

줄자를 이용한 하지부피 측정시 부위별 검사자간, 검사자내 신뢰도 측정

김성중, 양희송
삼성서울병원 물리치료실
이충휘
연세대학교 보건과학대학 재활학과 및 보건과학연구소

Abstract

Intertester and Intratester Reliability of Tape Measurement on Lower Extremities

Kim Seng-jung, B.Sc., P.T.

Yang Hoi-song, B.Sc., P.T.

Dept. of Physical Medicine & Rehabilitation, Samsung Medical Center

Yi Chung-hwi, Ph.D., P.T.

Dept. of Rehabilitation Therapy, College of Health Science, Yonsei University

Institute of Health Science, Yonsei University

Tape measurement for evaluating edema is frequently used by clinicians. The primary purpose of this study is to determine the intertester and intratester reliability of tape measurement carried out by two physical therapists on lower extremities. The intertester and intratester reliability of six anatomical landmarks measurements were determined in six healthy subjects. The measurements were taken in five sessions by each tester. The intraclass correlation coefficients (2,1) were between .87 and .99 for intertester reliability. Intratester reliability was .93 and .99 for A tester and .82 and .99 for B tester. The average range of variation was .13 to .54 in six landmarks. The reliability of six volume measurements was very high. These results support the use tape measurement as a reliable tool for measuring limb girth.

Key Words: Tape measurement; Intraclass correlation coefficient; Reliability.

I. 서론

은 정확한 둘레의 측정이며(Stemmer 등, 1980).
부종으로 인한 사지 부피(limb volume) 증가
스타킹을 처방하는데 있어 가장 중요한 것
를 평가하는데 있어 일반적으로 줄자에 의한

표면 측정법(tape measurement)과 침수법(water displacement measurement)을 사용한다(Mridha 등, 1989). Megens와 Harris(1998)는 13개의 부피 측정에 대한 논문을 종합한 결과 측정에 대한 타당도를 제시한 논문은 없었으며, 8가지의 방법이 상지의 부피를 측정하는데 사용되었다고 보고하였다. 그 중 침수법에 의한 부피측정이 5개였으며 많은 연구자들은 불규칙한 형태의 부피를 측정하는데 있어서 이것을 황금률(gold standard)로 생각하고 있다고 했다. Pappas 등(1992)은 임파부종 환자의 압박치료 후 장기적 결과를 알아보는데 있어서 줄자를 이용해 상·하지의 각각 6부위와 9부위를 측정하여 절대적, 상대적 체적 감소를 측정하였고, Partsch 등(1980)도 임 파부종 환자에게 파형형 압박 마사지 치료기(Lymph-press)에 대한 효과를 검증하기 위한 실험에서 말초에서 4 cm 간격으로 두 번씩 줄자를 사용해서 치료부위의 부피를 계산하였다. 하지만 줄자를 이용한 둘레측정은 양적인 체적을 알 수 없다는 단점이 있다. 그렇기 때문에 줄자 측정값을 수학적 공식에 대입시켜 체적의 증감을 구하기도 한다. 외상, 내출혈, 정맥 차단, 화상으로 인한 많은 양의 혈액, 콜로이드, 체액의 감소로 전신 저혈량증(hypovolemia)과 shock이 발생하는 사지에서 표면 둘레측정과 원뿔에 대한 공식을 사용해 부종이 있는 사지의 체적을 계산해 전체적 손실의 양을 구할 수 있다고 했다(Lennihan 등, 1973). Pani 등(1995)은 표면의 둘레 측정이 적절하게 이루어지면 하지의 필라리아성 임파부종(filarial lymphedema) 환자의 말초성 부종의 체적 변화를 알아내는데 좋다고 하였으며 이 방법은 간단하고, 복잡한 장비를 필요로 하지 않으며 피부 상태에 관계없이 사용될 수 있으며 훈련받은 의료 종사자는 쉽게 이 방법을 사용할 수 있다고 했다. 그러나 Swedborg 등(1993)은 표면 둘레측정의 단점과 부정확성을 지적했으며 체적계(volumetry)가 임파부종 치료의 진행과정을 평가하기 위해 더 효율적이지만 체적계 같은 표면 측정

은 부종의 정도만을 나타내고 부종으로 인한 조직의 기계적(mechanical) 특성으로 인한 복잡한 변화에 대해서는 나타내지 못한다고 하였다. Kar 등(1992)도 체적계의 단점을 지적하면서 그것을 보충하기 위해 조직 압력계(tissue tomometry)를 사용하는 것이 좋다고 하였다. Johansson 등(1998)은 지절용적(limb volume)측정이 임파부종의 정도를 계량화하는데 가장 일반적인 방법이라고 했으며 침수법에 의한 것이 체적의 변화를 측정하는데 높은 신뢰도를 갖는다고 하여 임파부종 마사지와 공기압박 치료의 효과에 대한 것을 침수법으로 검증하였다.

Mcleod 등(1991)은 세 가지 공기압박 치료법의 효과를 밝히는데 줄자를 이용한 방법과 침수법을 모두 사용해 부종 감소를 측정하였는데 체적은 완전히 하지를 신장시킨 상태에서 온수에 슬개골의 기저까지 담그어 cm까지 측정하였고, 지절 둘레측정은 슬개골 기저부에서 내측 상과의 돌출부까지 3등분 하였고 종아리 상부의 한 곳을 하퇴의 둘레를 계산하기 위해 사용하였다. 하지의 체적(limb dimension)을 측정하는데 있어 단독적인 표면적 측정 또는 침수법과 같은 체적변위측정법(volume displacement measurements)을 이용해 측정하는 것은 임파부종 환자에서 광범위한 섬유화가 나타나 병적인 비정상상태에 있는 단계에서는 부종의 상태를 잘못 파악할 소지가 있고 방법상에서도 침수법에 의한 방법은 원하는 부위를 수평으로 정확하게 놓지 않으면 흘러나온 물의 양으로 부피를 정확하게 측정하기 힘들고 표면 둘레측정은 다양한 부위를 측정할 수 있는 장점이 있지만, 혹 같은 것이 많이 있으면 잘못 측정하기가 쉬운 단점이 있다고 하였다(Kar 등, 1992).

Swedborg 등(1993)은 유방암 수술 후 임파부종 환자에 있어 거상이 효과적인 치료인가를 알아보기 위한 실험에서 대상자의 부피를 신체체적변동기록계(plethysmography)를 사용해 측정했다. 하지만 임파부종의 평가에서 조직 장력의 측정이 사지 둘레측정(limb cir-

cumference) 또는 신체체적변동기록계로 측정하는 것보다 실질적인 임상 상태를 더욱 잘 평가하게 한다고 했다(Clodius 등, 1976). 이와 같이 부종의 상태를 평가하거나 적절한 압력을 제공하는 스타킹 등의 처방을 위해 앞에서 언급한 바와 같이 정확한 둘레측정이 중요하다. 지금까지의 연구들에서 줄자 또는 적위선을 이용한 둘레측정이나 물에 측정부위를 직접 담궈서 그 체적을 구하는 것이 가장 일반적이었다. 하지만 그 방법에 대한 신뢰도에 문제가 있음에도 불구하고 줄자를 이용한 측정이 임상에서 또는 연구목적으로 간편하고 측정하기 용이하여 많이 사용되어졌다(Ciocon 등, 1995; Daane 등, 1998; Dicken 등, 1998; Morgan 등, 1992; Richmand 등, 1985; Zanolla 등, 1984; Zelikovski 등, 1980). 따라서 본 연구는 줄자를 이용한 둘레 측정법의 측정자간, 측정자내 신뢰도를 알아보고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상 및 연구기간

본 연구의 대상은 20대의 성인 남자, 여자 각각 3명씩 총 6명을 대상으로 하였다. 무작위로 대상자를 선발하고 연구의 목적과 절차에 대해 사전에 충분히 알리고 연구에 참가할 것에 대한 동의를 얻은 다음 연구에 들어갔다. 본 연구는 1999년 11월 22일부터 3일간 기준에 따라 선정된 6명을 대상으로 1일 남녀 각각 1명씩 측정에 임하도록 하였으며 측정자는 임상경력이 7년인 물리치료사와 경력 6년 중 4년 이상을 임파부종 환자를 치료하며 줄자를 이용한 부피측정을 해온 물리치료사로 선정하였으며 사전에 동일한 줄자를 이용해 측정 방법을 통일하고 본 실험에 들어가기 전에 예비 실험 대상자를 선정해 실제 측정시와 같은 크기로 10곳의 임의의 위치에 펜으로 표시하고 각 부위를 번갈아 측정하여 측정치를 상대방에게 공개하지 않고 각자 한

명씩의 기록자에게 측정값을 알려 주어 기록하게 하는 방식으로 예비실험자들을 측정하여 둘레측정값의 $\pm 2\%$ 이내 오차를 허용하는 범위에서 총 10개 중 7개 이상이 일치될 때까지 반복하여 측정기술을 일치시켰다.

2. 측정방법

모든 대상자는 무작위로 측정 순서를 배정하였고, 측정자는 각기 다른 장소에서 측정하도록 하였으며 각각 한 명씩의 기록자를 측정하는 반대측에 위치하게 하였다. 신뢰도를 높이기 위해 측정자가 측정 기준에 따라 측정하는지 사전에 측정 방법과 측정값의 탈락 조건을 기록자에게 숙지시킨 후 측정시 발생할 수 있는 탈락 조건을 다시 한 번 점검할 수 있게 하였다. 대상자를 높이가 조절되는 치료대 위에 바로 누운 자세로 눕히고 최대한 이완하게 한 다음 기준에 따라 오른쪽 하지의 앞면 6곳에 가로 방향으로 3 cm 씩 잘 지워지지 않는 펜으로 표시를 하고 측정자의 집중도와 원활한 측정을 위해 측정하고자 하는 하지 바로 옆에서 치료대의 높이를 측정자의 전상장골극 높이까지 오게 하여 최대한 측정을 편하게 하도록 하였다. 측정 도구는 예비 실험에 사용했던 폭 1.5 cm 인 줄자를 사용했으며 측정 도구에 의한 오차를 줄이기 위해 동일한 줄자를 사용해 측정에 임하도록 했으며 측정 방법은 줄자를 측정하고자 하는 부위의 바닥에 놓고 표시한 부분과 일직선상에 오게 한 다음, 그대로 측정 부위를 감싸면서 측정부위의 피부가 줄자에 의해 조금도 눌리지 않기위해 절대 잡아당기지 않도록 하였다.

기록자는 측정시기마다 무작위로 측정 위치를 측정자에게 지시하였으며 측정한 값은 측정에 참가하지 않는 기록자에게만 알려 주었고 측정값을 확인 하기위해 기록자가 반복해서 측정값을 부르지 않고 기재하도록 하여 측정자가 가능한 그 값을 기억하지 않게 하였다. 다른 측정자가 측정값을 알지 못하게 일

인 검맹(single blind)으로 기록하였으며 첫 번째 측정시점에서 측정이 기억 등으로 인하여 두 번째 측정에 영향을 미치는 반응성(reactivity)을 막기 위해 10초 간격으로 측정하였다. 전체 하지를 1회 측정 후 다른 측정자에 의해 동일한 측정도구에 의해 전 측정자와 동일한 방법으로 측정하였다. 이러한 방식으로 총 5회를 반복 측정 하였다. 측정 중간에 대상자의 움직임이 있거나 측정자의 실수로 줄자가 측정부위와 일직선상에 놓이지 않게 되는 경우에는 측정값에서 제외시킨 후 다시 측정에 임하도록 하였다. 하지에서 측정부위와 정확한 측정부위에 대한 조작적 정의는 다음과 같다.

- 중족(mid-foot): 중족관절
- 발목(ankle): 내외측 상과 상연에서 근위 3 cm 지점
- 하퇴 하 1/3(lower 1/3 of leg): 슬개골 하연과 발목 측정부위까지 길이 원위 1/3
- 하퇴 상 1/3(upper 1/3 of leg): 슬개골 하연과 발목 측정부위까지 길이 근위 1/3
- 무릎(knee): 슬개골 정중앙
- 대퇴중간(mid-thigh): 슬개골 상연 10 cm 근위

3. 분석방법

대상자에 대한 줄자 측정에서, 왼쪽과 오른쪽 하지 측정부위 선별에 대한 의의는 없기 때문에 측정자의 편리성과 일치도를 높이기 위해 대상자 모두 오른쪽 다리를 측정하였다. 동일한 대상자를 대상으로 2명의 물리치료사

가 각기 다른 측정부위를 5회씩 측정한 값을 급간내 상관계수(intraclass correlation coefficient) (2,1)를 이용하여 측정자내 신뢰도와 측정자간 신뢰도 구하였고 통계패키지로는 ICC version 1.03을 사용하였다.

III. 결과

초기 측정 방법을 알려주고 예비 실험자를 대상으로 측정하였을 때 처음 측정시 측정오차 $\pm 2\%$ 범위내에 일치도는 80%를 보여 곧바로 본 실험에 들어갈 수 있었다.

1. 연구대상자의 일반적인 특성

연구대상자의 일반적인 특성으로 연령과 체중, 신장을 조사하였으며 결과는 표 1과 같다.

2. 측정부위에서의 측정자내, 측정자간 신뢰도

부위별 측정자내 신뢰도에서 측정자 A는 .93에서 .99의 신뢰도를 보였고 측정자 B는 .82에서 .99의 신뢰도를 보였는데 측정자 A는 모든 측정부위에 걸쳐 고른 신뢰도를 보인 반면 측정자 B는 발목관절에서 다소 낮은 신뢰도를 보였다. 하지만 측정자 B도 다른 부위에서는 높은 신뢰도를 보여서 전체적인 측정자내 신뢰도는 높다고 할 수 있다. 두명의 측정자는 뛰어난 측정자간 신뢰도를 보였다 ($r=.95$). 각기 다른 하지의 측정에서 발목에서만 다소 신뢰도가 낮았으나($r=.87$)나 임상에서 적용하기에는 신뢰할 만하다(표 2).

표 1. 연구대상자의 일반적인 특성

성 별	대상자 수(명)	나이(세)	몸무게(kg)	신장(cm)
남 자	3	26.7 \pm 8*	70.0 \pm 7.8	172.6 \pm 6.4
여 자	3	20.3 \pm 1	50.7 \pm 1.4	162.3 \pm 5.5

* 평균 \pm 표준편차

표 2. 측정 부위별 측정자내, 측정자간 신뢰도

부 위	측정자내 신뢰도(A)	측정자내 신뢰도(B)	측정자간 신뢰도
중 족	.99*	.99	.99
발 목	.93	.82	.87
대퇴 하 1/3	.95	.97	.93
대퇴 상 1/3	.99	.99	.99
무 름	.95	.99	.95
대 퇴	.99	.99	.98

* 6명의 대상자를 5회씩 측정한 값의 신뢰도(r)

3. 부위별 측정자간 변화량

측정부위의 크기에 따라 측정자의 측정값의 변화량이 변한다고 할 수 있다. 대퇴 하 1/3에서 측정자 A, B 모두 최대 변화량을 보였고 측정자 A는 중족과 발목에서 측정자 B는 중족, 발목, 대퇴 상 1/3, 대퇴중간에서 최소 변화량이 0인 값을 보였는데 이는 측정자 B가 측정자 A보다 측정값의 일치도가 높다는 것을 나타낸다.

모든 측정 부위에서 .54 미만의 측정값의 변화량을 나타냈음을 볼 수 있다(표 3).

4. 측정 부위별 측정자내, 측정자간 신뢰구간

95% 신뢰구간에서 각 측정 부위별 측정자내, 측정자간 신뢰도는 표 4와 같다.

표 3. 부위별 측정자간 변화량

(단위: cm)

	최대 변화량 (측정자 A)	최대 변화량 (측정자 B)	최소 변화량 (측정자 A)	최소 변화량 (측정자 B)	변화량 평균
중족	.23	.28	.00	.00	.13
발목	.50	.55	.00	.00	.26
대퇴 하 1/3	1.13	.92	.05	.10	.54
대퇴 상 1/3	.55	.38	.02	.00	.24
무 름	.80	.37	.03	.02	.31
대퇴중간	.53	.87	.03	.00	.36

표 4. 측정 부위별 측정자내, 측정자간 신뢰구간

구 분	측정자내 신뢰도(A)	측정자내 신뢰도(B)	측정자간 신뢰도
중족	0.989 ~ 0.999*	0.985 ~ 0.999	0.959 ~ 0.997
발목	0.823 ~ 0.990	0.571 ~ 0.968	0.230 ~ 0.749
대퇴 하 1/3	0.867 ~ 0.993	0.928 ~ 0.996	0.831 ~ 0.974
대퇴 상 1/3	0.974 ~ 0.999	0.989 ~ 0.999	0.992 ~ 0.998
무 름	0.859 ~ 0.992	0.990 ~ 0.999	0.872 ~ 0.982
대퇴중간	0.991 ~ 0.999	0.973 ~ 0.999	0.958 ~ 0.992

* 6명의 대상자를 5회씩 측정한 값의 95% 신뢰구간

IV. 고찰

본 연구자들이 초기 연구대상 선정시 신체 질량지수(body mass index)에 의한 신체유형을 세 부류로 구분하고 체형에 따른 신뢰도의 차이가 있을 것이라는 가설을 세웠지만 기존에 나와 있는 신체질량지수에 의한 체형의 구분은 우리나라 체형과 체격에는 부적절하고 체형에 따른 측정 부위의 피부 상태가 연관성이 높지 않다는 연구자들의 생각이 있어 20대의 성인 남녀중 무작위로 6명을 선택하였다. 20대 연령을 대상으로 택한 이유는 20대의 성인 남녀가 체중의 분포가 비교적 양호할 것이라는 연구자들의 생각이 있었기 때문이다. 많은 기존의 연구자들이 임파부종 환자의 부종 부위 측정 시 부종의 크기와 신체의 유형에 따라 측정자간 오차가 발생되었을 것이라고 믿었다.

연구자들은 예비실험에서 무작위로 측정자를 선택한 후 그 값을 기준 값으로 정한 후 측정 오차 $\pm 2\%$ 범위에서 10번의 측정 중 8번까지 일치 할 때까지 측정수준을 일치시켰는데 Potter 등(1985)도 천장관절의 선택적 임상 검사를 위한 측정자간 신뢰도를 구한 실험에서 연구시작 전, 임상에서의 사용을 위해 신뢰할 만하게 생각될 수있게 최소 범위를 70% 일치 수준으로 정하였다.

Bednarczyk 등(1992)은 지금까지 기존에 많이 써왔던 침수법과 줄자에 의한 둘레측정법이 가장 보편적이었지만 침수법은 임상에서 적용하기 번거롭고 더욱이 측정 부위가 독립적 자세(independent position)를 취해야 하기 때문에 제한이 많으며 줄자 측정은 줄자를 측정하려는 위치에 정확히 위치할 수 없기 때문에 신뢰할 수 없다고 하여 CLEMS (computerized limb volume measurement system)란 장비가 다른 측정법에 비해 측정하기 쉽고, 신뢰할 만한 방법이라고 제시하였다. 그러나 둘레 측정법은 측정 방법의 용이성과 측정자가 원하는 부위를 직접 잴 수 있

다는 장점이 있어 많은 연구자들이 부종에 대한 치료효과를 알아보는 도구로 사용하고 있다. 하지만 이전의 연구자들의 측정부위는 많은 차이가 있어 해부학적 위치를 기준으로 측정위치를 정하는 방법(Daane 등, 1998; Dicken 등, 1998; Pappas와 O'Donnel, 1992)과 일정한 간격에 따라 재는 방법(Casley-Smith 등, 1993) 등을 사용하여 측정해 왔으나 연구자마다 각각의 측정 위치는 각기 달랐다. Morgan 등(1992)은 상지 둘레측정은 손에서 가장 넓은 부분, 손목에서 가장 좁은 부분, 나머지는 이곳에서 10 cm 간격을 두고 측정하여 해부학적인 위치에 의한 방법과 간격에 따른 방법을 혼합하여 쓰기도 했다. 하지만 줄자만의 측정으로는 특정 부위의 둘레만 알 뿐 이어서 줄자 측정 후 체적을 구하는 공식을 이용해 체적 변화를 알아보는 시도를 하려는 연구자들도 있었다(Casley-Smith 등, 1993; Dicken 등, 1998).

연구자들은 측정 부위를 정하는데 있어 좀더 정확하고 측정하기 용이하며 현재 많이 쓰고 있는 해부학적인 위치를 기준으로 연구에 임하였고 측정자를 2명으로 정한 이유는 언급한 바와 같이 줄자 측정이 신뢰도가 낮을 것이라는 기존 보고와 연구자들의 생각이 있었기 때문에 최소한의 측정 방법을 일치시킨 후 어느 정도의 신뢰도가 확보되는지 알아보고자 하는 의도였다. 줄자 측정법에 대한 신뢰도를 구한 기존의 연구들이 많지 않았고 몇몇 연구자들만이 특정 부위에서의 신뢰도를 보고하였는데 Petersen 등(1999)은 발목관절 부종이 있는 환자의 부피를 측정하는데 침수법과 줄자를 이용한 8자 형태법을 사용해 2명의 측정자에 의해 측정하게 하여 신뢰도를 구하였는데 측정자간 신뢰도가 침수법에서는 .99, 8자 형태법에서는 .98의 높은 신뢰도를 나타내 줄자에 의한 측정과 침수법 모두 부종부위를 측정하는데 유용한 도구라고 하였다. Tatro-Adams 등(1995)도 발목 측정에 있어 8자 형태법의 측정자간, 측정자 내 신뢰도를 구하였는데 모두 .99 이상의 높

은 신뢰도를 가졌다고 하여서 본 연구와 비슷한 결과를 보고 하였다. 결과에서 측정 부위에서의 측정자에 대한 유의성을 보인것은 중족, 하퇴 하 1/3, 무릎이 생리학적인 만곡이 다른 곳보다도 두드러져 있다라고 연구자들은 의견의 일치를 보였다.

본 연구에서는 기존에 많은 논란이 있었지만 구체적으로 그것에 대한 신뢰도를 구한 연구가 없었던 줄자 측정의 신뢰도를 알아보는 데 목적을 두었다. 가능한 측정 방법에 대한 오염변인을 줄이기 위해 노력하였지만 측정자의 집중도와 측정 방법에 대한 일치도를 유지시키는데 어려운 점이 있었고 측정 부위의 특성과 신뢰도와 의 관련성을 밝히는 데는 제한이 많았다. 이에 본 연구에서의 제한점을 보충하여 지속적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

V. 결론

본 연구는 하지 둘레의 줄자 측정에 있어서 부위별 측정자내, 측정자간 신뢰도를 알아보기 위해 20대 남녀 각각 3명씩 6명을 대상으로 하지에 6곳을 두명의 측정자에 의해 5회씩 측정한 실험이었으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 측정자간 신뢰도는 .87~.99로 매우 높은 신뢰도를 보였다.
2. 측정자내 신뢰도에서 측정자 A는 .93~.99, 측정자 B는 .82~.99로 높은 신뢰도를 보였다.
3. 측정부위별 신뢰도는 대부분 .93 이상의 높은 신뢰도를 보였지만 발목부위에서의 측정자간 신뢰도가 제일 낮은($r=.87$)것을 볼 수 있었다.
4. 모든 측정 부위에서 .54 미만의 변화량을 나타냈다.
5. 측정자가 충분한 경험이 있고, 일정한 측정기준에 따라 측정한다면 줄자 측정은 신

뢰할만한 측정 도구라고 할 수 있다.

이와 같은 결과로 볼 때 줄자에 의한 하지 둘레 측정에 있어서 측정 방법을 일치시키면 측정자간, 측정자내 신뢰도를 높일 수 있다는 결론을 내릴 수 있다. 하지만 임상에서 실질적인 부종부위를 측정하는데 있어서는 부종부위의 특성에 따라서 측정부위가 줄자에 의해서 더 늘려서 신뢰도가 떨어질 수 있다는 것을 감안해서 부종 진행 정도를 평가하여야 하겠다.

인용문헌

- Bednarczyk JH, Hershler C, Cooper DG. Development and clinical evaluation of a computerized limb volume measurement system (CLEMS). Arch Phys Med Rehabil. 1992;73:60-63.
- Casley-Smith JR, Wang CT, Casley-Smith R, Zi-haicl. Treatment of filarial lymphoedema and elephantiasis with 5,6-benzo-alpha-pyrone (coumarin). BMJ. 1993; 307:1037-1041.
- Ciocon JO, Ciocon DG, Galindo DJ. Raised leg exercises for leg edema in the elderly. Angiology. 1995;46:19-25.
- Clodius L, Deak L, Piller NB. A new instrument for the evaluation of tissue tonicity in lymphoedema. Lymphology. 1976;9:1-3.
- Daane S, Poltoratszy P, Rockwell WB. Post mastectomy lymphedema management: Evolution of the complex decongestive therapy technique. Ann Plast Surg. 1998; 40(2):128-134.
- Dicken SC, Lerner R, Klose G, et al. Effective treatment of lymphedema of the extremities. Arch Surg. 1998;133:452-458.
- Johansson K, Lie E, Ekdahl C, et al. A ran-

- domized study comparing manual lymph drainage with sequential pneumatic compression for treatment of postoperative arm lymphedema. *Arch Surg.* 1998;31: 56-64.
- Kar SK, Kar PK, Mania J. Tissue tonometry: A useful tool for assessing filarial lymphedema. *Lymphology.* 1992;25:55-61.
- Lennihan R, Mackereth M. Calculating volume changes in a swollen extremity from surface measurements. *Am J Surg.* 1973; 126(5):649-652.
- McLeod A, Brooks D, Hale J, et al. A clinical report on the use of three external pneumatic compression devices in the management of lymphedema in a pediatric population. *Physiotherapy Canada.* 1991; 43(3):28-32.
- Megens A, Harris SR. Physical therapist management of lymphedema following treatment for breast cancer: A critical review of its effectiveness. *Phys Ther.* 1998;78(12):1302-1311.
- Morgan RG, Casley-Smith JR, Mason MR, et al. Complex physical therapy for the lymphoedematous. *Am J Hand Surg.* 1992;17(4):437-441.
- Mridha M, Odman S. Fluid translocation measurement. *Scand J Rehabil Med.* 1989;21:63-69.
- Pani SP, Vanamail P, Yuvaraj J. Limb circumference measurement for recording edema volume in patients with filarial lymphedema. *Lymphology.* 1995;28:57-63.
- Pappas CJ, O'Donnell TF. Long-term results of compression treatment for lymphedema. *J Vasc Surg.* 1992;16(4):555-562.
- Partsch H, Mostbeck A, Leitner G. Experimental investigations on the effect of a pressure wave massage apparatus (Lympha-press) in lymphedema. *Prok-tologie.* 1980;2(80):124-128.
- Petersen EJ, Irish SM, Syons CL, et al. Reliability of water volumetry and the figure of eight method on subjects with ankle joint swing. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1999;29(10):609-615.
- Potter NA, Rothstein JM. Intertester reliability for selected clinical tests of the sacroiliac joint. *Phys Ther.* 1985;65(11):1671-1675.
- Richmand DM, O'Donnell TF, Zelikovski A. Sequential pneumatic compression for lymphedema. *Arch Surg.* 1985;120:1116-1119.
- Stemmer R, Marescaux J, Furderec C. Compression treatment of the lower extremities particularly with compression stockings. *Dermatol.* 1980;31:355-365.
- Swedborg I, Norrefalk JR, Piller NB. Lymphoedema post-mastectomy: Is elevation alone an effective treatment? *Scand J Rehabil Med.* 1993;25:79-82.
- Tatro-Adams D, McGann SF, Carbone W. Reliability of the figure-of eight method of ankle measurement. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1995;22(4):161-163.
- Zanolla R, Monzeglio C, Balzarini A, et al. Evaluation of the results of three different methods of postmastectomy lymphedema treatment. *J Surg Oncol.* 1984;26:210-213.
- Zelikovski A, Melamed I, Kott I, et al. The "Lymphapress"- A new pneumatic device for the treatment of lymphedema: Clinical trial and results. *Folia Angiologica.* 1980; 253:165-169.