is, hoe het materiaal zich aanpast, wat voor soort hoes er over zit)^{15,40}.

Zo hebben foammatrassen de neiging de huidtemperatuur te verhogen, vanwege de slechte eigenschappen voor warmtedoorlating¹⁵. De effecten van foamproducten op vocht zijn afhankelijk van de porositeit van de hoes¹⁵. Met gel gevulde producten kunnen aanvankelijk een verkoelend effect hebben dat na meer dan twee uur patiëntencontact afneemt en de neiging heeft de vochtigheid van het huidoppervlak te verhogen¹⁵. Met vloeistof gevulde producten die gebruikmaken van vloeistoffen met een hoge warmtecapaciteit hebben het vermogen om de huidtemperatuur te verlagen¹⁵. Wisseldrukmatrassen kunnen de stijging van de huidtemperatuur beperken⁴¹.

Sommige gespecialiseerde ligsystemen zijn voorzien van functies die helpen bij een actieve regulering van het microklimaat doordat zij lucht door het oppervlak laten stromen, bijvoorbeeld low-air-loss-functies of air fluidised bedden. De luchtstroom koelt de huid door convectie en door de verdamping van vocht vanaf het huidoppervlak⁴².

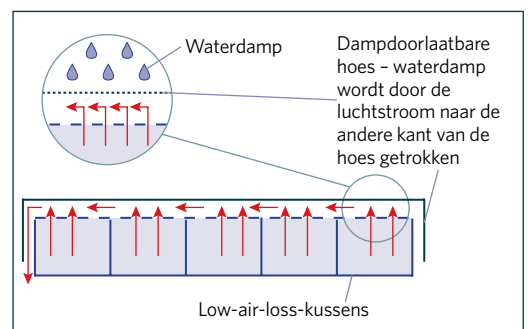
Low-air-loss-ligsystemen

Low-air-loss-ligsystemen pompen lucht in een reeks kussentjes en laten de lucht dan weer via kleine gaatjes (poreusheid) ontsnappen in de hoes van de kussentjes. De lucht stroomt langs de binnenkant van een dampdoorlaatbare contactlaag met daarop de patiënt, waardoor vocht en warmte door de contactlaag en weg van de huid worden getrokken¹⁶ (Afbeelding 3).

DE FEITEN

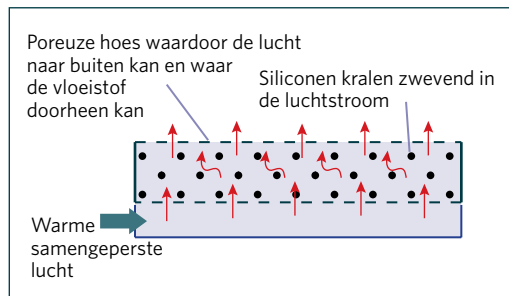
Reguleren van het microklimaat maakt onderdeel uit van preventie van decubitus en moet plaatsvinden binnen de context van een uitgebreid preventieprotocol voor decubitus waarbij rekening wordt gehouden met het comfort van de patiënt.

AFBEELDING 2 Candida-infectie in een huidplooi bij een bariatrische patiënt (met dank aan J Black)



AFBEELDING 3 Werking van low-air-loss-ligsystemen

AFBEELDING 4 Werking van air fluidised systemen



Van low-air-loss-ligsystemen is aangetoond dat ze de huidtemperatuur verlagen en minder vocht vasthouden dan standaard ziekenhuismatrasen⁴³.

Air fluidised systemen

Een air fluidised systeem bestaat uit vaste siliconendeeltjes ter grootte van een zandkorrel waar lucht doorheen wordt geperst. Door de luchtstroom nemen de deeltjes de eigenschappen van een vloeistof aan. De hoos over de deeltjes is poreus waardoor lucht kan ontsnappen en lichaamsvloeistoffen (bv. zweet, urine) er doorheen kunnen stromen (Afbeelding 4). Air fluidised bedden worden als de meest drogende ligondersteuning beschouwd; het vochtverlies neemt lineair toe met de hogere temperatuur van de luchtstroom⁴⁴.

De lucht die door de low-air-loss- en air fluidised hulpmiddelen stroomt, wordt gewoonlijk binnen een bereik van ongeveer 28-35 °C opgewarmd en kan worden ingesteld. Deze mogelijkheid is onmiskenbaar nuttig, maar moet met de nodige voorzorgen worden gebruikt om onjuiste koeling of opwarming te voorkomen.

Kiezen van een ligstelsel voor het reguleren van het microklimaat

Ondanks de beschikbaarheid van verscheidene soorten low-air-loss-ligsystemen en air fluidised ligsystemen is er weinig informatie beschikbaar aan de hand waarvan kan worden besloten welk ligstelsel voor welke patiënt geschikt is. Het kiezen van een ligstelsel vindt plaats op geleide van het klinisch oordeel waarbij rekening wordt gehouden met talloze factoren inclusief de behoefte van de patiënt aan herverdeling van de druk, de omvang van de patiënt, het vermogen van de patiënt om zich onafhankelijk om te draaien of te bewegen en de lichaamstemperatuur, de aanwezigheid van vocht op de huid of gelijktijdige aandoeningen zoals incontinentie. (Zie: *Druk in context*²⁸, pagina's 2-10, voor verdere informatie over drukverdelende ligsystemen).

Daar waar low-air-loss-systemen nuttig kunnen zijn om immobiele patiënten koel en droog te

houden, is het belangrijk om te onderkennen dat de patiënt die op deze hulpmiddelen ligt nog steeds moeten worden omgedraaid en in een andere houding moet worden gezet. Afhankelijk van de behoefte van de patiënt kan de frequentie van het veranderen van houding afnemen in vergelijking met die bij het gebruik van standaard matrassen (zie: *Druk in context*²⁸, pagina's 2-10).

Recent onderzoek heeft het belang benadrukt van het minimaliseren van het aantal lagen beddengoed tussen de patiënt en low-air-loss-ligsystemen om stijging van de huidtemperatuur te voorkomen⁴⁵.

De invloed van regulering van het microklimaat op de preventie van decubitus

Ligsystemen die zijn ontworpen om de regulering van het microklimaat te ondersteunen bieden ook herverdeling van de druk. Hierdoor wordt de beoordeling van de invloed van de regulering van het microklimaat op de incidentie van decubitus complexer, en momenteel ontbreekt nog bewijs dat aantoont dat regulering van het microklimaat rechtstreeks decubitus voorkomt.

Toch heeft klinisch onderzoek aangetoond dat sommige geavanceerde ligsystemen die de huidtemperatuur en de huidvochtigheid beïnvloeden, bv. air fluidised en low-air-loss-ligsystemen, effectiever zijn dan standaard foammatrasen voor de behandeling van decubitus⁴⁶. Bovendien is er enig bewijs dat low-air-loss-bedden de incidentie van decubitus op de ICU-afdeling verminderen⁴⁷.

CONCLUSIE

Het concept van microklimaat in relatie tot decubitus bestaat al enige tijd. Microklimaat en de elementen ervan moeten echter nog volledig worden gedefinieerd, en de relatie tot de ontwikkeling van decubitus moet duidelijk worden gekarakteriseerd. Tot op heden duiden de bewijzen erop dat extremen voor wat betreft de huidtemperatuur en/of de luchtvochtigheid/huidvochtigheid de gevoeligheid van de huid lijkt te verhogen voor de schadelijke effecten van druk, schuifspanning en wrijfkraften.

Daarom duidt dit erop dat het algemene doel van regulering van het microklimaat zou moeten liggen in het vermijden van extremen voor wat betreft temperatuur of huidvochtigheid en in het vergroten van het comfort van de patiënt. Nader onderzoek is echter noodzakelijk om de effecten van de 'traditionele' preventieve interventies (zoals het veranderen van houding) en die van onderlagen vast te stellen op elementen als het microklimaat van de huid en de incidentie van decubitus. Low-air-loss-ligsystemen en air fluidised bedden zijn

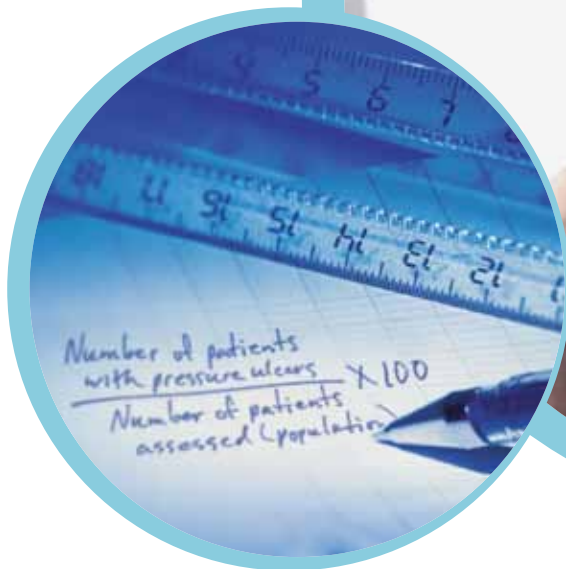
DE FEITEN

- Low-air-loss- en met lucht gefluidiseerde onderlaagsystemen bieden mechanismen voor actieve regulering van het microklimaat.
- Bij ontbreken van klinisch bewijs is de keuze voor de onderlaag voor de regulering van het microklimaat afhankelijk van het klinisch oordeel.
- Er is nader onderzoek noodzakelijk voor het beoordelen van de effectiviteit van functies voor regulering van het microklimaat bij het voorkomen van decubitus.

ontwikkeld om te helpen bij het reguleren van het microklimaat, maar in afwezigheid van bewijs voor het definiëren van een optimale huidtemperatuur en optimale vochtigheidswaarden blijft het klinisch oordeel noodzakelijk voor een effectief en veilig gebruik.

LITERATUURVERWIJZINGEN

- Lyder CH. Pressure ulcer prevention and management. *JAMA* 2003; 289(2): 223-26.
- National Pressure Ulcer Advisory Panel and European Pressure Ulcer Advisory Panel. *Prevention and treatment of pressure ulcers: clinical practice guideline*. Washington DC: National Pressure Ulcer Advisory Panel, 2009.
- European Pressure Ulcer Advisory Panel and National Pressure Ulcer Advisory Panel. *Prevention and treatment of pressure ulcers: quick reference guide*. Washington DC, USA: National Pressure Ulcer Advisory Panel, 2009. Verkrijgbaar via: www.npuap.org and www.epuap.org.
- Reger SI, Ranganathan VK, Sahgal V. Support surface interface pressure, microenvironment, and the prevalence of pressure ulcers: an analysis of the literature. *Ostomy Wound Manage* 2007; 53(10): 50-8.
- Reger SI, Ranganathan VK. The importance of the microenvironment of support surfaces in the prevalence of pressure ulcers. In: Gefen A (ed). *Bioengineering Research of Chronic Wounds (Studies in Mechanobiology, Tissue Engineering and Biomaterials): A Multidisciplinary Study Approach*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 2009.
- Roaf R. The causation and prevention of bed sores. *J Tissue Viability* 2006; 16(2): 6-8. Reprinted from *Bedsore Biomechanics*, McMillan Press, 1976.
- National Pressure Ulcer Advisory Panel. Support Surface Standards Initiative. *Terms and definitions related to support surfaces*. NPUAP, 2007. Verkrijgbaar via: http://www.npuap.org/NPUAP_S3I_TD.pdf.
- Linder-Ganz E, Gefen A. The effects of pressure and shear on capillary closure in the microstructure of skeletal muscles. *Ann Biomed Eng* 2007; 35(12): 2095-107.
- Clark M. The aetiology of superficial sacral pressure sores. In: Leaper D, Cherry G, Dealey C, Lawrence J, Turner T, editors. *Proceedings of the 6th European Conference on Advances in Wound Management*. Amsterdam: McMillan Press; 1996. p. 167-70.
- Schäfer P, Bewick-Sonntag C, Capri MG, Berardesca E. Physiological changes in skin barrier function in relation to occlusion level, exposure time and climatic conditions. *Skin Pharmacol Appl Skin Physiol* 2002; 15: 7-19.
- Bergstrom N, Braden B, Laguzza A, Holman V. The Braden scale for predicting pressure sore risk. *Nurs Res* 1987; 36(4): 205-10.
- Egawa M, Oguri M, Kuwahara T, Takahashi M. Effect of exposure of human skin to a dry environment. *Skin Res Technol* 2002; 8(4): 212-18.
- Bergstrom N, Braden B. A prospective study of pressure sore risk among institutionalized elderly. *J Am Geriatr Soc* 1992; 40(8): 747-758.
- Nixon J, Brown J, McElvenny D, et al. Prognostic factors associated with pressure sore development in the immediate post-operative period. *Int J Nurs Stud* 2000; 37(4): 279-84.
- Fisher SV, Szymke TE, Apte SY, Kosiak M. Wheelchair cushion effect on skin temperature. *Arch Phys Med Rehabil* 1978; 59(2): 68-72.
- Brienza DM, Geyer MJ. Using support surfaces to manage tissue integrity. *Adv Skin Wound Care* 2005; 18: 151-57.
- Flam E, Raab L. What is low air loss therapy? European Pressure Ulcer Advisory Panel, 8th EPUAP Open Meeting. May 2005.
- Scott EM, Leaper DJ, Clark M, Kelly PJ. Effects of warming therapy on pressure ulcers—a randomized trial. *AORN J* 2001; 73(5): 921-38.
- Knox DM. Core body temperature, skin temperature, and interface pressure. Relationship to skin integrity in nursing home residents. *Adv Wound Care* 1999; 12(5): 246-52.
- Lachenbruch C. Skin cooling surfaces: estimating the importance of limiting skin temperature. *Ostomy Wound Manage* 2005; 51(2): 70-9.
- Takahashi M, Black J, Dealey C, Gefen A. Pressure in context. In: *International review. Pressure ulcer prevention: pressure, shear, friction and microclimate in context*. London: Wounds International, 2010. Verkrijgbaar via: www.woundsinternational.com/journal.php?contentid=127.
- Reger SI, Ranganathan VK, Orsted HL, et al. Shear and friction in context. In: *International review. Pressure ulcer prevention: pressure, shear, friction and microclimate in context*. London: Wounds International, 2010. Verkrijgbaar via: www.woundsinternational.com/journal.php?contentid=127.
- Howell TH. Skin temperature of bedsore areas in the aged. *Exper Gerontol* 1981; 16(2): 137-40.
- Schubert V, Perbeck L, Schubert PA. Skin microcirculatory and thermal changes in elderly subjects with early stage of pressure sores. *Clin Physiol* 1994; 14(1): 1-13.
- Sprigle S, Linden M, McKenna D, et al. Clinical skin temperature measurement to predict incipient pressure ulcers. *Adv Skin Wound Care* 2001; 14(3): 133-7.
- Sae-Sia W, Wipke-Davis DD, Williams DA. Elevated sacral skin temperature (T(s)): a risk factor for pressure ulcer development in hospitalized neurologically impaired Thai patients. *Appl Nurs Res* 2005; 18(1): 29-35.
- Rapp MP, Bergstrom N, Padhye NS. Contribution of skin temperature regularity to the risk of developing pressure ulcers in nursing facility residents. *Adv Skin Wound Care* 2009; 22(11): 506-13.
- Kokate JY, Leland KJ, Held AM, et al. Temperature-modulated pressure ulcers: a porcine model. *Arch Phys Med Rehabil* 1995; 76(7): 666-73.
- Spector WD, Fortinsky RH. Pressure ulcer prevalence in Ohio nursing homes: clinical and facility correlates. *J Aging Health* 1998; 10(1): 62-80.
- Bergquist S, Frantz R. Pressure ulcers in community-based older adults receiving home health care. Prevalence, incidence, and associated risk factors. *Adv Wound Care* 1999; 12(7): 339-51.
- Schoonhoven, L, Grobbee DE, Donders ART, et al. Prediction of pressure ulcer development in hospitalized patients: a tool for risk assessment. *Qual Saf Health Care* 2006; 15(1): 65-70.
- Suriadi, Sanada H, Sugama J, et al. Risk factors in the development of pressure ulcers in an intensive care unit in Pontianak, Indonesia. *Int Wound J* 2007; 4(3): 208-15.
- Bates-Jensen BM, McCreath HE, Kono A, et al. Subepidermal moisture predicts erythema and stage 1 pressure ulcers in nursing home residents: a pilot study. *J Am Geriatr Soc* 2007; 55: 1199-1205.
- Mayrovitz HN, Sims N. Biophysical effects of water and synthetic urine on skin. *Adv Skin Wound Care* 2001; 14(6): 302-8.
- Gerhardt LC, Strässle V, Lenz A, et al. Influence of epidermal hydration on the friction of human skin against textiles. *J R Soc Interface* 2008; 5(28): 1317-28.
- Dealey C. Skin care and pressure ulcers. *Adv Skin Wound Care* 2009; 22(9): 421-28.
- Panel on the Prediction and Prevention of Pressure Ulcers in Adults. *Pressure Ulcers in Adults: Prediction and Prevention: Clinical Practice Guideline Number 3*. AHCPR Publication No.92-0047. Rockville, MD: Agency for Health Care Policy and Research, Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services. May 1992.
- Zhong W, Xing MM, Pan N, Maibach HI. Textiles and human skin, microclimate, cutaneous reactions: an overview. *Cutan Ocul Toxicol* 2006; 25(1): 23-39.
- Bale S, Tebble N, Jones V, Price P. The benefits of implementing a new skin care protocol in nursing homes. *J Tissue Viability* 2004; 14(2): 44-50.
- Ferrarin M, Ludwig N. Analysis of thermal properties of wheelchair cushions with thermography. *Med Biol Eng Comput* 2000; 38(1): 31-34.
- West J, Hopf H, Szaflarski N, et al. The effects of a unique alternating-pressure mattress on tissue perfusion and temperature. In: *5th Annual meeting of the European Tissue Repair Society*. Padua, ETRS: 1995.
- Reger SI, Adams TC, Maklebust JA, Sahgal V. Validation test for climate control on air-loss supports. *Arch Phys Med Rehabil* 2001; 82(5): 597-603.
- Flam E, Isayeva E, Kipervas Y, et al. Skin temperature and moisture management with a low air loss surface. *Ostomy Wound Manage* 1995; 41(9): 50-56.
- McNabb LJ, Hyatt J. Effect of an air-fluidized bed on insensible water loss. *Crit Care Med* 1987; 15(2): 161-62.
- Williamson R. Impact of linen layers to interface pressure and skin microclimate. Poster at NPUAP 11th Biennial Conference, 2009.
- Cullum N, Deeks J, Sheldon TA, et al. Beds, mattresses and cushions for pressure sore prevention and treatment. *Cochrane Database Syst Rev* 2000; (2): CD001735.
- Inman KJ, Sibbald WJ, Rutledge FS, Clark BJ. Clinical utility and cost-effectiveness of an air suspension bed in the prevention of pressure ulcers. *JAMA* 1993; 269(9): 1139-43.



KCI, Uw Partner bij Decubitus Management

Met meer dan 20 jaar ervaring op het gebied van decubituspreventie en -behandeling, kan KCI uw instelling helpen bij het verbeteren van uw decubitus resultaten. Naast ons portfolio van therapeutische ligondersteuning biedt KCI u de kennis, ervaring en programma's om de behoeften op het gebied van decubitus in te vullen. Laat u geheel vrijblijvend informeren over hoe KCI, samen met u en uw instelling, het decubitus probleem aanpakt en zorgt voor aantoonbaar verbeterde resultaten.

Voor meer informatie neemt u contact op met KCI 030 635 58 85.

KCI Medical B.V.
www.kci-medical.com

KCI THERAPEUTIC
Support Systems