

권역심뇌혈관질환센터와 뇌졸중 네트워크에서 신경과 의사의 역할

김대현^{a,b}동아대학교 의과대학 신경과학교실^a, 부산 권역심뇌혈관질환센터^b

The Role of Neurologists in Regional Cardiocerebrovascular Centers and Stroke Networks

Dae-Hyun Kim, MD, PhD^{a,b}*Department of Neurology, Dong-A University College of Medicine, Busan, Korea^a
Busan Regional Cardiocerebrovascular Disease Center, Busan, Korea^b***J Korean Neurol Assoc 43(3):153-160, 2025**

Address for correspondence

Dae-Hyun Kim, MD, PhD
Department of Neurology, Dong-A
University College of Medicine, 26
Daesingongwon-ro, Seo-gu, Busan 49201,
Korea
Tel: +82-51-240-5570
Fax: +82-51-244-8338
E-mail: kdh6542@hanmail.net

Received May 4, 2025
Revised June 10, 2025
Accepted June 19, 2025

서론

뇌졸중은 초기 치료가 지연되면 사망에 이를 수 있는 중증 질환이다. 또한 치료를 받아도 후유장애가 남는 경우가 많아 의료비와 가족 부담이 크다.¹ 대한민국은 뇌혈관질환으로 인한 사망률과 장애 부담이 높은 국가다. 2011-2022 심뇌혈관질환 발생 통계에 따르면 2022년 뇌졸중 후 1년 이내 사망률은 전체 20.1%, 65세 이상은 32.1%였다. 사망률은 2011년부터 2019년까지 감소했지만 2020년 이후 다시 증가하고 있다.²

뇌졸중은 신속한 응급 의료 대응과 권역별 중증 심뇌혈관질환 관리 체계가 갖춰져야 골든타임 내 적절한 치료가 가능하며 이는 생존율 향상으로 이어진다.¹ 정부는 2008년부터 권역심뇌혈관질환센터를 지정하여 지역 간 의료 격차를 해소하고자 하였으며³ 2024년부터는 심뇌혈관질환 네트워크 시범 사업도 추진 중이다.⁴ 뇌졸중 네트워크는 뇌졸중 환자를 치료 가능한 병원으로 신속하게 이송하기 위한 체계로 119 구급대와 의료기관 또는 일반 병원과 뇌졸중센터 간 협력을 강화한 시스템이다.^{1,5}

본 논문에서는 급성기 뇌졸중 네트워크의 문제점과 정부 정책, 뇌졸중 담당 신경과 의사의 역할과 업무를 다루고자 한다.

본론

허혈뇌졸중에서 혈관 재개통이 이루어지지 않으면 분당 190만 개의 신경세포가 손상된다.⁶ 이 때문에 뇌졸중은 “Time is brain”이라는 말이 있을 정도로 발병 후 치료까지

1분 1초라도 시간을 단축시키는 것이 중요하다.¹

이를 위한 효과적인 방법은 다음과 같다. 첫째, 환자나 목격자가 119 구급대에 신속히 연락을 취한다. 둘째, 구급대원이 현장에서 뇌졸중 환자를 평가하고 치료 가능한 병원을 선정하여 이송하며 환자 도착 전 병원에 연락하여 뇌졸중 치료팀을 준비시킨다. 셋째, 병원은 전달받은 정보를 바탕으로 환자 도착 즉시 치료를 시작한다.⁵

국내 허혈뇌졸중 등록 자료에 따르면 2011-2020년 재관류 치료율은 14.7%에서 17.5%로 증가하였고 뇌졸중전문치료실 운영 등으로 3개월 사망률은 6.6%에서 5.9%로 감소하였다. 이것은 국제적으로도 우수한 수준이다.⁷⁻⁹ 그러나 병원 전 단계의 대응 능력과 시간 단축은 여전히 해결 과제로 남아 있다.

1. 국내 뇌졸중 네트워크의 문제점

1) 지역별 뇌졸중센터의 접근성 차이

허혈뇌졸중 환자의 재관류 치료율과 치료 시작 시간은 지역에 따라 큰 차이를 보인다. 이는 치료 가능한 병원과 전문 인력의 지역 간 불균형 때문이다. 최근 조사에 따르면 전국 70개 중진료권 중 23개 권역(32.9%)에는 뇌졸중 적정 치료가 가능한 병원이 없었다.⁸ 또한 119 이송 자료에 따르면 광역시 이상의 대도시에서 119 신고 후 병원 도착까지 50분 이상 소요되는 경우가 6.4%에 불과했지만 그 외 지역은 22.5%로 더 높았다.¹⁰ 특히 재관류 치료가 가능한 병원까지 이송 시간이 90분 이상 걸리는 지역에서는 재관류 치료율이 낮고 사망률은 높은 것으로 나타났다.¹¹

우리나라는 국토가 좁고 교통 인프라가 발달하여 전체 인구의 95% 이상이 전국 67개 뇌졸중 센터에 90분 이내 도착 가능한 것으로 조사되었다.¹¹ 따라서 지역별 뇌졸중센터와 119 이송 체계 간 유기적인 협력을 강화하면 더 많은 환자에게 시기적절한 재관류 치료를 제공할 수 있을 것이다.

2) 치료 가능한 병원의 선정과 이송 시간

국내에는 아직 체계적인 응급 뇌졸중 이송 체계가 확립되어 있지 않다. 오히려 COVID-19 시기를 거치며 뇌졸중 발생 후 119 신고부터 병원 도착까지의 시간이 더 지연되었다. 구급대

원이 이송한 뇌졸중 척도 양성 환자 자료에 따르면 최근 5년간 119 신고 후 병원 도착까지의 소요 시간은 27분에서 33분으로 늘었고 30분 이상 걸린 비율도 38.4%에서 58.2%로 증가하였다.¹⁰ 이런 변화의 주요 원인은 뇌졸중 의심 환자 이송 시 수용 가능한 병원 선정의 지연으로 보인다.

병원 전 단계에서 치료 가능한 병원 선정이 늦어지면 최종 치료까지의 시간도 길어지고 치료가 불가능한 병원으로 이송될 가능성도 높아진다.

3) 급성기 뇌졸중 환자의 재이송

권역심뇌혈관질환센터에 입원하는 급성 허혈뇌졸중 환자의 33.4%는 다른 병원에서 전원된 경우로 처음 방문하는 병원에서 최종 치료를 받지 못했을 가능성이 높다.¹²

급성 허혈뇌졸중의 대표적인 치료는 신속한 정맥 내 혈전용해제 투여이다. 하지만 첫 병원에서 혈전용해제 치료를 받지 못하고 뇌졸중센터로 이송된 환자는 직접 내원한 환자보다 약제 투여 시작이 약 50분 늦고 좋은 예후를 보일 가능성도 1.6배 낮다.¹³ 국내에는 허혈뇌졸중 환자 5명 중 1명이 병원을 잘못 선택해 치료 기회를 놓치거나 치료가 지연되며 지역별 전원 비율은 9.6-44.6%로 보고되었다.^{8,13}

최근 동맥내혈전제거술의 효과가 입증되면서 국내에도 전체 허혈뇌졸중 환자 중 응급 뇌혈관 내 시술률이 2011년 5.4%에서 2020년 10.6%로 증가하였다.^{1,7,9,14} 국민건강보험공단 자료에 따르면 혈전제거술이 필요한 환자 중 시술 가능한 병원에 직접 내원하여 치료받는 비율은 34%에 불과하였다. 일차병원을 거쳐 뇌졸중센터로 전원된 환자는 직접 내원한 경우보다 입원까지 약 90분 더 지연되었고 시술 후 예후도 좋지 않았다.¹⁵ 이는 재관류 치료가 필요한 환자에게 첫 병원 선택이 중요함을 보여 준다.

4) 병원 간 뇌졸중 환자 이송과 시간 지연

일차병원에서 동맥 내 중재 치료를 위해 뇌졸중센터로 전원되는 급성 허혈뇌졸중 환자 중 시술을 받지 못하는 가장 큰 이유는 일차병원에서의 시간 지연이다.¹⁶ 전원 후 혈관 재개통이 이루어지더라도 일차병원에서 시간 지연은 예후에 나쁜 영향을 끼칠 수 있다.¹⁷

따라서 뇌졸중 최종 치료가 가능한 병원으로 이송되지 못하였다면 일차병원 체류 시간을 최소화시켜야 한다.¹⁸ 국내에는 뇌영상 CD 복사, 진료 소견서 작성, 사설 구급대 지연 등이 주요 지연 요인이다. 이를 해결하려면 병원 간 영상 전송 시스템 구축과 구급대 전원 체계 개선이 필요하다.

2. 뇌졸중 네트워크 문제 해결을 위한 정책

국내에는 뇌졸중 치료 병원 부족, 지역 간 격차, 이송 체계 미비, 국가 데이터 및 관리 체계 부재 등 다양한 문제가 있으며 현재 이를 해결하기 위한 노력이 진행 중이다.

1) 권역심뇌혈관질환센터 운영

뇌졸중 초기 골든타임을 확보하기 위해서는 24시간 365일 치료 가능한 거점 의료기관이 필요하다. 정부는 2008년 3개의

권역심뇌혈관질환센터를 시작으로 2024년까지 총 14개 센터를 지정 및 운영하고 있다(Fig. 1). 이 센터들은 급성 심근경색 및 뇌졸중 환자에게 신속한 치료를 제공하고 지역 간 의료 격차 해소와 예방, 치료, 교육, 사후 관리까지 담당하는 것을 목표로 한다. 각 센터는 신경과, 신경외과, 심장내과, 흉부외과, 응급의학과, 영상의학과, 재활의학과 등 다학제 협력 체계를 갖추고 있다. 권역센터 운영 이후 치료 지연 시간 단축, 병원 전 단계 진료 체계화, 사망률 감소, 의료 질 향상 활동 등 중요한 성과가 있었다.³

2023년에는 중앙 심뇌혈관센터가 지정되어 국가적 심뇌혈관질환 컨트롤 타워 역할을 맡았고 2025년에는 지역 심뇌혈관센터 10곳이 선정되면서 중앙-권역-지역을 잇는 심뇌혈관질환 대응 체계가 완성되었다. 지역 센터는 권역 센터와 연계하여 지역 내 환자 치료 및 예방 교육을 담당하며 권역 센터는 거점 병원으로 중증 환자 치료, 데이터 수집, 예방 관리 사업을 담당한다.

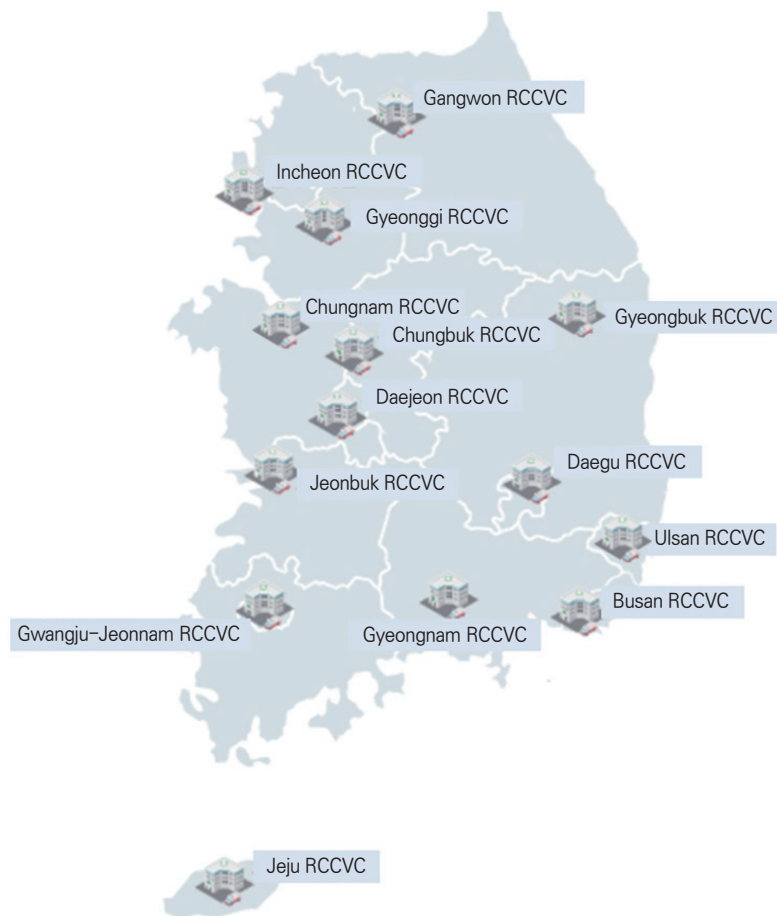


Figure 1. Locations of the 14 regional cardiocerebrovascular centers (RCCVCs) in South Korea.

중앙 센터는 정책 개발, 기술 지원, 인력 교육 등 전체 센터 운영을 총괄한다.

2) 심뇌혈관질환 네트워크 사업

병원 전 단계에서 이송 병원 선정 지연 및 이송 시간 증가 문제(Fig. 2-A)를 해결하고 병원 간 전원을 활성화하기 위하여

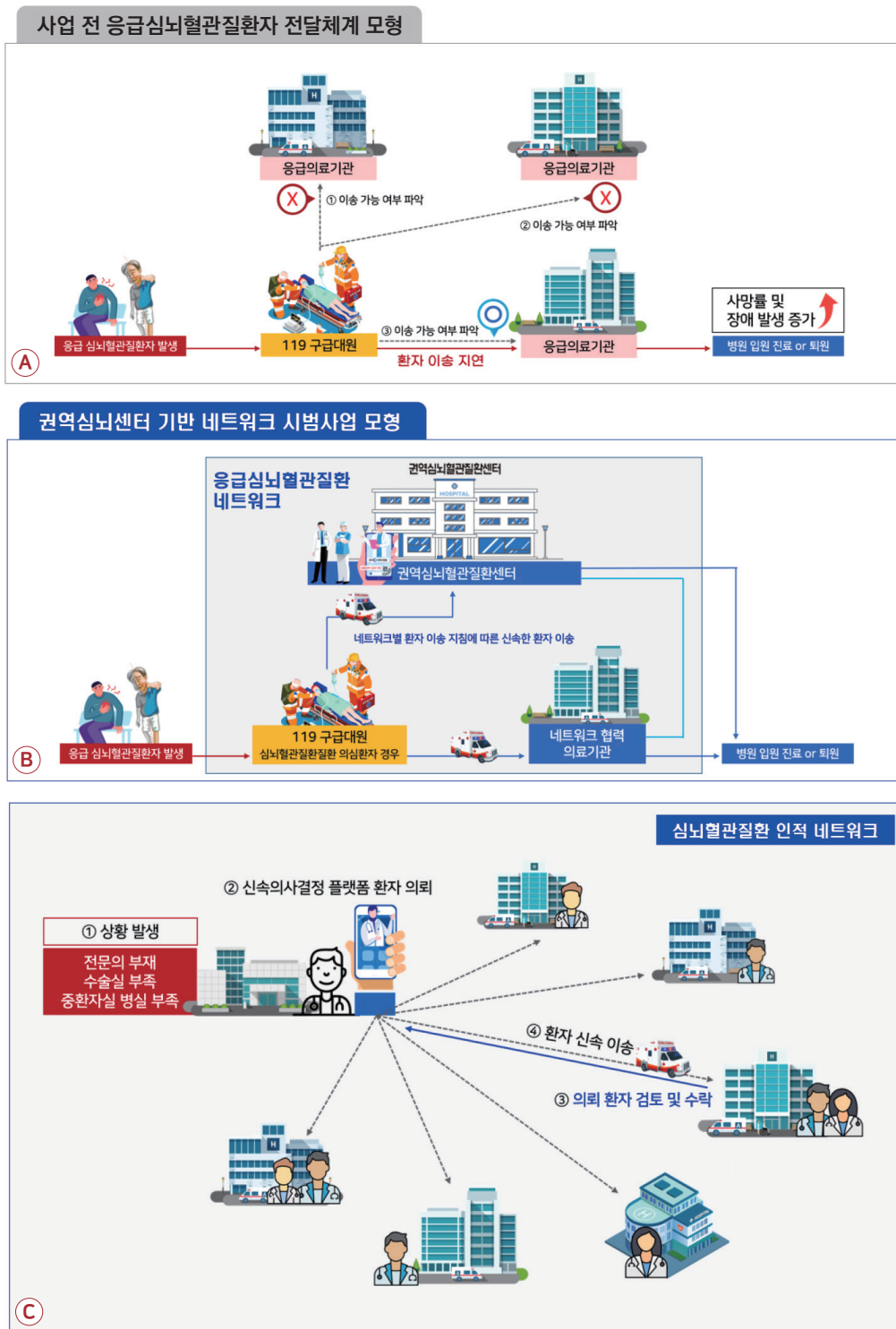


Figure 2. Emergency cardiovascular disease network pilot project model. (A) model before project implementation. (B) Regional cardiocerebrovascular disease center-based network project. (C) Cardiovascular disease specialist-based network project.

2024년 2월부터 권역심뇌혈관질환센터 기반의 응급 심뇌혈관 질환 네트워크 및 지역 병원 전문의 간 인적 네트워크를 활용하는 시범사업이 시행 중이다.⁴

권역 네트워크는 119 구급대원이 심근경색 또는 뇌졸중 의심 환자를 선별하여 권역 센터 또는 협력 병원에 직접 연락하여 24시간 365일 환자를 이송, 치료할 수 있도록 지원하는 병원 전 단계 네트워크이다(Fig. 2-B).⁴ 인적 네트워크는 뇌졸중 환자가 뇌혈관수술, 혈전제거술, 코일색전술이 불가능한 병원에 내원하였을 때 진단 후 전문의 간 스마트폰 플랫폼을 활용하여 치료 가능한 병원으로 전원하는 병원 간 인력 중심의 협력 체계이다(Fig. 2-C).⁴

이 사업은 3년간 시범 운영되며 권역 센터 시범사업에는 10개 권역이, 뇌졸중 인적 네트워크에는 30개 팀이 참여하고 있어 향후 유용성과 효과에 대한 면밀한 분석이 필요하다.

3. 권역심뇌혈관질환센터와 뇌졸중 네트워크에서 신경과 의사의 역할

1) 급성 뇌졸중 환자의 치료에서 신경과 의사의 역할

(1) 급성 뇌졸중 진단과 치료

응급실에 뇌졸중 환자가 내원하면 신경과 의사는 신경계 평가(NIH 뇌졸중 척도[National Institute of Health stroke scale, NIHSS] 등)와 뇌영상 검사를 통해 뇌졸중을 진단하고 치료를 시작한다. 허혈뇌졸중 환자에게 정맥 내 혈전용해제 투여 여부를 판단하고 동맥내혈전제거술이 필요한 경우 신경중재 시술 의사와 협력하여 신속히 시술을 진행한다. 출혈뇌졸중 환자는 신경외과 및 중환자실과 협력하여 치료 방침을 정한다.

국내 뇌졸중 아형별 유병률은 허혈뇌졸중이 75-80%로 가장 많고 다음으로 출혈뇌졸중과 지주막하출혈 순이다.¹⁹ 대부분 병원에서는 급성 허혈뇌졸중 환자의 치료를 신경과에서 담당하고 있다.¹⁴ 급성 허혈뇌졸중 초기 대응 능력 평가를 위하여 정맥내혈전용해술 건수와 환자 도착 후 혈전용해제 투여까지 걸린 시간을 주요 지표로 삼는다.¹⁸ 국내 허혈뇌졸중 환자의 약 8-11%가 혈전용해제 치료를 받고 있으며⁷⁻⁹ 대부분의 병원에서 신속 대응 체계를 운영하여 60분 이내에 약제를 투여가 이뤄지

고 있는데 이는 국제적으로도 우수한 수준이다.⁸ 이러한 성과는 주로 신경과 의사들의 노력에 의하여 이루어지고 있으며 그에 따른 업무 부담도 커지고 있다.²⁰

(2) 뇌졸중전문치료실 운영

뇌졸중전문치료실(stroke unit)은 급성 뇌졸중 환자에게 최적의 치료를 제공하기 위한 독립 공간, 전문 장비, 다학제 뇌졸중 치료팀, 임상 진료 경로(clinical pathway) 등을 갖추어 최적 치료를 제공한다. 환자는 혈압, 호흡, 체온, 심전도 등을 모니터링하며 NIHSS를 통해 신경계 상태 변화를 지속적으로 평가받는다. 조기 신경계 악화 발생 시 즉각 대응하여 합병증을 줄인다. 폐렴 예방을 위하여 삼킴곤란 검사를 하고 조기 재활 치료도 함께 시행한다.^{1,21} 이 모든 과정은 주로 신경과 의사가 담당한다.

(3) 뇌졸중 네트워크 개선 및 핫라인 운영

119 구급대원이 뇌졸중 의심 환자에 대해 병원 도착 전 치료팀에 연락하면 사전 준비를 할 수 있어 영상 검사와 치료 시작 시간이 단축된다.^{22,23} 또한 핫라인 운영 시 뇌졸중 환자 수용 병원이 없을 경우 권역심뇌혈관질환센터가 환자를 최종 수용하게 된다.³ 뇌졸중 치료팀에 연락 방식은 스마트폰 앱²² 또는 핫라인 전화가 있는데²³ 지역 상황에 따라 다양한 방법을 활용할 수 있다.

한 권역심뇌혈관질환센터의 핫라인 자료에 따르면 구급대원의 뇌졸중 진단 정확도는 81%였고 허혈뇌졸중 환자 중 44%는 정맥내혈전용해술, 18%는 동맥내혈전제거술을 받았다.²³ 이는 구급대원이 뇌졸중 환자를 잘 선별하여 핫라인을 통해 이송하면 재관류 치료 기회가 늘고 치료 시간도 단축된다는 것을 보여준다.

뇌졸중 전문의들은 타 병원에서도 뇌혈관 수술이나 시술이 필요한 환자의 전원과 치료를 담당하는 인적 네트워크 사업에도 참여하고 있다.⁴

(4) 진료의 질 향상 활동 및 관리

대부분의 뇌졸중센터는 진단, 치료, 재활까지 표준화된 임상 진료 경로를 운영하여 뇌졸중 치료 지연을 줄이고 진료의

질 향상을 도모하고 있다.²⁵ 병원들은 25분 이내 뇌영상 촬영, 60분 이내 혈전용해제 투여 등 자체 목표를 설정하고 정기적인 quality improvement (QI) 활동을 통해 문제를 개선한다. 건강보험심사평가원에서도 뇌졸중 적정성 평가를 진행하고 있는데 2022년까지 총 9차 평가 결과가 공개되었다.²⁶

대한뇌졸중학회는 치료가 신속하고 적절한 병원에 대하여 뇌졸중센터 인증을 시행하고 있다. 2018년 혈전용해제 치료 가능 센터 인증을 시작으로 2021년에는 동맥내혈전제거술까지 가능한 재관류 치료 센터로 확대하였다. 인증 평가는 표준 진료 여부, 최신 치료 적용 여부를 확인하여 참여 병원의 지속적인 진료의 질 향상을 유도한다.²⁷ 인증 병원 정보는 구급대와 국민들에게 공개되어 신속한 병원 선택에 도움을 준다. 또한 대한신경과학회에서는 2024년부터 급성뇌졸중인증의를 선정하여 전문성을 강화하고 있다.

(5) 뇌졸중 교육 및 홍보

권역심뇌혈관질환센터의 신경과 의사는 구급대원, 간호사, 시민, 환자 등을 대상으로 뇌졸중 교육을 실시한다.

구급대원에게는 뇌졸중 선별 도구, 대혈관폐색 증상, 응급 처치, 치료 가능한 뇌졸중센터 소개, 핫라인 시스템 등을 교육한다. 간호사에게는 뇌졸중 진단, NIHSS 같은 중증도 평가 도구, 뇌졸중 치료 및 환자 관리법을 교육한다.

일반인과 환자에게는 고혈압, 당뇨병, 고지혈증, 흡연 등 주요 위험 인자 관리, 뇌졸중 증상, 응급 대처, 약물 복용, 생활습관 개선 등을 알리고 재발 방지를 위한 추적 관리도 담당한다.

권역심뇌혈관질환센터와 뇌졸중 네트워크에서 신경과 의사의 주요 역할은 표로 정리하였다(Table).

2) 응급실에서 신경과 의사의 업무 부담

신경과는 응급실에서 급성 중증 질환을 가장 많이 진료하는 대표적인 과이다. 국내 41개 상급 종합병원의 2년간 응급실 자료에 따르면 연간 신경과 전임 전문의 1인당 중증 환자(Korean triage and acuity scale [KTAS] 1-3등급) 진료 건수는 274.1건으로 소아청소년과 다음으로 많았으며 내과의 1.6배, 전체 평균의 4.2배에 해당한다. 이 중 뇌졸중 환자가 비중이 가장 컸다.²⁰

뇌졸중은 신속한 치료가 필수이므로 신경과의 업무 강도는 매우 높다. 최근 혈전용해제 치료와 동맥내혈전제거술 등 치료 기술이 발전하면서 신경과의 응급실 역할도 더욱 확대되었다.¹⁴ 앞서 언급한 급성기 치료 대부분은 주로 신경과 전문의에 의하여 진행되고 있어 신경과는 업무 강도가 높은 과로 인식되어 젊은 의사들의 지원도 꺼려하는 분위기이다. 특히 같은 신경과 의사라고 하더라도 뇌졸중 전담의는 부전공 또는 뇌졸중 진료를 하지 않는 의사에 비해 업무 부담이 훨씬 크고 이에 따라 뇌졸중 전임의 지원율도 낮아지고 있다. 이를 해결하기 위한 대책 마

Table. The role of neurologists in regional cardiocerebrovascular centers and stroke networks

종류	업무 내용
급성 뇌졸중 치료	뇌졸중 신속 대응팀 및 critical pathway 시행 뇌졸중 진단 및 NIHSS 평가, 뇌영상 분석 정맥 내 혈전용해제 치료, 동맥내혈전제거술 시행, 수술팀 협진
뇌졸중전문치료실 운영	급성 뇌졸중 환자 모니터링, 합병증 예방 및 급성기 치료 다학제 진료(신경외과, 심장내과, 흉부외과, 재활의학과 등), 조기 재활
뇌졸중 네트워크 사업	핫라인 운영(병원 전 단계 뇌졸중 환자 triage 및 환자 수용) 119 구급대 병원 도착 전 뇌졸중팀 활성화 병원 간 뇌졸중 전원 환자 수용(인적 네트워크 사업)
진료 질 향상 활동 및 평가	뇌졸중센터 및 급성뇌졸중인증의 임상 진료 경로 운영, 진료 지표 모니터링, 정기적인 QI 활동
교육 및 홍보	구급대원(뇌졸중 진단, 응급 처치, 핫라인 시스템, 뇌졸중센터 소개 등) 간호사(뇌졸중 환자 평가, NIHSS, 모니터링 등) 일반인(뇌졸중 위험 인자, 뇌졸중 증상, 치료법, 응급 대처 요령 등) 뇌졸중 환자(재발 방지, 퇴원 후 관리, 약물 치료 등)
퇴원 후 환자 관리	퇴원 후 환자 관리 사업, 재활 및 재발 방지 프로그램
뇌졸중 등록 체계 구축	권역심뇌혈관질환센터 뇌졸중 레지스트리, 한국뇌졸중레지스트리 데이터 활용을 통한 임상 연구, 진료 분석 및 치료 개발

NIHSS; National Institutes of Health stroke scale, QI; quality improvement.

련이 시급하다. 이런 가운데 최근 신경과가 필수의로 과목에 포함된 것은 긍정적인 변화이며 향후 뇌졸중 전담 신경과 의사의 처우 개선과 인력 보강 등의 추가 대책이 필요하다.

결론

과거에는 신경과 의사가 뇌졸중 환자의 치료에 주력하면 되었지만 최근에는 응급 치료 외에도 권역심뇌혈관질환센터와 뇌졸중 네트워크를 중심으로 뇌졸중전문치료실 운영, 병원 전 단계 관리, 다학제 협력, 뇌졸중 치료 질 향상 활동, 교육, 연구 등 다양한 역할을 수행하고 있다.

최근 노령화에 따른 뇌졸중 환자 증가로 뇌졸중 치료는 개별 의사의 노력만으로 감당하기 어려운 수준으로 확대되고 있다. 이를 해결하기 위해 뇌졸중 진료 시스템 개선 및 지원 정책 강화, 뇌졸중 전문 인력 보충과 처우 개선 등 지속적 관심과 노력이 필요할 것이다.

REFERENCES

1. Powers WJ, Rabinstein AA, Ackerson T, Adeoye OM, Bambakidis NC, Becker K, et al. Guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke: 2019 update to the 2018 guidelines for the early management of acute ischemic stroke: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke* 2019;50:e344-e418.
2. Korea Disease Control and Prevention Agency. Cardio-cerebrovascular disease mortality trends, 2012-2022. *Public Health Wkly Rep* 2024;17:1391-1392.
3. Kim J, Hwang YH, Kim JT, Choi NC, Kang SY, Cha JK, et al. Establishment of government-initiated comprehensive stroke centers for acute ischemic stroke management in South Korea. *Stroke* 2014;45:2391-2396.
4. Health Insurance Review and Assessment Service. Pilot project for problem-solving care cooperation network for severe and emergency cardiovascular and cerebrovascular diseases. [online] [cited 2025 Apr 21]. Available from: <https://www.hira.or.kr/bbsDummy.do?pgmid=HIRAA020002000100&brdScnBltno=4&brdBltno=11338&pageIndex=1&pageIndex2=1#none>.
5. Fassbender K, Walter S, Grunwald IQ, Merzou F, Mathur S, Lesmeister M, et al. Prehospital stroke management in the thrombectomy ERA. *Lancet Neurol* 2020;19:601-610.
6. Saver JL. Time is brain-quantified. *Stroke* 2006;37:263-266.
7. Jeong HY, Jung KH, Mo H, Lee CH, Kim TJ, Park JM, et al. Characteristics and management of stroke in Korea: 2014-2018 data from Korean Stroke Registry. *Int J Stroke* 2020;15:619-626.
8. Lee KB, Lee JS, Lee JY, Kim JY, Jeong HY, Kim SE, et al. Quality of acute stroke care within emergency medical service system in Korea: proposal for severe emergency medical center. *J Korean Neurol Assoc* 2023;41:18-30.
9. Park TH, Hong KS, Cho YJ, Ryu WS, Kim DE, Park MS, et al. Temporal trends in stroke management and outcomes between 2011 and 2020 in South Korea: results from a nationwide multicenter registry. *J Am Heart Assoc* 2025;14:e035218.
10. Fire Department Emergency Rescue Capacity Development Team. 119 emergency service quality management report (2023 emergency rescue activities). [online] [cited 2025 Apr 21]. Available from: <https://www.nfsa.go.kr/nfa/releaseinformation/statisticalinformation/main/?mode=view&cntld=65>.
11. Choi JC, Kim JG, Kang CH, Bae HJ, Kang J, Lee SJ, et al. Effect of transport time on the use of reperfusion therapy for patients with acute ischemic stroke in Korea. *J Korean Med Sci* 2021;36:e77.
12. Kim DH, Moon SJ, Lee J, Cha JK, Kim MH, Park JS, et al. Comparison of factors associated with direct versus transferred-in admission to government-designated regional centers between acute ischemic stroke and myocardial infarction in Korea. *J Korean Med Sci* 2022;37:e305.
13. Kim DH, Bae HJ, Han MK, Kim BJ, Park SS, Park TH, et al. Direct admission to stroke centers reduces treatment delay and improves clinical outcome after intravenous thrombolysis. *J Clin Neurosci* 2016;27:74-79.
14. Lee HJ, Shin DH, Yang KI, Koh IS, Lee KB, Lee WW, et al. The investigation on the burden of neurology residents to manage the patient who received thrombolytic treatment in the emergency department with hyperacute stroke. *J Korean Neurol Assoc* 2021;39:305-311.
15. Kang J, Kim SE, Park HK, Cho YJ, Kim JY, Lee KJ, et al. Routing to endovascular treatment of ischemic stroke in Korea: recognition of need for process improvement. *J Korean Med Sci* 2020;35:e347.
16. Prabhakaran S, Ward E, John S, Lopes DK, Chen M, Temes RE, et al. Transfer delay is a major factor limiting the use of intra-arterial treatment in acute ischemic stroke. *Stroke* 2011;42:1626-1630.
17. McTaggart RA, Moldovan K, Oliver LA, Dibiasio EL, Baird GL, Hemmendinger ML, et al. Door-in-door-out time at primary stroke centers may predict outcome for emergent large vessel occlusion patients. *Stroke* 2018;49:2969-2974.
18. Fonarow GC, Zhao X, Smith EE, Saver JL, Reeves MJ, Bhatt DL, et al. Door-to-needle times for tissue plasminogen activator administration and clinical outcomes in acute ischemic stroke before and after a quality improvement initiative. *JAMA* 2014;311:1632-1640.
19. Kim JY, Kang K, Kang J, Koo J, Kim DH, Kim BJ, et al. Executive summary of stroke statistics in Korea 2018: a report from the epidemiology research council of the Korean stroke society. *J Stroke* 2019;21:42-59.
20. Kim D, Jo N, Cha JK, Choi H, Jeong SW, Koh IS, et al. Workload in emergency rooms among clinical specialties and overburdened neurologists. *J Korean Neurol Assoc* 2022;40:127-136.
21. Na JH. Stroke unit. In: Korean Stroke Society. *Stroke*. 3rd ed. Seoul: Panmuneducation, 2024;397-402.
22. Lee SH, Ryoo HW, Jin SC, Ahn JY, Sohn SI, Hwang YH, et al. Pre-

- hospital notification using a mobile application can improve regional stroke care system in a metropolitan area. *J Korean Med Sci* 2021;36:e327.
23. Kim DH, Nah HW, Park HS, Choi JH, Kang MJ, Huh JT, et al. Impact of prehospital intervention on delay time to thrombolytic therapy in a stroke center with a systemized stroke code program. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2016;25:1665-1670.
 24. Cho JH, Chung HI, Yoon BA, Kim DH, Cha JK. Feasibility of establishing a stroke care system through the acute stroke hotline in Busan metropolitan area. *J Korean Neurol Assoc* 2023;41:274-280.
 25. Heo JH, Kim YD, Nam HS, Hong KS, Ahn SH, Cho HJ, et al. A computerized in-hospital alert system for thrombolysis in acute stroke. *Stroke* 2010;41:1978-1983.
 26. Bae HJ. Quality improvement and assessment in stroke care. In: Korean Stroke Society. *Stroke*. 3rd ed. Seoul: Panmuneducation, 2024;403-410.
 27. Korean Stroke Society. Certification criteria for stroke centers. [online] [cited 2025 Apr 21]. Available from: <https://stroke.or.kr/secretariat/certifyhospital.php>.