

혈액투석과 근감소증의 연관성에 관한 문헌고찰

최경욱¹ · 이화경^{2*} · 김수아³ · 오윤재³

¹연세대학교의료원 세브란스 재활병원 부장, ^{2*}경남대학교 물리치료학과 강사,

³연세대학교의료원 세브란스 재활병원 물리치료사

Association of Hemodialysis and Sarcopenia : A systematic review

Kyoung-Wook Choi, PT, Ph.D¹ · Hwa-Gyeong Lee, PT, MS^{2*} · Soo-Ah Kim, PT³ · Yun-Jae Oh, PT³

¹Yonsei University Health System, Severance Rehabilitation Hospital, Senior Manager

^{2*}Dept. of Physical Therapy, Kyungnam University, Lecturer

³Yonsei University Health System, Severance Rehabilitation Hospital, Physical Therapist

Abstract

Purpose : This study aimed to investigate the relationship between the characteristics of hemodialysis patients and the occurrence of sarcopenia through a comprehensive literature review.

Methods : A systematic literature search was conducted to identify eligible studies in the Cochrane library, PubMed and Embase. In this review, we included all papers published since the initiative's inception and summarized results as of december 2022. Studies that investigated association between sarcopenia diagnosis and hemodialysis patients (aged ≥ 18 years) were included. Ultimately, 16 studies met our selection criteria. The risk of bias was assessed using the Newcastle-Ottawa scale.

Results : Fourteen of the sixteen studies (88 %) reported that significant association between sarcopenia diagnosis and hemodialysis patients. However, two studies reported no association between sarcopenia diagnosis and hemodialysis patients. As a factor statistically related to sarcopenia in hemodialysis patients, Mortality (6 studies, 38 %), age (5 studies, 31 %), body composition (4 studies, 25 %), physical activity (2 studies, 13 %), diabetes (2 studies, 13 %), cardiovascular abnormalities (1 studies, 6 %), nutritional status (3 studies, 19 %), and gender (3 studies, 19 %).

Conclusion : Our findings highlight the necessity of developing a physical therapy program that accurately reflects the health status of hemodialysis patients. To further investigate the association between the diagnosis of sarcopenia and hemodialysis patients, it is recommended to conduct large-scale longitudinal studies using standardized diagnostic criteria and evaluation methods, as well as analyze potential risk factors. Consequently, this study emphasizes the importance and potential of developing physical therapy programs that effectively address the health consequences associated with hemodialysis. The significance of this research lies in its ability to provide valuable insights and lay the foundation for future studies focused on developing preventive and therapeutic interventions targeting muscle wasting syndrome resulting from hemodialysis.

Key Words : hemodialysis, sarcopenia, systematic review

*교신저자 : 이화경, nalee0016@naver.com

제출일 : 2023년 4월 16일 | 수정일 : 2023년 7월 24일 | 게재승인일 : 2023년 8월 25일

I. 서론

인구 고령화에 따라 대사질환, 만성질환이 증가하는 반면, 현대과학의 발달에 따라 의료기술이 발전하며 만성 콩팥병 환자들의 사망률은 감소하고, 국내를 포함하여 전 세계적으로 치료 접근성은 향상되고 있는 추세이다(Jindal & Jagdish, 2019). 만성 콩팥병 환자는 콩팥 기능을 대체하는 방법으로 복막투석이나 혈액투석, 신장이식을 실시할 수 있고(Park 등, 2012), 우리나라의 경우 신대체요법(renal replacement therapy)을 시행 중인 만성 콩팥병 환자 중 약 75 %가 혈액투석을 실시중인 것으로 보고되고 있다(Hong 등, 2021).

혈액투석은 비가역적인 콩팥의 손상으로 소실된 배설기능과 전해질 평형을 유지하는 조절기능을 대신해주는 신대체요법으로, 만성 콩팥병 환자의 생명 연장을 위한 안전하고 실용적인 방법으로 널리 사용되고 있다. 그러나 혈액투석은 매주 2~3회, 매회 4~6시간씩 치료를 받아야 하며(Lee, 2018), 치료 방법이라기 보다는 증세를 완화시키는 수준으로 일생 동안 치료를 지속해야하기 때문에 환자에 따라 사회·경제적 부담이 증가되고 있다(Ko & Kang, 2020).

근감소증은 뼈대근육의 양이 감소하고 근력이 약해지며, 신체기능이 저하되는 뼈대근육 관련 질환을 말한다(Cruz-Jentoft 등, 2019). 일반적으로 근감소증이 발생하는 원인으로서는 단백질 분해와 합성 사이의 불균형, 염증 유발 사이토카인, 코티졸, 인슐린 저항성과 같은 내과적 요인들, 영양불량, 신체활동 감소, 알콜 섭취, 흡연과 같은 생활습관 요인들이 있는 것으로 알려져 있다(Jindal & Jagdish, 2019). 혈액투석을 받는 환자들은 다른 만성질환자들에 비해 근감소증 발생률이 상대적으로 높으며(Kittiskulnam 등, 2017a; Mori, 2021), 노화에 따라서 서서히 나타나는 경향이 있지만, 혈액투석환자들의 경우 일반인과 비교하면 근감소증 발병 위험 요인이 더 많이 나타나는 것으로 보고되고 있다(Shin & Min, 2022).

선행연구에 따르면 혈액투석환자의 근감소증 유병률은 13 % ~ 37 %로 일반인이나 다른 만성질환자보다 높고(Giglio 등, 2018), 이는 혈액투석환자에서 흔히 나타나는 콩팥기능 저하, 요독 축적, 비타민 D 결핍, 대사 산

증 발생으로 인해 친염증성 사이토카인 증가로 단백질 소모와 근육단백 분해를 증가시켜 근육 손실을 초래하는 것으로 알려져 있다(Inaba 등, 2021; Kim 등, 2018a). 혈액투석환자에게서 나타나는 근감소증은 단순한 근육량 감소뿐만 아니라 근력약화로 인한 보행, 균형, 근지구력 등과 같은 신체기능의 감소와 영양섭취와 관련하여 제한적인 식사를 초래하여 대표적으로 하지불안증후군(restless legs syndrome; RLS)과 같은 합병증을 유발하기 때문에 이를 예방하기 위해 우선적으로 혈액투석환자의 근감소증 발생과 관련된 요인을 밝혀낼 필요가 있다(Ren 등, 2016; Shahgholian 등, 2016).

현재까지 밝혀진 혈액투석환자의 근감소증 발생과 관련된 요인으로는 낮은 보행속도, 체질량지수, 투석기간, 당뇨병의 유무, 성별, 악력, 근육량, 종아리 둘레, 혈청알부민수치 등이 있으나 국내 연구에서는 대부분 영양상태나 내과적 요인에 대한 연구가 대부분이다(Bataille 등, 2017; Mori 등, 2019; Shin & Min, 2022).

따라서 본 연구에서는 혈액투석환자들의 혈액투석관련 특성과 근감소증 간의 관련성을 확인하기 위해 문헌고찰을 실시하였다. 본 연구의 결과로 혈액투석환자의 근감소증 예방을 위한 물리치료 프로그램 개발을 위한 근거자료를 제공할 것으로 기대한다.

II. 연구방법

1. 연구설계

본 연구는 혈액투석과 근감소증 간의 관련성을 평가하고 연구결과를 종합하기 위해 선정기준에 적합한 논문을 추출하여 분석한 체계적 문헌고찰 연구이다. 본 연구는 preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses(PRISMA)의 체계적 문헌고찰 및 메타분석 보고 지침에 의거하여 수행하였다(Sarkis-Onofre 등, 2021).

2. 핵심 질문

핵심 질문 전략인 participants, intervention, comparison,

outcomes(PICO)에 따라 연구대상(P)은 지역사회에 거주하는 만 18세 이상 성인으로, 중재(I)는 혈액투석으로 설정하였으며, 결과(O)는 european working group on sarcopenia in older persons(EWGSOP), asian working group for sarcopenia(AWGS), strength, assistant walking, rising from a chair, climbing stairs, falls(SARC-F) 와 같은 지표를 통해 근감소증을 측정하는 연구를 대상으로 하였다(Bagat 등, 2016; Chen 등, 2014).

3. 자료 검색 및 선정

1) 자료 검색

자료 검색을 위한 데이터베이스는 미국립의학도서관이 제시한 core, standard, ideal (COSI) 모형에 근거하여 표준 검색(standard search)을 위해 Cochrane library, MEDLINE(PubMed), Excerpta medica data base(EMBASE)를 선정하였다(Subirana 등, 2005). 영국 Scottish intercollegiate guideline network(SIGN)에 따르면, 체계적 문헌고찰 시 검색 비편향(bias)을 최소화하는 충족조건으로 MEDLINE, EMBASE 및 Cochrane library의 데이터베이스를 검색할 것을 요구하고 있기 때문이다(SIGN, 2019). 자료의 검색은 2022년 12월 1일부터 2022년 12월 5일까지 수행되었으며, 2명의 연구자(Kim, Lee)가 독립적으로 자료를 검색 및 수집하였다. 검색어는 PICO 핵심 질문을 토대로 중재(I)에 해당하는 'hemodialysis', 결과(O)에 해당하는 'sarcopenia' 로 주요 개념어를 도출하여 작성하였다. 검색어에는 각 데이터베이스의 특성에 따라 의학주제표목(medical subject headings; MeSH) 또는 생명과학 분야 용어색인(emptree), 자연어를 포함하였으며, 'and'와 'or' 연산자를 이용하여 조합하였다. 검색의 민감도를 높이기 위해 출판 연도 제한은 설정하지 않았다. 또한, 검색된 문헌의 선별과정에서 연구주제와 관련된 참고문헌을 추가적으로 검토하여 선정기준에 적합한 자료를 추가 수집하였다.

2) 자료 선정 및 배제 기준

본 연구의 선정기준은 (a) 지역사회에 거주하는 만 18세 이상의 일반인을 대상으로 한 연구, (b) 혈액투석 시점이 성인기를 포함하는 연구, (c) 근감소증을 직접적으

로 측정하는 연구, (d) 언어는 해석이 가능한 영어로 출판된 연구로 하였다.

본 연구의 배제기준은 (a) 만 18세 미만의 어린이 또는 청소년을 대상으로 한 연구, (b) 혈액투석 시점이 만 18세 이전인 경우만을 포함하는 연구, (c) 근감소증을 측정하지 않은 연구, (d) 사지 중 한쪽 이상의 절단술을 받은 자와 스스로 거동이 불가능한 자를 대상으로 한 연구, (e) 동물실험 또는 전 임상시험 연구, (f) 출판되지 않은 학위논문 및 학술대회 초록 등 전문을 찾을 수 없는 gray literature, (g) 종설, 체계적 문헌고찰, 메타분석 등 일차문헌이 아닌 연구, (h) 영어로 출판되지 않은 연구로 하여 제외하였다.

3) 근감소증의 기준

개별문헌에 제시된 근감소증의 진단기준은 SARC-F(Kim 등, 2018b), EWGSOP(Escriche-Escuder 등, 2021), AWGS(Ishida 등, 2020) 등 다양하였다. EWGSOP와 AWGS는 뼈대근육량 외에 신체기능과 근력을 종합적으로 고려한 평가기준으로, 최근에는 주로 근감소증 진단에 EWGSOP와 AWGS, SARC-F 알고리즘을 이용하는 경향이 있으며, 각각 9편, 6편, 1편의 연구에서 이를 이용하였다(Bagat 등, 2016; Chen 등, 2014).

4) 자료 선정

자료의 선정을 위해 데이터베이스 검색을 통해 확인된 문헌을 서지 관리 프로그램인 EndNote 20(EndNote, Clarivate™, United States)을 이용하여 정리하였다. 중복 문헌을 제거한 후, 2명의 연구자(Kim, Lee)가 각각 논문 제목과 초록을 단계적으로 검토하여 선정 및 배제 기준을 적용하였다. 이후 선별된 문헌 원문을 동일한 과정으로 검토하여 최종 문헌을 선택하였다. 다른 정보원에서 확인된 추가 문헌이 있거나, 각 연구자가 선정한 문헌이 일치하지 않은 경우, 회의를 통해 원문 재검토 후 상호간 합의점 도출을 통해 포함 여부를 결정하였다.

4. 문헌의 질 평가

문헌의 질 평가는 비무작위 임상시험 문헌평가 도구인 뉴캐슬-오타와 척도(Newcastle-Ottawa scale; NOS)를

이용하였다(Peterson 등, 2011). 이 도구는 8개 항목으로 구성된 척도로 환자-대조군 연구 평가와 코호트 연구 평가를 위한 두 종류의 척도로 개발되어 있다. 본 연구에서는 NOS 점수가 7점 이상인 경우 ‘우수’, 5점 이상 7점 미만인 경우 ‘보통’으로 평가하였다. 문헌의 질 평가 과정은 2명의 연구자(Kim, Lee)가 각각 독립적으로 수행한 후 평가 결과가 일치하지 않을 경우, 회의를 통해 질 평가 결과를 재검토하고 적합성 여부를 논의한 후 합의점을 도출하였다(Bac & Shin, 2020).

5. 자료 분석

자료분석은 체계적 문헌고찰 대상 연구의 일반적 특성을 분석한 후 내용을 추출하여 구조화된 표로 정리하였으며, 분석에 사용된 코딩 양식은 선행연구를 토대로 사전 회의를 거쳐 저자명, 출판 연도, 국가, 연구설계, 표본 수, 연령, 근감소증 측정 방법, 주요 결과, 질 평가 결과로 구성하였다(Chuasuwat 등, 2020).

III. 결과

1. 체계적 문헌고찰 대상 문헌의 검색 및 선정

본 연구의 PRISMA 흐름도에 따른 단계별 문헌의 선택 과정은 다음과 같다. 3개의 데이터베이스 검색을 통해 총 921편의 문헌이 검색되었고, 중복된 문헌 235편을 제외한 총 686편의 문헌을 제목과 초록을 주저어 중심으로 개괄적으로 검토하였다. 그 결과, 총 345편의 논문이 1차 선별되었으며, 다시 선정 및 배제기준을 적용하여 기준에 부합하지 않는 논문을 제외하고 총 49편을 2차 선별하였다. 이후 해당 문헌의 원문을 동일한 과정에 따라 검토하였으며, 이 과정에서 대상자가 적합하지 않은 연구, 원문을 찾을 수 없는 연구 등 총 35편을 배제하였다. 참고문헌 목록을 통해 추가로 수집된 논문 3편을 포함하여 최종적으로 총 16편의 연구를 체계적 문헌고찰 대상으로 선정하였다[A1-A16](Appendix 1).

2. 체계적 문헌고찰 대상 문헌의 일반적 특성

본 연구에서 혈액투석과 근감소증의 연관성을 파악한 연구 중 최종 선정된 문헌의 일반적 특성은 Table 1과 같다. 분석에 포함된 연구는 총 16편이었으며, 모두 국외 학술지 문헌으로 2016년 부터 2022년 까지 출판되었다. 연구가 수행된 국가로는 중국에서 실시된 연구가 5편(31%), 브라질 3편(19%), 일본 2편(13%), 한국 2편(13%) 등으로 총 9개국에서 연구가 진행되었다. 연구설계는 횡단연구가 10편(63%), 코호트 연구가 6편(38%)이었다.

본 연구에 포함된 대상자 수는 횡단연구 및 코호트 연구설계 모두를 포함하여 최종적으로 전체 5,906명이었으며, 최소 40명에서 최대 3,196명으로 다양하게 나타났다. 대상자의 평균 연령은 40대 부터 70대 까지 다양하게 나타났다.

근감소증의 측정방법에 따라 살펴보면, EWGSOP을 이용하여 근감소증을 측정 또는 진단한 연구가 9편(56%), AWGS를 이용한 연구가 6편(38%), SARC-F를 이용한 연구가 1편(6%) 이었다.

3. 혈액투석과 근감소증의 연관성

본 연구에서는 혈액투석과 근감소증의 연관성을 파악하여 제시한 연구를 근감소증의 측정 및 진단 방법에 따라 나누어 통계적 유의성을 기준으로 살펴보았다(Table 1). 먼저 EWGSOP를 이용하여 근감소증을 측정 및 진단한 연구 9편(56%) 중에서 7편(44%)의 연구에서 혈액투석 실시에 따른 근감소증 발생에 통계적으로 유의한 집단 간 차이 또는 상관관계를 보고하였다. 반면, 혈액투석과 근감소증 발생에는 유의미한 상관관계가 없다고 보고한 연구는 2편(13%) 이었다. AWGS를 이용하여 근감소증을 측정 및 진단한 6편(38%)의 연구에서 혈액투석 실시에 따른 근감소증 발생에 통계적으로 유의한 집단 간 차이 또는 상관관계를 보고하였다. SARC-F를 이용하여 근감소증을 측정 및 진단한 1편(6%)의 연구에서 혈액투석 실시에 따른 근감소증 발생에 통계적으로 유의한 집단 간 차이 또는 상관관계를 보고하였다.

4. 혈액투석환자의 근감소증 관련 요인

본 연구에서는 혈액투석환자의 근감소증 관련 요인을 파악하여 제시한 연구를 요인의 범주에 따라 나누어 통

계적 유의성을 기준으로 살펴보았다(Table 1). 그 결과, 사망률(6편, 38 %), 나이(5편, 31 %), 신체조성(4편, 25 %), 신체활동(2편, 13 %), 당뇨(2편, 13 %), 심혈관계 이상(1편, 6 %), 영양상태(3편, 19 %), 성별(3편, 19 %), 삶의 질(1편, 6 %), 우울(1편, 6 %), 투석 기간(1편, 6 %), 이노제 사용(1편, 6 %), 기타 혈액 분석 결과(5편, 31 %) 요인과 통계적으로 유의한 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

5. 문헌의 질 평가

본 연구에서 뉴캐슬-오타와 척도(NOS)를 이용하여 분석 대상 문헌의 질 평가를 수행한 결과, ‘우수’로 평가한 연구는 총 15편(94 %)이었으며, 2편[A11, A13]의 연구가 9점, 10편[A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A12, A14, A16]의 연구가 8점, 3편[A2, A10, A15]의 연구가 7점으로 평가되었다(Appendix 1). 또한, ‘보통’으로 평가한 연구는 총 1편(6 %)이었으며, 1편[A1]의 연구가 6점으로 평가되었다.

IV. 고 찰

만성 콩팥병은 원인 질환에 관계없이 콩팥기능이 정상수준에서 점차적으로 25 % 이하로 감소된 상태로 신대체요법을 하지 않으면 생명을 유지할 수 없는 만성질환이며, 이 중 혈액투석을 받고 있는 환자의 비율은 75 %에 이른다(Shin & Min, 2022).

일반적으로 혈액투석환자들은 근감소증 유병률이 다른 질환자들 보다 높은 것으로 보고되고 있다(Slee 등, 2020). 근감소증은 여러 복합적인 요인이 관련되어 있는 질병이며, 고령화 사회에서 노인인구 증가에 따른 발병률이 매우 높은 질환이기에 사회적인 관심을 요하는 질병이다(Lim 등, 2018). 특히 근감소증에 의한 낙상 위험, 사망률 증가, 허약노인 발생 등 직접적인 결과를 초래할 수 있다(Yeung 등, 2019). 따라서 근감소증의 발생원인, 유발 인자를 찾고 병태생리를 이해하여 예방 및 치료 방안을 확립하는 연구가 시급하다.

선행연구에 따르면 혈액투석 환자들의 심각한 콩팥기

능 저하와 요독 축적, 대사성 산증 발생 등은 친염증성 사이토카인을 증가시켜 단백질 소모와 근육단백의 분해를 증가시킴으로써 근육손실을 초래하는 것으로 보고되고 있다(Kittiskulnam 등, 2017b; Pérez-Torres 등, 2018). 혈액투석 환자의 경우 만성적인 염증 증가로 Interleukin 6(IL-6)와 TNF-like weak inducer of apoptosis(TWEAK) 같은 친염증성 사이토카인이 증가하고, 해당 사이토카인들은 근육단백 분해를 촉진하는 역할을 하여 근육단백 분해를 촉진시키는 것으로 알려져 있다(Ebner 등, 2020). 이외에도 제한된 식이요법과 식욕저하로 인한 영양섭취 부족, 대사성 산증(metabolic acidosis)으로 인한 근육단백 분해 촉진, 호르몬 이상으로 인한 근육단백합성 저하 등의 이유로 근감소증이 발생을 초래한다(Barreto 등, 2022). 그러나 혈액투석 실시에 따른 삶의 질 저하, 신체활동 감소 등에 대해서는 일반화되어 있는 반면, 근감소증과의 관련성이나 위험인자에 대한 연구는 미흡한 실정이다(Ghaffourifard 등, 2021; Shin & Min, 2022). 따라서 국외 논문을 중심으로 혈액투석과 근감소증의 관계에 대한 선행연구들을 살펴본 것은 근감소증 예방 및 개선을 목적으로 하는 연구의 의미 있는 기반 연구로 유용할 것으로 사료된다.

본 연구의 첫 번째 결과로 혈액투석 환자의 근감소증 발병과 관련된 요인으로는 사망률, 신체조정, 신체활동, 당뇨, 심혈관계 이상, 영양상태, 성별, 삶의 질, 우울, 투석기간, 이노제 사용, 기타 혈액분석 결과 순으로 나타난 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 만성 혈액투석 환자에게서 연령, 투석기간, 당뇨, 혈액분석 결과 항목이 근감소증 발병에 대한 독립적인 위험요인으로 나타난 연구와 유사하다(Ren H 등, 2016). 선행연구에 따르면 혈액투석중인 환자의 당뇨 중증도가 높을 수록 요독성 근육병(uremic myopathy)의 발병률이 높고, 이는 인슐린 저항성이 인슐린 분비를 억제시켜 글리코겐의 에너지원 사용은 감소하는 반면 간 글리코겐 생산을 증가시켜 골격근의 글리코겐 흡수를 방해하여 결과적으로 세포 내 글리코겐 대사를 저하시키기 때문인 것으로 보고하였다(Carré & Affourtit, 2019).

본 연구의 두 번째 결과로 가장 다수의 논문에서 혈액투석 환자의 근감소증 발병과 사망률, 나이와 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 근감소증은 노

화의 주요한 현상 중 하나이며, 노인 의학에서 근감소증이 사망률과 연관성이 있는 중요한 개념으로 고려되고, 사망률을 상승시키는 잠재적 위험요인으로 지목되고 있어 본 연구의 결과와 유사하다(Jung, 2020; Shu 등, 2022; So 등, 2009).

본 연구의 세 번째 결과로 당뇨와 심혈관계 이상, 신체조성 또한 혈액투석 환자의 근감소증 발병과 관련된 요인으로 나타났다. 근육은 인체에서 글루코스 흡수와 저장의 주된 기관으로, 근육에서 분비되는 마이오카인(myokine)과 같은 사이토카인은 지방 조직에서 분비되는 아디포카인(adipokine)에 영향을 끼치며 인슐린 저항성을 예방하는 효과가 있다. 따라서 근감소증이 진행되면 인슐린 저항성이 증가하고, 그 반대의 경우 근육량 증가는 체내 인슐린 감수성을 향상시킬 수 있다. 다시 말해 혈액투석 환자는 정상인에 비해 신체활동 감소, 장시간의 침상안정 등의 이유로 근육량이 감소되어 있고, 이는 인슐린 저항성이 증가하면서 당뇨나 심혈관계 질환, 근감소증 발병과 관련된 잠재적인 위험요인으로 고려할 수 있음을 시사한다.

비록 본 연구에서 분석한 문헌들의 임상적, 방법론적 다양성으로 인해 명확한 결론을 내리기에는 제한점이 있었으나, 개별 연구에서 제시한 결과를 종합하여 혈액투석과 근감소증에 대한 연관성을 제시함으로써 향후 혈액투석으로 인한 건강상태를 반영하는 물리치료 프로그램 개발의 필요성과 활용 가능성을 소개했다는 점에서 본 연구의 의의를 찾아볼 수 있을 것이다.

V. 결론

본 연구의 결과를 종합하며 혈액투석 환자는 연령 증가와 함께 투석으로 인해 신체활동이 줄어들면서 근육량은 감소하는 반면, 체지방률을 증가하는 신체 조성 변화가 나타나게 되고, 결과적으로 심혈관계 질환 및 당뇨 발병 위험을 높여 근감소증 유병률에도 영향을 미치게 되는 것으로 생각된다.

향후 연구에서는 혈액투석과 근감소증에 대한 독립 및 간접적인 위험요인을 규명하기 위한 대규모 연구자

료와 획일화된 진단기준 및 평가방법이 적용된 연구, 상관관계에 대해 분석한 연구가 필요한 것으로 사료된다. 본 연구의 결과를 통해 혈액투석에 의한 근감소증의 예방 및 치료 방안을 개발하기 위한 연구의 기반이 마련될 것으로 기대한다.

참고문헌

Bae JW, Shin SJ(2020). Factors Related to Persistent Postoperative Pain after Cardiac Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Korean Acad Nurs*, 50(2). <https://doi.org/10.4040/jkan.2020.50.2.159>.

Bahat G, Tufan A, Tufan F, et al(2016). Cut-off points to identify sarcopenia according to European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP) definition. *Clin Nutr*, 35(6), 1557-1563. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2016.02.002>.

Barreto Silva MI, Picard K, Klein MRST(2022). Sarcopenia and sarcopenic obesity in chronic kidney disease: Update on prevalence, outcomes, risk factors and nutrition treatment. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 25(6), 371-377. <https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000871>.

Bataille S, Serveaux M, Carreno E, et al(2017). The diagnosis of sarcopenia is mainly driven by muscle mass in hemodialysis patients. *Clin Nutr*, 36(6), 1654-1660. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2016.10.016>.

Bidwell S, Jensen MF. Using a search protocol to identify sources of information: the COSI model. *etext on health technology assessment (HTA) information resources. national information center on health services research and health care technology (NICHSR), 2004. Available at <http://www.nlm.nih.gov/archive/20060905/nichsr/ehta/chapter3.html>. Accessed June 19, 2023.*

Carré JE, Affourtit C(2019). Mitochondrial activity and skeletal muscle insulin resistance in kidney disease. *Int J Mol Sci*, 20(11), 2751. <https://doi.org/10.3390/ijms20112751>.

- Chen LK, Liu LK, Woo J, et al(2014). Sarcopenia in Asia: consensus report of the Asian Working Group for Sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc*, 15(2), 95-101. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2013.11.025>.
- Chuasuwana A, Pooripussarakul S, Thakkinstian A, et al(2020). Comparisons of quality of life between patients underwent peritoneal dialysis and hemodialysis: a systematic review and meta-analysis. *Health Qual Life Outcomes*, 18, 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12955-020-01449-2>.
- Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, et al(2019). Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*, 48(1), 16-31. <https://doi.org/10.1093/ageing/afz046>.
- Ebner N, Anker, SD, von Haehling S(2020). Recent developments in the field of cachexia, sarcopenia, and muscle wasting: highlights from the 12th Cachexia Conference. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 11(1), 274-285. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12552>.
- Escriche-Escuder A, Fuentes-Abolafio JJ, Roldan-Jimenez C, et al(2021). Effects of exercise on muscle mass, strength, and physical performance in older adults with sarcopenia: a systematic review and meta-analysis according to the EWGSOP criteria. *Exp Gerontol*, 151, Printed Online. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2021.111420>.
- Ghafourifard M, Mehrizade B, Hassankhani H, et al(2021). Hemodialysis patients perceived exercise benefits and barriers: the association with health-related quality of life. *BMC Nephrol*, 22(1), Printed Online. <https://doi.org/10.1186/s12882-021-02292-3>.
- Giglio J, Kamimura MA, Lamarca F, et al(2018). Association of sarcopenia with nutritional parameters, quality of life, hospitalization, and mortality rates of elderly patients on hemodialysis. *J Ren Nutr*, 28(3), 197-207. <https://doi.org/10.1053/j.jrn.2017.12.003>.
- Hong YA, Ban TH, Kang CY, et al(2021). Trends in epidemiologic characteristics of end-stage renal disease from 2019 Korean renal data system (KORDS). *Kidney Res Clin Pract*, 40(1), 52-61. <https://doi.org/10.23876/j.krcp.20.202>.
- Inaba M, Okuno S, Ohno Y(2021). Importance of considering malnutrition and sarcopenia in order to improve the qol of elderly hemodialysis patients in japan in the era of 100-year life. *Nutrients*, 13(7), Printed Online. <https://doi.org/10.3390/nu13072377>.
- Ishida Y, Maeda K, Nonogaki T, et al(2020). SARC-F as a screening tool for sarcopenia and possible sarcopenia proposed by AWGS 2019 in hospitalized older adults. *J Nutr Health Aging*, 24(10), 1053-1060. <http://10.1007/s12603-020-1462-9>.
- Jindal A, Jagdish RK(2019). Sarcopenia: ammonia metabolism and hepatic encephalopathy. *Clin Mol Hepatol*, 25(3), 270-279. <https://doi.org/10.3350/cmh.2019.0015>.
- Jung K(2020). Sarcopenia as a risk factor for gastrointestinal disease: relationship between erosive esophagitis and sarcopenia. *Korean J Gastroenterol*, 75(3), 117-119. <https://doi.org/10.4166/kjg.2020.75.3.117>.
- Kim JK, Kim SG, Oh JE, et al(2019). Impact of sarcopenia on long-term mortality and cardiovascular events in patients undergoing hemodialysis. *Korean J Intern Med*, 34(3), 599-607. <https://doi.org/10.3904/kjim.2017.083>.
- Kim S, Kim M, Won CW(2018b). Validation of the Korean version of the SARC-F questionnaire to assess sarcopenia: Korean frailty and aging cohort study. *J Am Med Dir Assoc*, 19(1), 40-45. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2017.07.006>.
- Kim SK, Park HJ, Yang DH, et al(2018a). Influences on the performance based frailty of physical performance, exercise self-efficacy, decisional balance, and health related quality of life in adults undergoing hemodialysis. *Korean J Adult Nurs*, 30(2), 149-160. <https://doi.org/10.7475/kjan.2018.30.2.149>.
- Kittiskulnam P, Carrero JJ, Chertow GM, et al(2017a). Sarcopenia among patients receiving hemodialysis: weighing the evidence. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 8(1), 57-68. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12130>.

- Kittiskulnam P, Chertow GM, Carrero JJ, et al(2017b). Sarcopenia and its individual criteria are associated, in part, with mortality among patients on hemodialysis. *Kidney Int*, 92(1), 238-247. <https://doi.org/10.1016/j.kint.2017.01.024>.
- Ko SI, Kang KJ(2020). Effect of a complex leg exercise program for hemodialysis patients with restless legs syndrome. *J Korean Clin Nurs Res*, 26(3), 385-394. <https://doi.org/10.22650/JKCNR.2020.26.3.385>.
- Lee J(2018). Effects of a muscle strength reinforcement exercise program for older adult patients on hemodialysis. *J Korean Gerontol Nurs*, 20(3), 204-216. <https://doi.org/10.17079/jkgn.2018.20.3.204>.
- Lim HS, Park YH, Suh K, et al(2018). Association between sarcopenia, sarcopenic obesity, and chronic disease in Korean elderly. *J Bone Metab*, 25(3), 187-193. <https://doi.org/10.11005/jbm.2018.25.3.187>.
- Mori K(2021). Maintenance of skeletal muscle to counteract sarcopenia in patients with advanced chronic kidney disease and especially those undergoing hemodialysis. *Nutrients*, 13(5), Printed Online. <https://doi.org/10.3390/nu13051538>.
- Mori K, Nishide K, Okuno S, et al(2019). Impact of diabetes on sarcopenia and mortality in patients undergoing hemodialysis. *BMC Nephrol*, 20(1), Printed Online. <https://doi.org/10.1186/s12882-019-1271-8>.
- Park ks, Choi SG, Park MJ(2012). Comparison of muscle strength and gait ability between hemodialysis patients and healthy adults. *J Korean Public Health Nurs*, 26(1), 82-90. <http://dx.doi.org/10.5932/JKPHN.2012.26.1.0>.
- Pérez-Torres A, Garcia MEG, San José-Valiente B, et al(2018). Protein-energy wasting syndrome in advanced chronic kidney disease: prevalence and specific clinical characteristics. *Nefrología (Engl Ed)*, 38(2), 141-151. <https://doi.org/10.1016/j.nefro.2017.11.018>.
- Peterson J, Welch V, Losos M, et al(2011). The Newcastle-Ottawa scale (NOS) for assessing the quality of nonrandomised studies in meta-analyses. *Ottawa: Ottawa Hosp Res Institute*, 2(1), 1-12.
- Sarkis-Onofre R, Catalá-López F, Aromataris E, et al(2021). How to properly use the PRISMA Statement. *Syst Rev*, 10(1), Printed Online. <https://doi.org/10.1186/s13643-021-01671-z>.
- Scottish Intercollegiate Guidelines Network(SIGN). A guideline developer's handbook [internet], 2019. Available at <https://www.sign.ac.uk/our-guidelines/sign-50-a-guideline-developers-handbook/> Accessed June 19, 2023.
- Shahgholian N, Jazi SK, Karimian J, et al(2016). The effects of two methods of reflexology and stretching exercises on the severity of restless leg syndrome among hemodialysis patients. *Iran J Nurs Midwifery Res*, 21(3), 219-224. <https://doi.org/10.4103/1735-9066.180381>.
- Shin HY, Min HS(2022). Factors associated with sarcopenia among hemodialysis patients. *J Korean Crit Care Nurs*, 15(1), 24-34. <https://doi.org/10.34250/jkccn.2022.15.1.24>.
- Shu X, Lin T, Wang H, et al(2022). Diagnosis, prevalence, and mortality of sarcopenia in dialysis patients: a systematic review and meta-analysis. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 13(1), 145-158. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12890>.
- Slee A, McKeaveney C, Adamson G, et al(2020). Estimating the prevalence of muscle wasting, weakness, and sarcopenia in hemodialysis patients. *J Ren Nutr*, 30(4), 313-321. <https://doi.org/10.1053/j.jrn.2019.09.004>.
- So WY, Song MS, Cho BL, et al(2009). The effect of elastic band exercise training and detraining on body composition and fitness in the elderly. *J Korean Gerontol Soc*, 29(4), 1247-1259.
- Subirana M, Sola I, Garcia JM, et al(2005). A nursing qualitative systematic review required MEDLINE and CINAHL for study identification. *J Clin Epidemiol*, 58(1), 20-25. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2004.06.001>.
- Yeung SS, Reijnierse EM, Pham VK, et al(2019). Sarcopenia and its association with falls and fractures in older adults: a systematic review and meta-analysis. *J*

Cachexia Sarcopenia Muscle, 10(3), 485-500.
<https://doi.org/10.1002/jcsm.12411>.

Appendix 1. List of included studies

- A1. Abdala R, Elena Del Valle E, Negri AL, et al(2021). Sarcopenia in hemodialysis patients from Buenos Aires, Argentina. *Osteoporos Sarcopenia*, 7(2), 75-80. <https://doi.org/10.1016/j.afos.2021.04.001>.
- A2. Cheng D, Zhang Q, Wang Z, et al(2021). Association between sarcopenia and its components and dependency in activities of daily living in patients on hemodialysis. *J Ren Nutr*, 31(4), 397-402. <https://doi.org/10.1053/j.jrn.2020.08.016>.
- A3. Ding Y, Chang L, Zhang H, et al(2022). Predictive value of phase angle in sarcopenia in patients on maintenance hemodialysis. *Nutrition*, 94(111527), Printed Online. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2021.111527>.
- A4. Ferreira MF, Böhlke M, Pauletto MB, et al(2022). Sarcopenia diagnosis using different criteria as a predictor of early mortality in patients undergoing hemodialysis. *Nutrition*, 95(111542), Printed Online. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2021.111542>.
- A6. Hortegal EVF, Alves J, Santos EJF, et al(2020). Sarcopenia and inflammation in patients undergoing hemodialysis. *Nutr Hosp*, 37(4), 855-862. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.03068>.
- A7. Ishikawa S, Naito S, Iimori S, et al(2018). Loop diuretics are associated with greater risk of sarcopenia in patients with non-dialysis-dependent chronic kidney disease. *PLoS One*, 13(2), Printed Online. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192990>.
- A8. SHin HY, Min HS(2022). Factors associated with sarcopenia among hemodialysis patients. *J Korean Crit Care Nurs*, 13(1), 24-34. <https://doi.org/10.34250/jkccn.2022.15.1.24>.
- A9. Bae EJ, Lee TW, Bae WR, et al(2022). Impact of phase angle and sarcopenia estimated by bioimpedance analysis on clinical prognosis in patients undergoing hemodialysis: a retrospective study. *Medicine*, 101(25), Printed Online. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000029375>.
- A10. Lin YL, Liou HH, Wang CH, et al(2020). Impact of sarcopenia and its diagnostic criteria on hospitalization and mortality in chronic hemodialysis patients: a 3-year longitudinal study. *J Formos Med Assoc*, 119(7), 1219-1229. <https://doi.org/10.1016/j.jfma.2019.10.020>.
- A11. Ren H, Gong D, Jia F, et al(2016). Sarcopenia in patients undergoing maintenance hemodialysis: incidence rate, risk factors and its effect on survival risk. *Ren Fail*, 38(3), 364-371. <https://doi.org/10.3109/0886022X.2015.1132173>.
- A12. Sánchez-Tocino ML, Miranda-Serrano B, López-González A, et al(2022). Sarcopenia and mortality in older hemodialysis patients. *Nutrients*, 14(11), Printed Online. <https://doi.org/10.3390/nu14112354>.
- A13. Widajanti N, Soelistijo S, Had U, et al(2022). Association between sarcopenia and insulin-like growth factor-1, myostatin, and insulin resistance in elderly patients undergoing hemodialysis. *J Aging Res*, 2022, Printed Online. <https://doi.org/10.1155/2022/1327332>.
- A14. Yuenyongchaiwat K, Jongritthiporn S, Somsamarn K, et al(2021). Depression and low physical activity are related to sarcopenia in hemodialysis: a single-center study. *PeerJ*, 9(6), Printed Online. <https://doi.org/10.7717/peerj.11695>.
- A15. Zhang M, Zhang L, Hu Y, et al(2022). Sarcopenia and echocardiographic parameters for prediction of cardiovascular events and mortality in patients undergoing maintenance hemodialysis. *PeerJ*, 10, Printed Online. <https://doi.org/10.7717/peerj.14429>.
- A16. Zhou C, Lin X, Ma G, et al(2023). Increased pre-dialysis extracellular to intracellular water ratio is associated with sarcopenia in hemodialysis patients. *J Ren Nutr*, 33(1), 157-164. <https://doi.org/10.1053/j.jrn.2022.03.004>.

Table 1. Physical characteristics of study subjects

Authors	Year	Country	Study design	N	Age M (SD)	Measurement of sarcopenia	Outcome	N OS	
A1	Abdala et al.	2021	Argentina	Cross-sectional	100	55.60 (13.60)	EWGSOP, SMI, AMM, HGS, GS	N/S	6
A2	Cheng et al.	2021	China	Cross-sectional	238	60.90 (13.20)	EWGSOP, HGS, GS	SCP associated with BADL, IADL	7
A3	Ding et al.	2022	China	Cross-sectional	346	68.03 (10.93)	AWGS, SMI, HGS, GS	SCP associated with age, BMI, PAL	8
A4	Ferreira et al.	2022	Brazil	Cohort	127	N/S	EWGSOP, HGS, GS	SCP associated with mortality	8
A5	Giglio et al.	2018	Brazil	Cohort	170	70.60 (7.20)	EWGSOP, SMI	SCP associated with NC, QoL, mortality	8
A6	Hortegal et al.	2020	Brazil	Cross-sectional	209	51.90 (15.00)	EWGSOP, AMM, HGS, GS	SCP associated with age, DM, gender (male), body fat	8
A7	Ishikawa et al.	2018	Japan	Cross-sectional	260	80.00 (N/A)	AWGS, SMI, HGS, GS	SCP associated with LDU	8
A8	Shin et al.	2022	Korea	Cross-sectional	137	63.38 (12.73)	SARC-F, HGS, BMI, PAL	SCP associated with age, gender (female), malnutrition, BMI, ECW/ICW	8
A9	Bae et al.	2022	Korea	Cohort	191	64.20 (12.40)	EWGSOP, AMM, BMM	SCP associated with age, gender (female)	8
A10	Lin et al.	2020	Taiwan	Cohort	126	63.20 (13.00)	EWGSOP, SMI, HGS, GS	N/S	7
A11	Ren et al.	2016	China	Cross-sectional	131	49.40 (11.70)	EWGSOP, SMI, HGS	SCP associated with age, DD, DM, SPL, malnutrition, mortality	9
A12	Sánchez-Tocino et al.	2022	Spain	Cohort	60	81.85 (5.58)	EWGSOP, SARC-F, AMM, BMM, HGS, SMI, GS	SCP associated with mortality	8
A13	Widajanti et al.	2022	Indonesia	Cross-sectional	40	60	AWGS, AMM, HGS, GS	SCP associated with IGF-1, myostatin, HOMA-IR	9
A14	Yuenyong-chaiwat et al.	2021	Thailand	Cross-sectional	104	59.74 (13.62)	AWGS, SMT, BMM, HGS, GS	SCP associated with depression	8
A15	Zhang et al.	2023	China	Cohort	158	56.00 (14.00)	AWGS, BMM, HGS, GS	SCP associated with CVE, mortality	7
A16	Zhou et al.	2022	China	Cross-sectional	3,196	55.00 (N/A)	AWGS, SMI, HGS	SCP associated with age, DM, BMI, ECW/ICW	8

sarcopenis; SCP, skeletal muscle index; SMI, appendicular muscle mass; AMM, not significant; N/S, gait speed; GS, european working group on sarcopenia in older people; EWGSOP, activities of daily living; ADL, basic activities of daily living; BADL, handgrip strength; HGS, body mass index; BMI, physical activity level; PAL, nutritional condition; NC, quality of life; QoL, presence of diabetes mellitus; DM, asian working group for sarcopenia; AWGS, loop diuretic use; LDU, cardiovascular events; CVE, bioimpedance muscle mass; BMM, dialysis duration; DD, serum phosphorus level; SPL, bioelectrical impedance analysis-derived whole-body extracellular to intracellular water ratio; ECW/ICW