

림프순환의 생리

국민건강보험 일산병원 재활의학과

전하라

The Physiology of Lymphatic Circulation

Ha Ra Jeon, MD

*Department of Physical Medicine and Rehabilitation, National Health Insurance Service Ilsan Hospital,
Goyang, Republic of Korea*

The lymphatic system is a structure that plays an important role in the circulation, immunity, and metabolism of our body. Understanding the structure of the lymphatic system, the physiology of the lymphatic circulation, and the principle of lymphatic drainage is important for the prevention and treatment of lymphedema. In this issue, the structure, physiology, and drainage of lymphatic system for understanding the lymphatic circulation are described.

Key Words: Lymphatic System • Lymphedema • Manual Lymphatic Drainage

서 론

림프계 (lymphatic system)는 우리 몸에서 순환계, 면역계, 대사계에서 중요한 역할을 담당하는 구조물로 림프액, 림프관, 림프조직으로 이루어져 있다[1,2]. 림프계는 간질에서 단백질과 수분을 흡수하여 심혈관계로 돌려보내 항상성 (homeostasis)를 유지하여 체액의 균형을 유지하는 역할을 하며, 대사 또는 저장에 위해 장 림프관을 통해 지방 및 지용성 비타민을 흡수한다. 또한 외부 세포, 미생물, 암세포 등을 인식하여 이에 반응하는 등 면역학적으로 중요한 역할을 담당한다[3,4].

본 론

1. 림프계의 구조(Structure of the lymphatic system)

림프계는 림프관과 림프조직으로 구성되어 있다. 림프관은 림프모세관(lymphatic capillary), 림프집합관(lymphatic collector), 림프줄기(lymphatic trunk), 림프덕트(lymphatic duct)로 나누어진다. 간질액이 림프관으로 흡수되어진 것을 림프액이라 하며, 림프액은 물, 단백질, 세포, 지방 등으로 이루어져 있다. 림프관은 주로 피부와 피하 조직에서 간질액을 흡수하여 정맥순환으로 전달한다.

림프모세관은 초기 림프관으로서 서로 겹치는 평평한 내피 세포로 이루어져 있으며, 겹치는 부위의 끝단은 체액 흡수를 위해 필요에 따라 열리고 닫힌다[1,5]. 림프모세관은 고정필라멘트가 있어 림프내피세포를 주변 조직에 부착하며, 다른 림프관과 달리 밸브가 없다는 특징을 가진다. 소장에 분포하는 림프관을 lacteal 이라고 하는데 lacteal은 지방과 지용성 비타

► Received: October 8, 2021, ► Accepted: November 5, 2021

Address for correspondence: **Ha Ra Jeon, MD**

Department of Physical Medicine and Rehabilitation, National Health Insurance Service Ilsan Hospital, 100 ilsan-ro, ilsan-donggu, Goyang-si, Gyeonggi-do 10444 Republic of Korea
Tel: +82-31-900-0970, Fax: +82-31-900-0343

E-mail: jeon1021@nhim.or.kr

민 등을 흡수한다. Lacteal에서 흡수되는 유백색의 림프액을 chyle이라고 하며, chyle은 림프액과 작은 지방 방울인 chylomicron으로 이루어져 있다.

림프집합관은 림프모세관과 달리 평활근 층이 있으며, 밸브가 존재한다[1,5]. 림프집합관은 구조상 혈관 정맥과 비슷하지만 정맥보다는 혈관벽이 더 얇고 밸브간 간격이 짧다. 밸브는 림프흐름의 방향을 결정하며, 림프의 역류를 방지하고 원위부에서 근위부로의 이동을 도와준다. 림프집합관에는 림프수축의 가장 작은 기능적 단위인 lymphangion이 존재하는데, 이것은 원위 및 근위 밸브에 의해 경계를 이룬다. Lymphangion의 밸브는 한 방향(uni-directional) 밸브로의 기능을 가지며, 림프액의 유입으로 분절이 채워지면 림프관벽 내의 평활근이 수축하여 다음 분절로 림프액을 이동시키는 펌프의 기능을 한다. 림프집합관은 위치에 따라 표재성 림프집합관(superficial lymphatic collector)과 심부성 림프집합관(deep lymphatic collector)으로 나누어지는데, 표재성 림프집합관은 피하지방층에 위치하여, 피부와 피하조직의 림프 흐름을 담당한다. 심부성 림프집합관은 사지와 몸통의 하부근막층에 위치하여 주변 근육, 관절, 인대 조직에서 림프 흐름을 담당하며, 보통 깊은 층에서 주행하는 동맥, 정맥과 피복(sheath)을 이루어 주행한다.

림프줄기는 수많은 원심성 림프관으로부터 림프액을 받아 림프덕트로 보내는 역할을 한다[1,5]. 림프줄기에는 경정맥 림프줄기(jugular trunk), 쇄골하 림프줄기(subclavian trunk), 기관지종격동 림프줄기(bronchomediastinal trunk), 허리 림프줄기(lumbar trunk), 창자 림프줄기(intestinal trunk)가 있다. 경정맥 림프줄기는 두경부와 목에서 림프 흐름을 받으며, 쇄골하 림프줄기는 상지, 유방, 흉벽에서 림프 흐름을 받고, 기관지종격동 림프줄기는 흉곽 내 깊은 구조물에서, 창자 림프줄기는 대부분의 복부 구조물에서, 허리 림프줄기는 하지와 골반, 배꼽 아래 복벽에서 림프 흐름을 받는다.

림프덕트는 가장 큰 림프관으로 림프줄기로부터 림프액의 흐름을 받으며, 오른 림프관(right lymphatic duct)과 가슴관(thoracic duct)으로 이루어져 있다[1,5]. 오른 림프관은 우측의 경정맥, 쇄골하, 기관지종격동 림프줄기가 결합되어 형성되며, 우측 상부에서의 림프액이 오른 림프관으로 흘러 우측 쇄골하 정맥으로 배출된다. 가슴관은 흉추 1번 앞쪽에서 시작되며, 좌우 허리 림프줄기와 창자 림프줄기가 결합되어 형성

된다. 이렇게 시작된 가슴관은 흉강 내로 들어와 위쪽으로 주행하다가 주행이 끝나기 전에 좌측 경정맥, 기관지종격동 림프줄기와 결합해 좌측 쇄골하 정맥으로 연결이 된다. 우리 몸 횡격막 아래 부위와 좌측 상부의 림프액이 가슴관으로 배출된다.

림프절(lymph node)은 타원형의 콩 모양 형태를 가지며 림프관이 주행하는 길을 따라 위치한다[1]. 보통 군집을 이루고 있으며, 각각의 림프절은 특정 신체 부위에서 림프의 흐름을 받는다. 림프절은 강력한 결합조직캡슐로 둘러싸여 안쪽의 필터와 같은 네트워크를 보호한다. 구심성 림프관을 통해 림프액이 림프절로 흘러들어오며, 문(hilus)에 위치한 원심성 림프관을 통해 림프액이 림프절에서 빠져나가게 된다[4]. 림프절은 혈관이나 관절의 굴곡면을 따라 그룹을 지어 배열되어 있다. 림프절에서는 박테리아, 독소, 죽은 세포와 같은 유해물질의 여과가 일어나며, 신체 면역 기능 향상에 중요하게 작용하는 림프구의 저장이 일어난다. 또한 림프액이 림프절을 통과할 때 과도한 수분이 모세혈관으로 재흡수 되어 림프의 단백질 농도 조절이 일어난다.

2. 림프계의 생리(Physiology of the lymphatic system)

림프순환은 순환 흐름(circular pathway)을 이루는 혈액순환과 달리 한 방향 흐름을 이룬다. 혈관계로부터 지속적으로 일정량의 혈장이 누출되게 되는데, 대부분의 누출된 혈장은 림프관을 통해 흡수되어 혈관계로 다시 흘러 들어간다. 혈장이 축적되면 항상성이 깨지고 부종이 형성되는데, 림프순환은 혈장을 흡수하여 혈관계로 되돌리는 작용을 하여 조직을 보호하고 항상성을 유지하는 역할을 한다. 림프순환은 간질액이 림프모세관으로 흡수되어 시작되며, 림프모세관으로 흡수된 림프액이 림프관, 림프절, 림프줄기, 림프덕트를 거쳐 정맥계로 흘러들어가 끝나게 된다. 림프순환은 간질액이 초기 림프관으로 유입되어 일어나는 림프 형성과 초기림프모세관에서 시작하여 정맥계까지 림프액이 이동하는 림프 수송에 의해 일어난다.

림프의 형성은 간질액이 림프모세관으로 유입됨으로 발생한다[6]. 정수압과 삼투압의 불균형에 의해 미세혈관 누출이 발생하고, 혈장의 누출로 인한 간질액의 축적으로 압력이 생성되어 간질액의 흐름에 대한 기울기가 형성되어 림프 형성에 대한 추진력으로 작용한다.

림프의 흐름은 단순히 수동적으로 일어나지 않고, 능동적인 힘과 수동적인 힘의 복합 작용에 의해 일어난다. 능동적 림프 흐름을 유발하는 본질적인 요인에는 lymphangion에서 일어나는 수축과 lymphangion 사이의 2차 밸브가 있다. 림프 관내의 압력은 원위부에서 근위부로 갈수록 높아지게 되는데, lymphangion의 위상수축과 밸브의 기능으로 이러한 압력차를 극복하고 순방향으로 림프의 흐름이 이루어질 수 있으며, 림프액이 역류하는 것을 막아줄 수 있다.

림프 추진에 영향을 미치는 외부 물리적인 요인에는 근육의 수축, 호흡, 장운동, 혈압, 혈관박동, 운동, 압박, 마사지 등이 있다. 외부 요인들은 림프관의 압축과 스트레칭을 유발해 림프 흐름에 영향을 준다. 호흡의 경우 심호흡이 중요하게 작용하는데, 심호흡에서 흡기 시 폐가 가슴관을 눌러 가슴관에서 혈관계로 림프의 흐름을 촉진해 줄 수 있다. 근육의 수축과 운동, 혈압, 맥박은 심부 림프관에서 림프의 흐름을 도와주며, 마사지와 압박을 통해 림프를 말초에서 지역 림프절로 이동시키는데 도움을 줄 수 있다.

3. 림프 배출(Lymphatic drainage)

각각의 림프절은 특정 신체 부위에서 림프액을 받는다. 특정 신체 일부에서 가장 먼저 배액되는 림프절을 국소 림프절이라고 하고, 우리 몸에서 림프 흐름은 구획에 따라 일어나며 해당 구획에 있는 림프절을 통해 흐른다. 상지에서의 림프 배출 영역은 전완부 부위에서 요골 영역(radial territory), 중간 영역(middle territory), 척골 영역(ulnar territory)으로 나누어지고, 상완 부위에서 외측면 영역(dorsolateral territory), 중간 영역(middle territory), 내측면 영역(dorsomedial territory)으로 나누어져 팔목 림프절과 겨드랑이 림프절을 통해 흐른다. 하지에서의 림프 배출은 전내측 영역(anteromedial territory)과 후외측 영역(posteriolateral territory)으로 나누어져 슬와 림프절과 서혜부 림프절을 통해 흐른다[1].

우리 몸에서 림프의 흐름은 구획으로 나뉘어 일어나는데, 이는 lymphotome이라는 개념으로 설명된다. Lymphotome은 림프액 배출을 위해 우리 몸에서 구분되는 영역으로 유역(watershed)에 의해 나누어진다. 림프 유역은 lymphotome

간의 분할 영역으로 각각의 림프 영역을 분리하는 선형으로 나타난다. 중앙시상선(median sagittal line)에 의해 좌우 구역이 나누어지고, 견갑골선(scapular spine line)과 쇄골선(clavicle line), 수평선(horizontal line), 둔부선(gluteal line)에 의해 림프 영역이 구분된다[1]. 림프 문합(lymphatic anastomoses)은 유역으로 분리되는 림프 영역을 연결하여 과도한 림프액으로 구역이 압도될 때 문합을 통해 림프액이 구분된 영역을 통과하여 배출되도록 하여 림프부하를 줄여주는 기능적 배출 통로로서의 역할을 한다[1]. 겨드랑이 문합, 겨드랑이-서혜부 문합, 서혜부 문합으로 이루어져 있다. Lymphotome과 림프 유역, 림프 문합은 림프부종 환자의 치료에서 중요한 역할을 한다.

결론

림프계의 기능장애는 재활을 받는 환자에서 주요 문제이거나 중요한 동반 질환으로 재활의학 영역에서 중요한 도전 과제이다. 림프부종에 대한 적절한 중재와 관리를 위해서 림프계의 구조와 생리, 림프흐름에 대한 이해가 필요하겠다.

REFERENCES

1. Földi MI, Földi E. Anatomy of the Lymphatic System, in Földi's Textbook of Lymphology. Földi MI, Földi E, eds. Munich: Urban and Fischer; 2006. p.2-161.
2. Hsu MC, Itkin M. Lymphatic anatomy. Tech Vasc Interv Radiol 2016;19:247-254.
3. Swartz MA The physiology of the lymphatic system. Adv Drug Deliv Rev 2001;50:3-20.
4. Földi MI, Földi E. Physiology and Pathophysiology of the Lymphatic System, in Földi's Textbook of Lymphology, Földi MI, Földi E, eds. Munich: Urban and Fischer; 2006. p.135-173.
5. Breslin JW, Yang Y, Scallan J, Sweat RS, Adderley SP, Murfee W. Lymphatic vessel network structure and physiology. Compr Physiol 2018;9:207-299.
6. Guyton AC, Hall JE, The microcirculation and the lymphatic system: Capillary fluid exchange, interstitial fluid, and lymph flow, in Textbook of Medical Physiology, Guyton AC, Hall JE, eds. Philadelphia: Saunders; 2000. p.162-174.