# Cơ chế chịu tải trọng của thiết bị giảm tải áp lực đối với bàn chân tiểu đường

**Robert van Deursen**
Trung tâm nghiên cứu lâm sàng Cơ thể học,, Đại học Y khoa Wales, Cardiff, Anh Quốc

**Trong những hoạt động hàng ngày, chân là nơi chịu trọng lượng lớn, đặc biệt là khi hoạt động nhiều, chẳng hạn như đi bộ. Do một số yếu tố liên đến dáng đi, áp lực ở bề mặt lòng bàn chân trong suốt quá trình đi bộ sẽ thay đổi tuỳ theo bề mặt chân. Đái tháo đường thường dẫn đến mất cảm giác và thay đổi cấu trúc khiến bàn chân dễ bị thương hơn. Tăng áp lực lòng bàn chân là một yếu tố quan trọng làm vết loét lan rộng và kéo dài ở những bệnh nhân tiểu đường. Phương pháp điều trị bằng dụng cụ giảm tải áp lực là một dạng hỗ trợ bề mặt, giúp giải quyết sự gia tăng áp lực ở lòng bàn chân và sự lan rộng của các vết loét. Các cơ chế giảm tải áp lực hữu ích bao gồm giảm tốc độ đi bộ, thay đổi dáng tiếp đất của chân và chuyển dời tải trọng đến khu vực khác của chân hoặc cẳng chân. Các cơ chế giảm tải áp lực lòng bàn chân giúp tối ưu hoá việc điều trị, nhưng hiệu quả lâm sàng phải được chứng minh.**

Loét lòng bàn chân là một vấn đề phổ biến ở biến chứng thần kinh tiểu đường. Các vết loét thường bị tiến triển xấu dẫn đến phải cắt chi [1]. Điều này đã trở thành vấn đề quan trọng cần phải ngăn chặn ngay từ đầu. Các yếu tố bên trong, chẳng hạn như mất cảm giác là một tác nhân gây loét [2]. Ngoài ra, tải trọng mà chân phải chịu cũng đóng vai trò quan trọng không kém trong vấn đề này.

Ở đây, tôi thảo luận về các khía cạnh khác nhau về cơ chế chịu tải trọng của chân và phương hướng giảm tải trọng dựa theo cơ sinh học, bao gồm những nội dung chính sau: đầu tiên, cơ sinh học của bàn chân bình thường trong các hoạt động sinh hoạt cơ bản hàng ngày và cường độ tải trọng mà chân phải chịu. Thứ hai, những thay đổi ở bàn chân tiểu đường dẫn đến tăng tải trọng so với chân bình thường. Và cuối cùng là những biện pháp về cơ sinh học giúp điều trị và ngăn ngừa loét lòng bàn chân.

Reprints or correspondence: Dr. Robert van Deursen, Department of Physiotherapy Education, School of Healthcare Studies, University of Wales College of Medicine, Heath Park, Cardiff CF14 4XN, United Kingdom (vandeursenr@cardiff.ac.uk).

**Clinical Infectious Diseases 2004; 39:S87–91**

2004 by the Infectious Diseases Society of America. All rights reserved. 1058-4838/2004/3903S2-0004$15.00

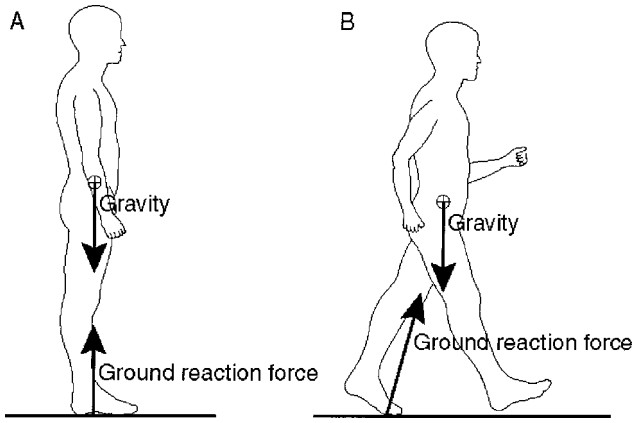
## CƠ CHẾ CHỊU TẢI TRỌNG CỦA CHÂN

Trong các hoạt động làm chân chịu tải trọng như đứng và đi bộ, bề mặt lòng bàn chân chịu phản lực nền (GRFs: Hình 1). Lực này gây biến dạng mô. Mối quan hệ giữa phản lực nền và biến dạng được gọi là ứng suất biến dạng (stress-strain relation). Ứng suất tương đương với phản lực (lực tác động trên một đơn vị diện tích), còn được gọi là áp lực. Biến dạng (Strain) tương đương với sự biến dạng (tỉ lệ thay đổi so vớik ích thước mô ban đầu: Hình 2). Một ứng suất vuông góc với bề mặt mô sẽ gây biến dạng nén. Một ứng suất song song với bề mặt mô (ứng suất trượt: shear stress) sẽ gây biến dạng trượt, điều này còn phụ thuộc vào sự có mặt của lực ma sát. Khi lực ma sát quá nhỏ, các bề mặt sẽ trượt lên nhau. Mức độ biến dạng phụ thuộc vào đặc tính của mô, được gọi là biểu đồ ứng suất biến dạng.

Khi đứng, GRF có giá trị bằng trọng lượng cơ thể. Mỗi chân sẽ chịu khoảng 50% trọng lượng cơ thể và phân bổ ở những bề mặt chịu trọng lượng của lòng bàn chân. Đây là một lực hướng thẳng đứng chịu tác động bởi các lực theo phương ngang (không đáng kể). Kết quả là xuất hiện các đỉnh áp lực ở lòng bàn chân, gót chân phải chịu áp lực cao hơn nửa bàn chân trước [3]. Mặc dù ở mức độ vừa phải, nhưng những áp lực này cũng đủ làm tắc nghẽn các mao mạch [4].



Downloaded from https://academic.oup.com/cid/article/39/Supplement_2/S87/330105 by Dongduk Women's University user on 01 October 2020




**Hình 1.** Phản lực nền (GRFs) tác động lên chân trong suốt quá trình đứng (*A*) và đi bộ (*B*). Trong quá trình đứng yên (*A*), trọng lực được phản ánh bởi trọng lượng cơ thể theo phương thẳng đứng, ngược chiều với GRF. Trong quá trình đi bộ (*B*), GRF không chỉ phản trọng lực mà còn trợ lực cho từng bước đi. Cường độ và phương hướng của lực sẽ khác hơn so với khi đứng yên.

Khi đứng yên, chung quy cơ thể sẽ có xu hướng hơi lắc lư [5], vì vậy áp lực tổng thể cũng như áp lực của mỗi chân đều có sự thay đổi. Tuy nhiên sự thay đổi này quá nhỏ, không đủ để có lợi cho lưu lượng máu trong mao mạch.

Khi đi bộ, vì một số lý do, áp lực tác động lên bàn chân sẽ cao hơn khi đứng yên. Đầu tiên, trọng lượng sẽ dồn lên một chân trong một khoảng thời gian. Theo ước tính, cả 2 bàn chân chỉ tiếp xúc với sàn khoảng 22% chu kỳ bước đi [6]. Thứ hai, đặc trưng của thì trụ (khoảng thời gian từ lúc gót chạm sàn cho đến lúc nhấc ngón cái, đây là thì khi chân chống đỡ cơ thể) là chuyển động lăn của bàn chân [7]. Thông thường, chuyển động lăn bắt đầu khi gót chân chạm đất, tiếp theo cả bàn chân chạm đất để chịu trọng lượng của cơ thể và cuối cùng là nhấc gót, lúc này cổ chân gập lòng để đẩy chân và cơ thể lên trước (Hình 3). Những giai đoạn khác nhau sẽ tác động lên những vị trí khác nhau của bàn chân. Tóm lại, tuỳ từng vị trí chống đỡ của lòng bàn chân, phản lực nền (GRFs) sẽ có tác động tương ứng từng vị trí, từ gót chân cho đến ngón chân cái. Giai đoạn gót chân tiếp xúc với mặt đất là giai đoạn đầu của thì trụ, chiếm khoảng 64%. Giai đoạn nửa bàn chân trước và các ngón chân tiếp xúc với mặt đất là giai đoạn cuối của thì trụ, chiếm khoảng 59%. Do đó khoảng thời gian cả gót chân và nửa bàn chân trước tiếp xúc với mặt đất (bàn chân bằng) là giai đoạn giữa thì trụ chỉ chiếm khoảng 23% [6]. Thứ 3, GRFs khác nhau về độ lớn và được biểu diễn qua biểu đồ đường cong hai đỉnh của lực tác động theo phương thẳng đứng (Hình 4). Đỉnh đầu tiên liên biểu diễn lực tác động theo phương thẳng đứng khi gót chân vừa chạm mặt đất, đỉnh thứ hai biểu diễn lực theo phương thẳng đứng liên quan đến tư thế chống bằng mũi chân trước để tạo lực đẩy cho bước đi tiếp theo khi kết thúc thì trụ. Ở tốc độ đi bộ bình thường, các đỉnh gấp 1,2 lần trọng lượng cơ thể. Nhưng nếu tăng tốc độ đi bộ, đỉnh sẽ tăng lên gấp 1,5 lần trọng lượng cơ thể [8]. Gót chân và nửa bàn chân trước luôn là nơi chịu đỉnh áp lực cao hơn vị trí giữa bàn chân. Đỉnh áp lực cao nhất thường tập trung ở vị trí nửa bàn chân trước và ngón chân cái.

Bên cạnh tác động của phản lực theo phương thẳng đứng, còn có các lực theo phương nằm ngang (lực trượt) tác động trong suốt quá trình di chuyển. Cường độ của lực có phương nằm ngang có thể bằng khoảng 25% trọng lượng cơ thể. Lực trượt này có hai hướng, hướng về sau vào gót chân và hướng ra trước vào nửa bàn chân trước. Các lực này cũng phân bố không đều dẫn đến xuất hiện nhiều đỉnh áp lực cục bộ [9].

Người trưởng thành đi bộ với vận tốc khoảng 1.4 m/s và có 113 bước/ phút [7]. Trong mỗi bước đi, bàn chân luôn phải chịu nhiều lực tác động. Có một tài liệu khảo sát về số lượng các bước đi được hàng ngày hoặc hàng năm với mẫu nhỏ gồm 6 đối tượng khoẻ mạnh và 6 đối tượng tiểu đường. Các đối tượng được theo dõi trong vòng 1 tuần với kết quả số bước trung bình mỗi ngày của chân phải là 5202 và chân trái là 4395 [10]. Khoảng 5,000 bước mỗi ngày sẽ là 12 triệu bước mỗi năm. Vì vậy, bàn chân chịu tải trọng rất đáng kể.

**Cơ chế chịu tải trọng của bàn chân tiểu đường**

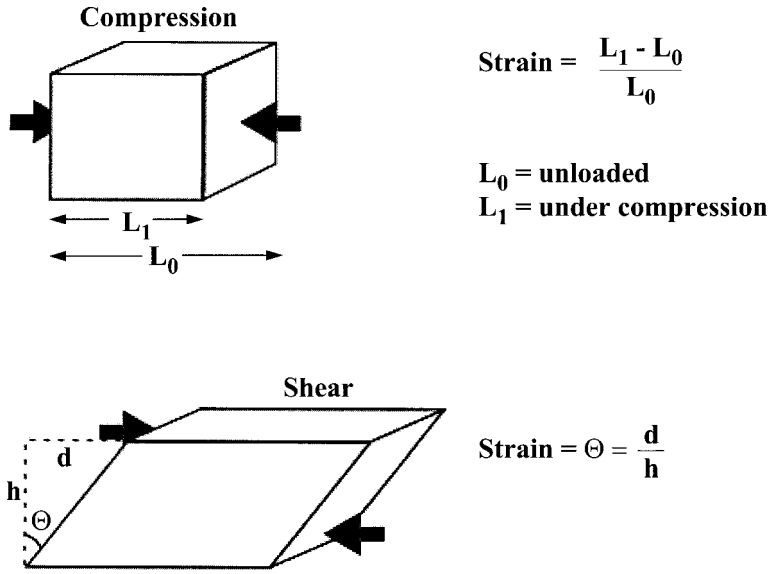
Bệnh tiểu đường có một vài yếu tố có thể ảnh hưởng đến áp lực tác động lên lòng bàn chân. Mất cảm giác là một yếu tố rất nghiêm trọng [11], hậu quả là bệnh nhân không thấy đau hoặc khó chịu khi lòng bàn chân bị thương hoặc bị áp lực quá tải, các tổn thương hoặc vết loét sẽ không được phát hiện kịp thời, điều này khiến các vết thương trở nên tồi tệ hơn. Các vấn đề khác về bệnh lý mạch máu do tiểu đường và tình trạng khô da làm cho bề mặt lòng bàn chân trở nên dễ bị tổn thương do áp lực.

Tình trạng thừa cân cũng ảnh hưởng đến cường độ của GRFs khi đi và đứng, làm tăng tải trọng mà chân phải chịu. Đã có báo cáo cho thấy có sự gia tăng áp lực tác động lên lòng bàn chân ở những người béo phì, đặc biệt là vị trí nửa bàn chân trước. Tuy nhiên, diện tích tiếp xúc giữa bàn chân và mặt đất cũng tăng lên [12,13], rõ ràng là bàn chân trở nên rộng hơn khi béo phì. Những thay đổi này có thể giải thích tại sao khối lượng cơ thể chỉ ảnh hưởng nhẹ đến áp lực tại lòng bàn chân ở bệnh nhân tiểu đường [14, 15].

Bệnh tiểu đường còn gây hạn chế khả năng hoạt động khớp [16, 17]. Giảm khả năng vận động ở mắt cá chân và khớp ngón chân cái, gây cản trở chuyển động lăn của bàn chân khi bước đi [18]. Điều này dẫn đến áp lực tác động lên lòng bàn chân cao hơn [19] và nguy cơ loét cao hơn [20]. Khớp cổ chân mất linh hoạt dẫn đến gót chân



Downloaded from https://academic.oup.com/cid/article/39/Supplement_2/S87/330105 by Dongduk Women's University user on 01 October 2020




**Hình 2.** Độ biến dạng (biến dạng cơ bản): phần trăm mức độ thay đổi so với mô ban đầu. Lực nén (phía trên) sẽ làm thay đổi độ dày, lực trượt (phía dưới) sẽ thay đổi góc độ của mô.

sẽ được nâng lên sớm hơn trong chu kỳ bước đi và nửa bàn chân trước sẽ chịu tải trọng sớm hơn. Khả năng hoạt động của ngón cái bị hạn chế dẫn đến ngón cái chịu tải trọng sớm hơn trong giai đoạn chống đẩy. Ngoài ra, biến chứng thần kinh vận động cũng dẫn đến những thay đổi về cấu trúc của bàn chân như teo cơ, biến dạng ngón chân cái, ngón chân hình búa và hình vuốt và các dị tật khác như vẹo ngón chân cái, bàn chân Charcot [21]. Những biến dạng này làm tăng áp lực tác động lên lòng bàn chân bằng cách giảm bề mặt tiếp xúc hoặc tăng các điểm tiếp xúc (ở vùng nửa bàn chân trước hoặc ngón chân cái). Bàn chân Charcot và cắt cụt một phần bàn chân cũng gây tác động tương tự dẫn đến áp lực tác động tại lòng bàn chân trở nên cao hơn [22, 23].

Ở những người cao tuổi mắc bệnh tiểu đường, mô mềm ở lòng bàn chân trở nên cứng hơn và mỏng hơn so với những người trẻ tuổi khoẻ mạnh [24, 25]. Sự gia tăng độ cứng dường như xảy ra đặc biệt ở mô mềm vùng nửa bàn chân trước. Các đặc tính giảm sốc của mô mềm dẫn đến hình thành đỉnh áp suất khi vận động, chẳng hạn như giai đoạn đầu và giai đoạn cuối thì trụ, điều này khiến mô mềm giảm độ dày [26]. Những chân thương tích tụ ở mô mềm nửa bàn chân trước cũng liên quan đến việc tăng áp lực, điều này gây tăng nguy cơ loét [27].

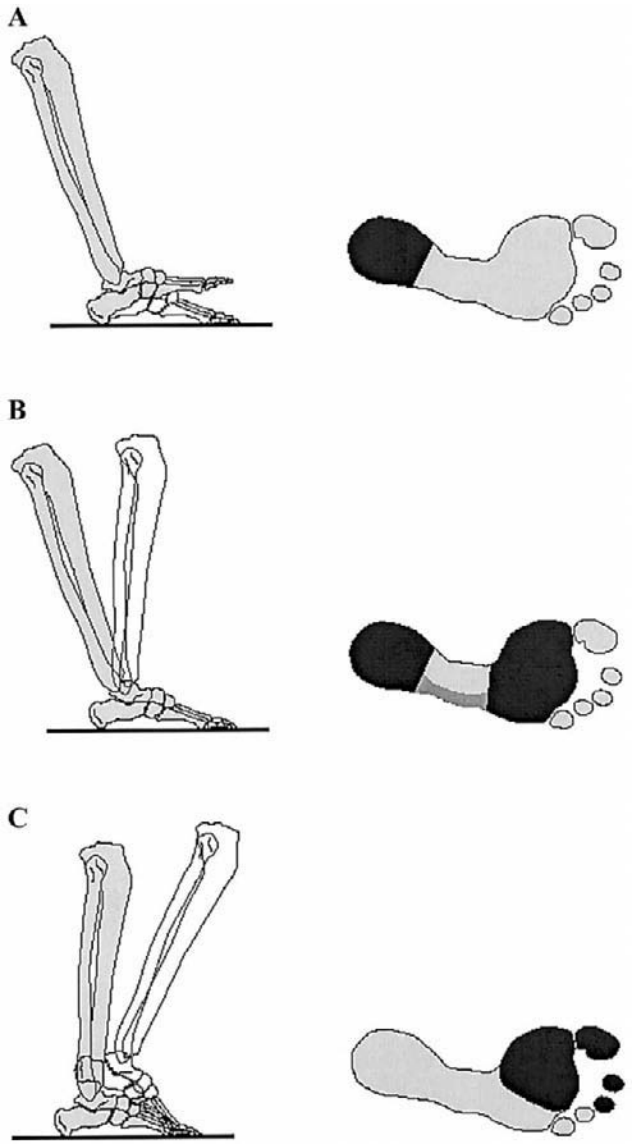
Biến chứng thần kinh tiểu đường gây ảnh hưởng đến việc giữ cân bằng trong tư thế đứng và đi. Khi đứng yên, bệnh nhân tiểu đường có xu hướng lắc lư đáng kể [28]. Khi đi bộ, bệnh nhân có xu hướng đi " thận trọng", với tốc độ và nhịp đi bộ chậm hơn bình thường và thời gian các mô mềm chịu áp lực tăng gấp đôi [29, 30].

**Cơ chế của dụng cụ giảm tải áp lực dành cho bàn chân tiểu đường**

Những thay đổi về cơ sinh học liên quan đến việc chịu tải trọng của bàn chân tiểu đường là một phần nguyên nhân gây loét bàn chân và là yếu tố chính làm chậm quá trình phục hồi vết thương. Do đó, việc giảm tải áp lực tại các khu vực bị ảnh hưởng ở lòng bàn chân là một phần quan trọng của việc phòng ngừa và điều trị. Có một số biện pháp giảm tải áp lực được khuyến cáo, nhưng không phải tất cả đều thực tế. Nghỉ ngơi hoàn toàn trên giường và ngồi xe lăn sẽ có tác dụng trong một vài trường hợp cụ thể nhưng lại quá hạn chế đối với hầu hết tất cả bệnh nhân. Trong trường hợp béo phì, giảm trọng lượng cơ thể là điều nên làm. Tuy nhiên, điều này cần có thời gian, vì vậy biện pháp này chỉ có thể được sử dụng để dự phòng chứ không phải là điều trị loét cấp tính. Tác dụng của các dụng cụ hỗ trợ đi bộ nhằm giảm tải GRFs vẫn chưa được nghiên cứu kỹ lưỡng. Có thể hình dung được rằng sẽ có một ít tác dụng, tuy nhiên việc dùng gậy khi đi bộ dường như không làm giảm áp lực tại lòng bàn chân [31]. Bệnh nhân cũng có thể sử dụng nạng, nhưng phần trên cơ thể phải có đủ sức lực để xoay sở và sẽ phải chịu sự bất tiện mà những dụng cụ hỗ trợ này gây ra. Có một biện pháp can thiệp trị liệu được đề xuất và đã được chứng minh rằng áp lực tại lòng bàn chân, đặc biệt là nửa bàn chân trước giảm đáng kể khi đi bộ [32] hoặc dáng đi "step to" [31]. Nhưng điều này đòi hỏi bệnh nhân phải tuân thủ điều trị nghiêm ngặt. Winter và Seiko [33] đã chỉ ra rằng, thông thường động tác chống đẩy ở mắt cá chân có thể tạo ra 80% năng lượng cần thiết cho việc đi bộ. Thiết bị "điều trị hỗ trợ đi bộ" có tác dụng hạn chế đẩy mắt cá chân làm giảm tốc độ đi bộ một cách đáng kể, còn 0,5 m/s. Ở tốc độ đi bộ này, biểu đồ biểu diễn phản lực theo phương thẳng đứng có hai đỉnh sẽ ngang hơn và các đỉnh áp lực sẽ có cường độ bằng trọng lượng cơ thể thay vì cao hơn [8]. Rosenbaum và cộng sự [34] đã chứng minh rằng khi



Downloaded from https://academic.oup.com/cid/article/39/Supplement_2/S87/330105 by Dongduk Women's University user on 01 October 2020




**Hình 3.** Sự thay đổi về kích thước và vị trí bị tác động bởi áp lực trong chuyển động lăn của bàn chân khi bước đi. Đầu tiên bàn chân chịu tác động tại xung quanh gót chân (tác động tại gót chân; A), sau đó tại cổ chân (chuyển động cổ chân; B), và sau đó tại khớp ngón chân cái và các ngón chân (nửa bàn chân trước; C) Bề mặt lòng bàn chân phải bị tác động (tối màu).

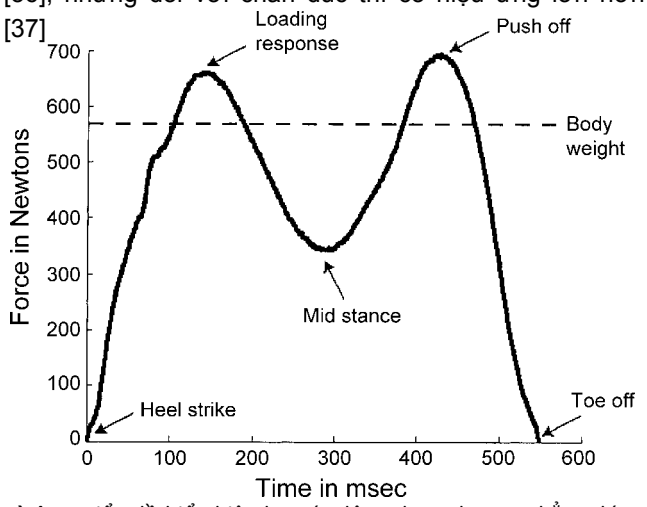
tốc độ đi bộ từ mức trung bình 1.19 m/s (bình thường) xuống 0.83 m/s (chậm) thì đỉnh áp lực giảm: ở gót chân (5% - 18%), ở giữa bàn chân trước (9% - 11%) và khớp ngón cái (11%).

Tuỳ thuộc vào cơ chế loét, việc giảm số bước hàng ngày sẽ có lợi cho việc điều trị. Ví dụ, đối với những trường hợp có áp lực cao tại lòng bàn chân như biến dạng bàn chân hoặc có vấn đề với giày được khuyến cáo nên hạn chế số bước đi để tránh tổn thương. Ngoài ra, những trường hợp khác có thể tồn tại ngưỡng quá tải về số bước mỗi ngày, bệnh nhân phải đảm bảo hạn chế về khoảng cách đi bộ hàng ngày. Tuy nhiên vấn đề này nên được nghiên cứu thêm.

Thay đổi tốc độ đi bộ có thể được xem là "tác dụng phụ" có lợi của những dụng cụ giảm tải áp lực dành cho bàn chân tiểu đường. Ngoài việc làm chậm tốc độ đi giúp giảm các đỉnh áp lực tại lòng bàn chân, các dụng cụ còn có thể giúp chuyển tải áp lực từ khu vực có nguy cơ loét sang khu vực khác. Điều này có nghĩa là tổng GRFs không giảm, nhưng được phân phối đều ở toàn bộ lòng bàn chân. Các cơ chế này bao gồm thay đổi chuyển động của bàn chân khi di chuyển, chuyển tải trọng của khu vực nửa bàn chân trước sang khu vực giữa bàn chân hoặc gót chân, chuyển tải trọng sang các khu vực thường không chịu tải trọng hoặc chuyển sang cẳng chân.

Đế giày có dáng cong và cứng, hạn chế gập mu bàn chân ở các trường hợp bị biến dạng ngón chân. Một nghiên cứu cho thấy, các đỉnh áp lực tại nửa bàn chân trước, giữa bàn chân và khớp ngón cái đã giảm khoảng 30% khi sử dụng giày đế cong [35]. Tốc độ đi bộ được yêu cầu giữ nguyên bình thường khi thực hiện nghiên cứu, tuy nhiên tốc độ đi vẫn chậm 0.83 m/s. Điều này cũng góp phần giảm áp lực chung tác động lên lòng bàn chân.

Đế lót có thể ảnh hưởng đến áp lực của lòng bàn chân tuỳ thuộc vào tính chất vật liệu và đặc tính thiết kế. Vật liệu mềm sẽ giúp giảm tức thời các đỉnh áp lực và có thể giúp tăng diện tích tiếp xúc với lòng bàn chân (tăng bề mặt chịu trọng lượng) so với vật liệu cứng. Tuy nhiên hiệu quả sẽ mất đi ngay sau khi vật liệu bị nén hoàn toàn. Đế lót đúc tuỳ chỉnh có thể hỗ trợ giảm áp lực nhiều hơn nữa. Vùng giữa lòng bàn chân và vùng xung quanh gót chân thường là những vùng không chịu tải trọng. Tuy nhiên khi sử dụng đế lót đúc tuỳ chỉnh, các khu vực này có thể tham gia vào quá trình chịu tải trọng. Đối với đế lót đúc tuỳ chỉnh thì hiệu ứng này khá nhỏ [36], nhưng đối với chân đúc thì có hiệu ứng lớn hơn [37]




**Hình 4.** Biểu đồ biểu hiện lực tác động theo phương thẳng đứng trong quá trình duy chuyển, biểu đồ có hình dạng đường cong hai đỉnh. Đỉnh đầu tiên biểu hiện cường độ tải trọng khi gót tiếp xúc với mặt đất. Đỉnh tiếp theo biểu hiện trong giai đoạn chống đẩy.



Downloaded from https://academic.oup.com/cid/article/39/Supplement_2/S87/330105 by Dongduk Women's University user on 01 October 2020

Tải trọng được chuyển dời từ lòng bàn chân sang cẳng chân nhờ tận dụng hình dáng lăng trụ của xương cẳng chân. Một chân đúc hoặc nẹp sẽ tạo một khung đỡ, do đó giảm tải trọng của bàn chân. Đã có chứng minh cho thấy khung đỡ của TCC được truyền qua 31% tải trọng [38]. Điều này dẫn đến tải trọng của nửa bàn chân trước giảm xuống chỉ còn 5%, có hiệu quả hơn so với những dụng cụ giảm áp thông thường [38].

Có rất nhiều cơ chế khác nhau được áp dụng nhằm đạt mục đích mong muốn trong việc giảm tải áp lực tại các khu vực có vết loét. Sự hiểu biết về cơ sinh học sẽ giúp tối ưu hoá các dụng cụ giảm tải áp lực. Tuy nhiên điều quan trọng nhất là hiệu quả của thiết bị đã được chứng minh.

Downloaded from https://academic.oup.com/cid/article/39/Supplement_2/S87/330105 by Dongduk Women's University user on 01 October 2020