creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

심리학석사 학위논문

마을 주민 얼굴 응시 과제에서 노년기 외로움에 따른 보상 영역 활성화 및 사회연결망 특성의 조절효과

Moderating effects of social network characteristics in the association between loneliness and neural response to villager's face viewing task in older adults

2023 년 08 월

서울대학교 대학원

심리학과 임상심리학 전공

Undrakh Tuguldur

마을 주민 얼굴 응시 과제에서 노년기 외로움에 따른 보상 영역 활성화 및 사회연결망 특성의 조절효과

지도 교수 최 진 영

이 논문을 심리학석사 학위논문으로 제출함
2023 년 08 월

서울대학교 대학원
심리학과 임상심리학 전공
Undrakh Tuguldur

Undrakh Tuguldur의 심리학석사 학위논문을
인준함
2023 년 08 월

위 원 장 _____ 안 우 영 _____ (인)

부위원장 _____ 설 선 혜 _____ (인)

위 원 _____ 최 진 영 _____ (인)

초 록

인간은 사회적인 동물로서 소속되고자 하는 기본 욕구를 지니고 있다. 이때 노년기에는 다양한 삶의 사건으로 인해 점차 사회적으로 고립되기 쉽다. 이러한 사회적 고립 중 주관적인 측면인 외로움은 개인이 추구하는 관계와 실제 관계 사이의 괴리로 인해 느끼는 주관적인 고통을 의미한다. 대부분의 사람들은 일시적인 외로움에 대해 잘 대처하지만 일부는 잘 대처하지 못하여 외로움이 악화되어 만성적인 외로움으로 변한다. 진화론적인 관점에서 외로움은 소속욕구에 위협을 주는 상태로 현재 사회적 욕구가 충족되지 않고 있음을 알리는 적응적인 신호로 작용한다. 사회적으로 연결되는 것은 외로움을 해소하는 동시에 그 자체로 보상적이다. 따라서 외로움을 느낄 경우 인간은 사회적 욕구를 충족하고자 한다. 그러나 모든 사람이 사회적 욕구를 충족하고자 하는 것은 아니며 사회적 연결 가능성이 낮을 경우 오히려 사회적 철회 반응을 보이기도 한다. 한편 사회연결망은 사회자본의 기반이 되며 사회적 자원을 제공해주는데, 그 중 사회연결망의 구조적 특성은 사회적 연결의 기회를 제공해줄 수 있다. 따라서 본 연구에서는 노년기 외로움이 마을 주민의 얼굴을 응시할 때 보상 중추 영역으로 알려진 복측 선조체(VS)와 복내측 전전두엽(vmPFC)의 활성화로 이어지는지를 확인하고, 나아가 노년기 외로움과 보상 영역의 활성화 사이의 관계를 사회연결망의 구조적 특성인 중개자 역할(brokerage)과 배태성(embeddedness)이 조절하는지 알아보고자 하였다. 이를 위해 한국의 한 농촌 마을에 거주하는 건강한 노인들을 대상으로 마을 내의 완전사회연결망을 조사한 뒤 fMRI 실험을 수행하였다. fMRI 실험에서 사용한 과제는 라운드 로빈 얼굴 응시 과제(Round-robin face viewing task)로, 마을 내 실제 사회연결망에 속한 주민의 얼굴 사진과 자신의 얼굴 사진 그리고 여러 명의 사진을 겹쳐 놓은 유령 사진을 하나씩 보여주는 과제이다. 개인의 외로움 수준은 개정된 한국판 UCLA 외로움

척도를 사용하여 측정하였고, 중개자 역할 점유 정도와 배태성의 경우 앞서 조사한 완전사회연결망을 바탕으로 산출하였다. 최종적으로 분석에 포함된 참가자는 심리사회설문과 뇌 영상 촬영을 모두 완료한 참가자 20명이다. 연구 결과, 높은 외로움 수준은 보상 영역 중 복내측 전전두엽(vmPFC)의 낮은 활성화를 유의미하게 예측하였으나, 이 둘의 관계는 사회연결망의 구조적 특성에 의해 달라지지는 않았다. 반면 외로움 수준에 따른 복측 선조체의 활성화는 중개자 역할과 배태성에 의해 유의미하게 조절되었다. 구체적으로 중개자 역할 점유 정도와 배태성이 낮은 노인들의 경우 외로울수록 복측선조체의 활성화가 유의미하게 감소하였으나, 높은 노인들의 경우 유의미한 관련성이 없었다. 본 연구의 결과는 외로움을 크게 느끼는 노인일수록 사회연결망에 속한 마을 주민의 얼굴 사진을 보더라도 이들과의 관계를 덜 보상적으로 지각할 가능성을 시사한다. 이러한 양상은 사회자본이 적고 고립되어 있는 노인에게서 더 크게 나타났다. 따라서 향후 외로움에 대한 개입으로 사회연결망 특성을 고려한 개입의 필요성을 제안한다.

주요어 : 외로움, 라운드-로빈 얼굴 응시 과제, 보상 영역, 사회자본, 중개자 역할, 배태성
학 번 : 2021-24009

목 차

서 론 1
1. 외로움의 진화론적 관점 및 개인차 2
2. 사회연결망의 특성 5
3. 사회적 보상과 관련된 뇌 영역 8
4. 연구목적 및 가설 10

방 법 13
1. 연구 참가자 13
2. 연구 절차 및 설계 14
3. 측정 도구 14
4. 분석 방법 21

결 과 25
1. 기술통계량 및 상관분석 25
2. 외로움 수준에 따른 뇌 활성화 강도 29
3. 외로움에 따른 뇌 활성화에 미치는 사회연결망 34

논 의 41
1. 외로움에 따른 보상 영역 활성화 41
2. 사회연결망 특성의 조절효과 43
3. 연구의 의의 및 한계 45

부 록 49
참고문헌 56
Abstract 68

표 목차

[표 1] 25
[표 2] 26
[표 3] 28
[표 4] 30
[표 5] 32
[표 6] 33
[표 7] 33
[표 8] 34
[표 9] 36
[표 10] 38
[표 11] 40

그림 목차

[그림 1] 17
[그림 2] 18
[그림 3] 20
[그림 4] 29
[그림 5] 31
[그림 6] 35
[그림 7] 37
[그림 8] 39
[그림 9] 40

서 론

최근 조사에 따르면 2030년에 태어나는 신생아를 기준으로 한국이 OECD 35개 회원국 가운데 기대수명이 90세를 넘어설 것으로 예상하며 우리나라가 일본과 프랑스를 뛰어넘는 세계 최장수국이 될 것으로 전망하고 있다(Kontis et al., 2017). 이러한 가운데 2017년에 65세 이상 노인이 전체의 14% 이상을 차지하면서 고령화 사회에 접어들게 되었다(OECD, 2018). 따라서 길어진 노년기를 건강하고 행복하게 보내는 것에 대한 관심이 점차 증가하고 있다. 이때 중요한 개념은 성공적인 노화로 질병이나 장애가 없고 높은 인지기능과 신체기능을 유지하고 사회참여 및 생산적인 활동을 하는 것을 의미한다(Rowe & Kahn, 1987). 이러한 정의 아래 초기에 신체적 건강과 질병이 없는 상태를 성공적 노화의 중요한 요소로 강조해왔으나(Depp & Jeste, 2006), 실제로는 노인들 자신은 신체적 건강과 질병의 유무와 상관없이 인지기능이나 심리적인 요인을 성공적인 노화의 주요 요소로 여기는 것으로 보인다(Depp, Vahia, & Jeste, 2010). 이때 사회참여는 사회활동이나 사회적 상호작용, 사회적 지지 및 사회갈등을 포함하는 개념으로서 개인의 인지기능과 심리적 안녕감에 영향을 미치는 것으로 알려져 있어 성공적인 노화에 중요한 요소로 여겨진다(김호영, 2015).

그러나 노년기에는 배우자와의 사별이나 은퇴 등 다양한 삶의 사건들로 인해 점차 고립되게 된다(Cornwell, Laumann, & Schumm, 2008; Luo & Li, 2022). 이러한 사회적 고립은 객관적인 측면을 의미하는 사회적 단절(social disconnectedness)과 개인이 주관적으로 느끼는 주관적 사회적 고립(perceived social isolation)으로 나뉜다(Cornwell & Waite, 2009). 이때 주관적 사회적 고립으로 알려진 외로움(loneliness)은 사회적 관계에서 개인이 추구하는 관계와 실제 자신의 관계 사이의 괴리로 오는 주관적인 고통을 의미한다(Perlman & Peplau, 1981). 대부분 한 번쯤 이러한 외로움을 느끼지만 일시적으로 경험하거나 이를 잘 대처해낸다. 그러나 이러한 일시적인 외로움을 해결하지 못하여 만성적인 외로움으로 변할 경우 부정적인 영향을 미칠

수 있다. 실제로 외로움이 만성적인 외로움으로 발전될 경우 개인의 건강(Martín-María et al., 2019), 사망위험(Luo et al., 2012; Holt-Lunstad et al., 2015), 낮은 인지기능(Shankar, Hamer, McMunn, & Steptoe, 2013; Zhong, Chen, & Cornwell, 2016), 그리고 심혈관계 질환의 발병 위험(Valtorta, Kannan, Gilbody, & Hanratty, 2018)에 부정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 따라서 주관적 사회적 고립인 외로움이 만성적인 외로움으로 발전되지 않도록 하는 것이 중요하다. 이에 본 연구에서는 실제 사회연결망에 속한 마을 사람들 간의 얼굴 사진을 보는 라운드 로빈 얼굴 응시 과제(Round-robin face viewing task; 이하 얼굴 응시 과제)를 이용하여 노년기 외로움이 사회적 욕구의 증가로 이어지는지를 알아보고, 이러한 관계가 사회연결망의 구조적 특성에 의해 달라지는지 알아보고자 한다.

1. 외로움의 진화론적 관점 및 개인차

1.2 사회적 욕구 및 진화론적 관점

인간은 사회적인 동물로서 소속되고자 하는 기본적인 욕구를 갖고 있다. 이러한 욕구는 다른 사람과 관계를 만들고 이를 유지하고자 하는 강한 욕구이다(Baumeister & Leary, 1995). 구체적으로 인간은 다른 사람들과 공통의 관심사를 공유할 수 있는 지속적이고 긍정적인 관계를 갖고자 한다(DeWall & Bushman, 2011). 이는 진화론적인 관점에서 볼 때 혼자 남겨지는 고립 상황에 생존과 번식 욕구를 충족시켜줄 수 있기 때문이다. 이때 외로움의 경우 이러한 소속 욕구에 위협을 주는 상태로 새로운 사람들과 교류하고 이를 유지하도록 하는 동기의 역할을 한다(Spithoven, Bijttebier, & Goossens, 2017). 다시 말해 외로움은 자신의 사회적 욕구가 현재 충족되지 않고 있음을 알려주는 적응적인 신호로 작용하여 새로운 관계를 형성하도록 돕는 역할을 하는 것이다. 이때 새로운 관계를 형성하고 긍정적인 관계를

유지하는 것은 외로움이라는 불편감을 해소해줄 수 있으면서 동시에 그 자체로 보상적이다(Cacioppo et al., 2006). 실제로 여러 연구들에서 외로움이나 사회적 배제(social exclusion) 경험이 사회적 접근 행동을 높인다는 보고가 있다(Maner et al., 2007; van Roekel et al., 2014; Inagaki et al., 2016; Tomova et al., 2020; Saporta et al., 2021; Kanterman, Nevat, Shamay-Tsoory, 2022). 예를 들어 실험적으로 사회적 배제를 경험할 경우 새로운 친구를 사귀는 것에 흥미를 보이고 실험에서 주어진 임의의 작업을 할 때 다른 사람과 함께 작업하는 것을 선호하는 것으로 나타났다(Maner et al., 2007). 또 다른 연구에서는 일시적인 외로움을 느끼는 사람들에게 컴퓨터 화면에 원을 보여주고, 이 원이 방 한 가운데라고 상상하도록 한 뒤 가상의 캐릭터가 이 원으로 다가올 때 부담스러울 경우 버튼을 눌러 멈추도록 지시하였다(Saporta et al., 2021). 이때 외로움을 느낄수록 가상의 캐릭터가 가까운 거리까지 오더라도 버튼을 누르지 않았다. 즉 외로울수록 가까운 거리감을 선호하였음을 의미한다. 정리할 경우 외로움이나 사회적 배제를 경험할 경우 이로 인해 결핍된 사회적 욕구를 충족하기 위해 동기화된다.

1.2 사회적 연결 욕구의 개인차

앞서 살펴보았던 것처럼 외로움은 적응적인 신호로서 자신의 사회적 관계를 되돌아보고 새로운 관계를 찾고 이를 유지하도록 한다. 이렇게 새로운 관계를 찾고 형성함으로써 외로움을 잠재적으로 줄일 수는 있지만 주변에 모든 사람들이 자기 자신에게 우호적인 것은 아니다. 따라서 무분별한 접근 행동이나 상호작용은 오히려 사회적 욕구를 충족하는데 위협이 될 수 있다(Cacioppo & Cacioppo, 2018). 그렇기 때문에 외로움을 느낄 경우 모든 사람이 항상 새로운 관계를 형성하고 이를 유지하고자 하는 것은 아니다. 상대와 잠재적으로 연결될 가능성이 불확실한 상황에서는 외로움을 느낄 때 단기적으로 자기 자신을 보호하기 위해 잠재적인 사회적 위협에 대해 과하게 경계하게 된다(Cacioppo & Hawkley, 2009; Qualter et al., 2015). 실제로 한 행동

연구에서 정서적 스트룹 과제(emotional Stroop task)를 이용해 외로운 사람들의 간섭효과를 보았는데, 외로운 사람들의 경우 외롭지 않은 사람에 비해 부정적인 사회적 단어에 대해서 간섭효과가 나타났으나 긍정적 사회적 단어에서는 유의미한 차이가 나타나지 않았다(Shintel, Cacioppo, & Nusbaum, 2006; Cacioppo, Cacioppo, & Boomsma, 2014). 뿐만 아니라 뇌 영상 실험에서도 외롭지 않은 사람들의 경우 부정적인 사회적 자극을 보았을 때 마음 이론과 관련된 측두-두정엽 경계 영역(TPJ)이 활성화된 반면 외로움을 느끼는 사람들은 부정적인 사회적 자극(e.g., 누군가를 때리는 장면)을 보았을 때 시각 피질(visual cortex)이 활성화되는 것으로 나타났다(Cacioppo et al., 2009). 즉 외롭지 않은 사람들의 경우 장면 속에 있는 인물의 관점을 고려하고자 주의를 기울이는 반면 외로운 사람들의 경우 부정적인 사회적 자극에 시각적으로 주의를 기울이는 것으로 나타났다.

이와 같이 외로움을 느끼는 모든 사람들이 사회적 욕구를 충족하고자 행동하는 것은 아니다. 이는 즉 사회적 욕구를 충족하고자 할 때 개인차가 존재한다는 것을 의미하는데, 이러한 개인차를 설명하는 요인 중 하나는 개인이 사회적 상황에서 실제로 사회적 연결이 가능하다고 인식하거나 사회적 대상을 위협적으로 인식하는 것과 관련된다(Maner et al., 2007). 예를 들어 한 연구에서 새로운 가상의 공놀이 패러다임을 이용하여 외로움을 느끼는 사람들의 접근 동기가 높아지는가를 알아보았다(Kanterman, Nevat, Shamay-Tsoory, 2022). 이 실험에서는 두 명의 가상의 대상과 공놀이를 하는데 이들에게 공을 던지는 버튼 외에 공을 던져 달라는 신호 버튼을 추가하였고, 한 조건에서는 신호 버튼을 조금만 눌러도 공이 올 확률이 높으며 다른 한 조건에서는 신호 버튼을 많이 누르더라도 공이 오는 확률이 낮도록 설정하였다. 그 결과 버튼을 조금만 눌러도 자신에게 공이 오는 조건에서 외로운 사람들은 버튼을 더 많이 눌렀다. 즉 수용의 기회 또는 사회적 욕구를 충족할 수 있는 기회가 제공될 경우 접근 행동이 더 높아진 것이다. 반면 연결의 기회가 적을 경우 오히려 사회적으로 철회하거나 거리를 두는 것으로 보고된다. 이러한 자기 보호 동기는

단순히 사회적 회피나 철회 행동에만 영향을 미치는 것이 아니라 타인과의 상호작용에도 영향을 미친다. 다시 말해 외로움을 느끼는 개인은 일상적인 사건조차 위협적으로 지각하고 타인과의 상호작용을 부정적으로 여기게 된다(Hawkley et al., 2003). 결과적으로 외로움을 느끼는 개인은 점차 고립되게 되며 외로움은 만성적인 외로움으로 이어지게 된다(Qualter et al., 2015). 따라서 외로움에 따른 사회적 연결 욕구에 영향을 주는 것이 무엇인지를 찾는 것은 중요한 함의를 갖는다. 이는 어떤 사람들이 외로움을 느끼고 이에 대한 반응으로서 사회적 연결을 추구하거나 또는 사회적으로 거리를 두는지 이해하는데 도움을 주고 나아가 노년기 외로움에 대한 개입으로 이어질 수 있기 때문이다.

2. 사회연결망의 특성

2.1 사회연결망과 구조적 특성

사회연결망은 일반적으로 일련의 행위자와 그들 서로 간의 연결성(ties)에 의해 나타나는 연결망을 의미하며(노연희 외, 2012), 이러한 연결망에 속한 사람들의 사회적 행위와 관련된다(Michell, 1969; 김용학). 이때 각 개인의 연결망은 행위를 통해 형성되고 유지되는 동시에 이렇게 형성된 전체 연결망은 다시 인간의 행위에 영향을 미친다(김용학, 2004; 노연희 외 2012). 예를 들어 각 연결망에 개인의 위치가 중앙에 있는지 또는 가장자리에 있는지에 따라 행위의 특성이 달라질 수 있다. 이렇듯 사회연결망은 다른 사람들 간의 체계적 관계를 나타내며 일상 생활에서 경험하는 다양한 문제나 욕구를 해결할 수 있는 기회나 자원을 획득하는데 기반이 되며, 이를 통해 사회자본(social capital)의 구성요소로 제기되기도 한다(Lin et al., 2001; 노연희 등, 2012). 사회자본은 사회나 개인과의 관계에 따라 생성되는 자원을 의미하며, 거시적으로는 규범이나 제도를 뜻하지만 미시적으로는 신뢰나 연결망 등을 포함하는 개념이다(진미정, 이순형, & 김창대, 2009; 손용진, 2010; 정순둘 & 성민현, 2012).

한편 사회연결망의 분석은 일반적으로 자아중심 연결망(ego-centered network)과 완전 연결망(complete network)으로 구분된다. 전

자의 경우 개인(ego)이 분석의 초점이 되며 이때 구성되는 연결망은 개인이 인지하는 연결망이다. 자아중심 연결망은 한 개인이 인식하는 연결망을 중심으로 분석을 한다는 점에서 자료 수집이 용이하지만 개인의 주관적인 연결망에 기반하여 분석을 한다는 점에서 측정의 편향이나 부정확성이 있다는 단점이 있다(Kwak et al., 2018). 반면 완전 연결망은 일정한 경계 내에 있는 구성원들 간의 연결 관계에 기반하여 측정하고 분석하기 때문에 개인의 사회연결망의 위치와 같은 전체적인 사회적 구조를 파악하는데 용이하다.

사회연결망을 통해 사람들은 필요한 정보나 조언, 충고 그리고 자원 등 정서적 또는 물질적 지원을 얻을 수 있으며 구조적 특성에 기반하여 특성에 따라 획득할 수 있는 사회적 지지도 달라진다(노연희 외, 2012). 사회연결망의 이러한 구조적 특성은 보통 크기나 밀도, 사회연결망 내의 개인의 위치를 중심으로 분석이 이루어진다(Isreal & Antonucci, 1986; 박경순 & 박영란, 2016; 손동원, 2008; Kim et al., 2022). 기존에는 구조적 특성 중 하나인 사회연결망의 크기가 많은 주목을 받아왔다(박경순 & 박영란, 2016; 박찬웅 & 배영, 2016). 실제로 연결망의 크기는 노년기의 인지 기능 및 심리적인 건강과 관련되는 것으로 나타난다(Thoits, 1982; 김호영, 2015; Domènech-Abella et al., 2017; Domènech-Abella et al., 2021). 그러나 연결망의 크기만으로는 개인의 심리적 건강에 미치는 영향을 이해하는데 한계가 있다. 실제로 한 연구에서 사회연결망의 크기가 커질수록 우울 수준이 감소하는 양상을 밝혔으나, 연결망의 크기가 일정 수준을 넘을 경우 오히려 우울 수준이 증가하는 패턴을 보였다(이민아, 2013). 또 다른 연구에서는 연결망의 크기와 우울 수준의 관계를 연결망의 밀도가 조절하는 것으로 나타났는데, 이는 연결망의 크기 뿐만 아니라 연결망의 밀도와 같은 구조적인 특성에 의해서도 심리적 건강에 대한 영향이 달라질 수 있음을 의미한다. 따라서 단순히 연결망의 크기와 같은 특성 뿐만 아니라 더 다양한 사회연결망의 특성에 대한 이해가 필요하다. 그 중 사회연결망 내의 개인의 위치가 주목을 받으며 연구가 되고 있다(Kim et al., 2019; Kim et al., 2022). 사회연결망 내의 개인의 위치는 개인이 응집된 사회연결망 내에 위치해 있는지와 다른 두

사람을 연결해주는 위치에 있는지로 구분될 수 있다(노연희 외, 2012; Kim et al., 2022). 먼저 전자를 배태성(embeddedness)이라고 하며 후자의 경우 중개자 역할(brokerage)이라고 한다(Burt, 1995; Moody & White, 2003).

2.2 외로움과 사회연결망의 구조적 특성: 중개자 역할과 배태성

중개자 역할이란 다른 사람들과 중복된 관계를 갖지 않고, 서로 연결되지 않은 두 사람을 연결해주는 위치를 의미한다(Burt, 1995). 중개자 역할의 위치에 있는 개인은 다양한 사회적 관계를 가질 가능성이 높고(Kim et a., 2022), 이에 따라 다양한 사회적 역할(e.g., 부모, 배우자, 이웃 등)을 수행할 가능성이 높다. 역할 축적 이론(role accumulation theory)에 따르면 개인이 갖는 다양한 사회적 역할(multiple social roles)은 하나의 역할에서의 개인의 수행이나 경험이 다른 역할에서도 확장이 되며 역할 간의 만족감을 제공해줄 수 있으며, 다양한 역할을 수행함으로써 다른 역할에서 오는 부정적 영향을 보상해줄 수 있다고 본다(Sieber, 1974; Choi et al., 2021). 실제로 다양한 역할을 수행하는 경우 우울 수준이나 정신 건강에 긍정적 영향을 미치는 것으로 나타났다(Fiori et al., 2006; Fiori & Antonucci, 2007; 박찬웅 & 배영, 2016). 이러한 관점에서는 다양한 역할의 수행이 직접적으로 고립을 줄이거나 간접적으로 사회적 지지를 제공함으로써 사회적 연결과 통합을 도모할 수 있다고 본다(Moen, 2001). 이와 관련하여 한국 노인들을 대상으로 사회연결망의 구조가 외로움에 어떠한 영향을 미치는지 알아본 연구에서 직장에서 은퇴한 노인들은 중개자 역할을 점유하는 정도가 낮았으며 이로 인해 외로움이 매개되는 결과가 나타났다(Kim et al., 2022). 이는 직장에서의 사회적 역할이 사회적 연결에 있어 주요한 경로임을 시사한다. 따라서 연결망 내에서 중개자 역할에 위치할 경우 다양한 사회적 역할을 수행할 가능성이 높고 나아가 이러한 사회적 역할을 통해 사회적 연결과 통합으로 이어질 수 있다.

한편 배태성의 경우 응집된 사회연결망에 위치해 있는지와 관련

되는데, 배태성이 높을 경우 더 밀집된 사회연결망을 갖게 된다(Joo et al., 2017). 이렇게 응집되어 있는 연결망에서는 대부분 친밀한 관계로 구성되어 있어 서로를 알고 상호작용할 가능성이 높다. 또한 서로 유사한 태도와 가치관을 형성하기 때문에 구성원과 신뢰관계를 형성할 수 있고 이를 통해 구성원으로부터 사회적 지지를 받게 된다(Ellwardt et al., 2019). 따라서 이러한 구조적 특성을 갖는 경우 외로움을 경험할 가능성이 낮고 외로움을 느끼더라도 사회적 지지나 실제 상호작용을 통해 해소할 가능성이 크다. 실제로 한 연구에서 연결망 내에서 여러 중복된 관계를 갖는 것과 관련된 밀도가 외로움과 일관적으로 관련성을 보고하였으며 이때 밀도가 높을수록 외로움 수준은 낮았다(Stokes, 1985). 이는 개인이 속한 공동체나 집단에 소속감을 제공함으로써 외로움을 완화한다고 제안하였다.

3. 사회적 보상과 관련된 뇌 영역

사회적 연결은 결핍된 사회적 욕구를 충족시켜주며 외로움이라는 불편감을 해소시켜줄 수 있다는 점에서 보상적일 수 있다(Spithoven, Bijttebier, & Goossens, 2017). 이러한 사회적 보상은 보상 중추 영역에서 처리되게 되는데, 이러한 보상 중추 영역은 복측 선조체(VS)와 복내측 전전두엽(vmPFC)이 주요 영역으로 확인되고 있다(Izuma, Saito, & Sadato, 2008; Bartra et al., 2013; Fareri & Delgado, 2014). 실제로 많은 연구에서 사회적 보상과 관련하여 이 두 영역이 활성화되는 것으로 나타난다(Moll et al., 2006; van den Bos et al., 2007; Güroğlu et al., 2008; Hare et al., 2010; Phan et al., 2010; Smith et al., 2014). 예를 들어 한 연구에서 소중한 사람의 상실을 경험한 참가자들을 대상으로 상실한 상대의 사진을 보여준 뒤 뇌의 활성화를 알아보았는데, 복측 선조체(VS)의 활성화가 유의미하게 높게 나타났다(O`Connor et al., 2008). 또 다른 연구에서도 배우자의 얼굴 사진을 보여주었을 때 복내측 전전두엽(vmPFC)에서 유의미한 활성화가 나타났다(Eisenberger et al., 2011). 즉 두 연구결과 모두 애착대상을 바라보았을 때 보상 영역이 활성화된

것이다. 한편 참가자가 자극 대상을 인식하는 사람(perceived)임과 동시에 자극 대상(target)이 되는 라운드 로빈 얼굴 응시 과제를 사용한 과제에서도 유사한 활성화가 나타났다. 해당 연구에서는 복측 선조체(VS)와 복내측 전전두엽(vmPFC)을 포함하는 가치 영역이 사회연결망 내의 구성원의 인기를 추적하는 것에 관여한다는 것을 밝혀냈다(Zerubavel et al., 2015). 즉 사회연결망 내에 사회적으로 선호되거나 지위가 높은 대상을 보았을 때 복측 선조체(VS)와 복내측 전전두엽(vmPFC)이 활성화된 것이다.

한편 외로움과 사회적 고립과 관련하여 보상 영역의 활성화를 알아본 연구들의 경우 초기에는 복측 선조체(VS)에 초점을 맞추어 연구가 진행되어 왔다(Kim & Sul, 2023). 그 중 Cacioppo et al. (2009)의 연구에서는 자극을 긍정적인 비/사회적 자극과 부정적인 비/사회적 자극으로 나누어 총 4개의 자극 조건을 구성한 뒤 실험을 진행하였다. 이때 외로운 사람들의 경우 긍정적 사회적 자극을 볼 때 복측 선조체(VS)의 활성화가 외롭지 않은 사람에 비해 유의미하게 감소하였다. 뿐만 아니라 부정적 사회적 자극에 대해서는 시각 피질이 유의미하게 활성화되었는데, 외롭지 않은 사람들에서 측두-두정엽 경계 영역(TPJ)이 유의미하게 더 활성화된 것과는 대조적이다. 이러한 결과는 외로운 사람들이 긍정적인 사회적 자극이 덜 보상으로 다가오고 부정적인 사회적 자극에 대해서는 표적 대상의 관점을 고려하여 이해하려고 하기보다 부정적인 사회적 자극에 조금 더 초점을 맞추는 것으로 나타났다. 이러한 연구 결과는 외로운 사람들은 외로움을 느낄 때 자기를 보호하고자 잠재적으로 위협이 될 수 있는 자극에 예민하게 반응한다는 것을 보여준다. 앞선 연구와 달리 또 다른 연구에서는 사회적 자극을 연구실에서 준비한 임의의 자극이 아니라 실제 친밀한 사람의 얼굴 사진과 낯선 사람의 얼굴 사진을 자극으로 사용하여 외로움과 복측 선조체(VS) 간의 관계에 대해 알아보았다(Inagaki et al., 2016). 그 결과 친밀한 사람의 얼굴을 본 조건에서는 외로울수록 복측 선조체(VS)가 활성화되는 것으로 나타난 반면, 낯선 사람의 사진을 본 조건에서는 활성화가 상대적으로 낮게 나타났다. 이러한 차이는 연구 참가자가 상대를 볼 때 실제 연결이 가능한 대상으로 해석

하는지 또는 위협적인 대상으로 해석하는지와 관련되는 것으로 보인다. 다시 말해 친밀한 상대의 경우 잠재적으로 연결이 가능한 상대인 반면 낯선 상대의 경우 오히려 잠재적으로 거절이나 고립감을 줄 수 있기 때문에 활성화가 감소된 것으로 보인다. 한편 복측 선조체(VS) 외에도 복내측 전전두엽(vmPFC) 영역에서도 사회적 욕구가 결핍될 때 사회적 자극을 보여줄 경우 활성화되는 것으로 나타난다. 실제로 한 연구에서 참가자들을 10시간 동안 사회적으로 고립되도록 한 뒤 사회적 자극을 보여주었는데, 사회적 갈망과 관련하여 안와전두엽(OFC)이 활성화되는 것으로 나타났다(Tomova et al., 2020). 안와전두엽(OFC)의 경우 전전두엽에서 전측에 위치하고 있으며 복내측 전전두엽(vmPFC)과 겹치는 영역이다(Clithero & Rangel, 2014).

정리할 경우 복측 선조체(VS)와 복내측 전전두엽(vmPFC) 모두 사회적 보상이나 가치와 관련되는 뇌 영역으로 사회적인 보상이 주어지거나 사회적 욕구가 충족이 되지 않을 때 활성화되는 것으로 보인다. 따라서 두 보상 영역에 집중함으로써 외로움에 따른 사회적 욕구가 어떤 식으로 나타나고 영향을 받는지 알아볼 수 있을 것이라 기대한다.

4. 연구목적 및 가설

기존 연구들의 경우 노년기 외로움에 초점을 맞춰 사회적 욕구가 어떻게 나타나는지 알아본 연구는 아직까지 없다. 노년기에 일어나는 사회적 환경의 변화는 청소년기나 성인기와는 다르다. 청소년기와 성인기의 경우 사회적 역할이 고정되어 있거나 확장되지만, 노년기에는 여러 삶의 사건들로 인해 점차 사회적 역할이 변화하고 이에 따라 외로움 수준도 영향을 받게 된다. 따라서 노년기 외로움이 사회적 연결 추구와 어떠한 관련이 있는지 알아보는 것은 중요하다.

한편 외로움과 보상 영역 간의 활성화를 임의의 사회적 자극을 통해 알아본 경우가 많다(Cacioppo et al., 2009; D'Agostino et al., 2019; Tomova et al., 2020). 이때 외로움의 정의가 실제 관계와 이상적 관계 간의 괴리로 인한 주관적인 고통이라는 점을 고려할 때 참가자의 실제

관계가 아닌 임의의 자극을 사용할 경우 보상 영역의 활성화가 실제로 외로움에 의해 설명된다고 하기 어려울 수 있다. 또한 외로움이 개인의 사회연결망에 영향을 미치고 다른 사람과의 교류가 다시 개인의 사회적 욕구 자체에 영향을 미칠 수 있다(Cacioppo, Fowler, & Christakis, 2009). 예를 들어 현재 외로움을 느끼고 있을 경우 다른 사람에게 적대적으로 대할 가능성이 있으며 이러한 적대적인 교류 방식이 관계에 대한 낮은 만족감으로 이어져 결국 자신의 사회연결망에까지 영향을 미치게 된다. 이러한 복잡한 관계를 이해하기 위해선 전체 사회연결망의 조사를 통해 연결망의 다양한 특성을 고려해야 한다. 한편 같은 맥락에서 외로움에 대처하는 개인차에 대해 알아본 연구 중 사회연결망을 조사한 연구는 아직까지 없다. 외로움에 따른 사회적 욕구의 개인차가 어떤 식으로 나타나고 어떤 때에 충족이 되는지를 알아내는 것은 중요하다. 이때 사회연결망의 특성이 개인의 사회적 행동에까지 영향을 미칠 수 있다는 점을 고려할 때 사회연결망의 특성에 따라 사회적 욕구가 달라지는가를 알아볼 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 전체 사회연결망을 조사한 뒤 실제 참가자의 함께 거주하는 마을의 주민의 얼굴을 사회적 자극으로 사용하여 외로운 노인들이 마을 주민들의 얼굴을 볼 때 보상 영역이 어떻게 활성화되는가를 확인할 것이다. 또한 사회연결망의 구조적 특성을 통해 개인이 사회연결망에 어떠한 위치에 있는지에 따라 외로움과 보상 영역의 활성화 간의 관계에 영향을 미치는가를 알아볼 것이다. 따라서 가설은 다음과 같다.

H1. 외로움을 느끼는 노인들은 라운드 로빈 얼굴 응시 과제에서 마을 사람들의 얼굴을 바라볼 때 외로움에 의해 보상 영역의 활성화가 증가할 것이다.

H2. 외로움을 느끼는 노인들은 라운드 로빈 얼굴 응시 과제에서 마을 사람들의 얼굴을 바라볼 때 사회연결망 특성에 따라 외로움에 따른 보상 영역의 활성화가 달라질 것이다

H2-1. 외로움을 느끼는 노인들은 라운드 로빈 얼굴 응시 과제

에서 마을 사람들의 얼굴을 바라볼 때 중개자 역할(brokerage)을 점유하는 정도가 높을수록 외로움에 따른 보상 영역의 활성화가 증가할 것이다.

H2-2. 외로움을 느끼는 노인들은 라운드 로빈 얼굴 응시 과제에서 마을 사람들의 얼굴을 바라볼 때 배태성(embeddedness)이 높을수록 외로움에 따른 보상 영역의 활성화가 증가할 것이다.

방 법

1. 연구 참가자

본 연구는 '한국인의 사회적 삶, 건강한 노화에 대한 조사(Korean Social Life, Health and Aging Project; KSHAP)를 통해 연구참가자를 모집했다. KSHAP은 노인의 삶의 질과 노화 과정에 관한 국제 비교 연구의 일환으로, 미국 시카고 대학교가 주관하는 NSHAP(National Social Life, Health and Aging Project)을 모델로 설계된 연구이다. 본 연구에서는 한국 농촌 K면 G마을과 S마을에 거주하는 주민 중 뇌 영상 촬영을 완료한 만 60세 이상의 건강한 노인이다.

정상노화 과정에 있는 건강한 노인을 선별하기 위해 다음과 같은 배제 기준을 적용하였다(Christensen, Multhaup, Nordstro, & Voss, 1991). 1) 신경정신과적 장애 병력이 있는 자, 2) 두부외상으로 인한 1시간 이상 의식상실을 경험했거나, 뇌수술 및 뇌졸중과 같은 신경외과적 병력이 있는 자, 3) 약물로 조절되지 않는 심한 당뇨와 고혈압 병력이 있는 자, 4) 시각 및 청각의 문제가 있는 자, 6) 대뇌 기능에 영향을 미칠 수 있는 약물 복용 경험이 있거나 복용 중인 자는 연구에서 배제되었다. 위의 기준으로 선별된 참가자 중 안전상 자기공명영상(MRI) 촬영 배제 기준에 해당되지 않는 참가자들이 실험에 참여하였다. 안전 기준은 다음과 같다. 1) 자기공명영상 촬영 시 안전문제 및 신호오염을 발생시킬 수 있는 금속물질, 전자 장치, 다수의 임플란트가 체내에 삽입되어 탈부착이 불가능한 경우, 2) 폐소공포증 등으로 자기공명영상장치 안에서 지속적인 촬영이 불가능한 경우이다.

KSHAP 참가자 중 뇌 영상 촬영 및 실험에 참가의사를 보인 총 29명을 대상으로 자기공명영상(MRI) 촬영 및 실험을 진행하였다. 이 중 신경학적 이상 소견을 보이는 대상자 3명, 중도에 이사를 간 대상자 2명, 과제 영상의 프레임 수가 잘못 설정되어 영상 분석이 어려운 대상자 2명, 기절로 인해 의식상실을 경험한 대상자 1명, 과제를 이해하는데 어려움을 보이는 대상자 1 명을 분석에서 제외하여 총 20명을 최종 분석에 사용하였다.

본 연구는 연세대학교 생명윤리심의 위원회의 승인을 받았으며 모든 연구 참가자들은 검사자로부터 직접 전반적인 연구 절차와 목적에 대한 설명을 듣고, 동의서 서명을 통해 자발적인 연구 참가 의사를 밝혔다. 모든 참가자들에게 연구 참여 후 금전적인 보상을 제공하였으며 연세대학교 생명윤리심의위원회의 승인을 얻은 연구 설명문을 제공하였다.

2. 연구 절차 및 설계

본 연구의 경우 크게 두 개의 세션으로 분리하여 연구를 진행하였다. 첫 세션에서는 먼저 G마을과 S마을에 거주하고 있는 KSHAP 대상자 53명의 얼굴을 촬영하였다. 그 뒤 마을 행사나 마을 회관에 방문하여 마을 사람들과 교류를 하지 않는 대상자를 제외한 42명(G마을: 26명, S마을: 16명)을 대상으로 사회연결망을 조사하였고, 이들의 사진을 기능적 자기공명영상(fMRI) 과제에서 사용하였다.

두 번째 세션에서는 선별된 참가자들을 대상으로 얼굴 응시 과제를 사용하여 기능적 자기공명영상(fMRI) 촬영을 하였다. 본 촬영이 시작되기 전 참가자들은 얼굴 응시 과제에 대해서 안내를 받고 연습 과제를 실시하였다. 기능적 자기공명영상(fMRI) 촬영이 모두 끝난 참가자들의 경우 촬영 중 응시하였던 42명의 얼굴에 대한 사후 설문을 진행하였다.

3. 측정 도구

3.1 자기 보고 설문

3.1.1 외로움 수준

외로움 수준은 개정된 한국판 UCLA 외로움 척도(Russell, 1996; Kim, 1997)를 사용하여 측정하였다. 본 설문은 경우 '나는 사람들과 교제가 부족하다', '나는 의지할 사람이 한 사람도 없다', '나는 혼자 남겨진 느낌이 든다'와 같은 20개의 문항으로 구성되어 있으며, '전혀 그렇지 않다(1점)'부터 '자주 그렇다(4점)'의 4점 리커트 척도로 구성되어 있다.

3.1.2 통제변인

마을 사람들의 얼굴을 볼 때 외로움의 효과 및 사회연결망 특성의 효과를 확인하기 위하여 연령, 성별, 마을 사람들에 대한 호감도, 우울 수준, 부정적 평가에 대한 두려움을 통제변인으로 설정하였다. 마을 사람들에 대한 호감도의 경우 기능적 자기공명영상(fMRI) 촬영이 끝난 뒤 사후설문으로 촬영 중 응시하였던 42명의 마을 사람들의 얼굴을 하나씩 보여주며 호감도를 측정하였다. 제시된 인물을 아는 경우 각 인물을 1점('전혀 좋아하지 않는다')에서 5점('매우 좋아한다')으로 보고하도록 하였다.

우울 수준의 경우 외로움 수준과 상관이 높으며(Singh & Misra, 2009), 보상 관련 활성화를 저하한다는 연구결과가 있어 통제변인으로 포함하여 분석을 진행하였다(Pizzagalli, 2014). 이에 우울 수준은 노인우울 척도(Geriatric Depression Scale; Yesavage et al., 1983; 정인과 등, 1997)를 통해 수집하였다. 본 설문은 '사람들 모이는데 가기가 싫다', '기분이 처지고 울적할 때가 있다' 등의 총 30개 문항에 대해 예/아니오로 응답하도록 되어 있으며, 점수가 높을수록 우울수준이 심각함을 의미한다. 한편 부정적인 평가에 대한 두려움의 경우 사회적 상황에서 타인에 대해서 부정적으로 평가되는 것에 대한 개인의 두려움을 의미하는데(Leary, 1993), 이러한 두려움을 가진 이들은 사회적 배제를 경험하였을 때 사회적으로 철회하고자 한다는 기존 선행 연구 결과(Maner, DeWall, Baumeister, & Schaller, 2007; Knowles, Green, & Weidel, 2014)를 고려하여 통제변인에 포함하여 분석하였다. 부정적 평가에 대한 두려움 수준은 한국판 단축형 부정적 평가에 대한 두려움 2판(K-BFNE; Leary, 1983; 홍영근, 문지혜, & 조현재, 2011)으로 수집하였다. 예시 문항은 '내가 다른 사람에게 어떤 인상을 주는지 걱정한다', '사람들이 나를 인정해주지 않을 것 같아 걱정된다' 등으로 12문항으로 구성되어 있으며 '매우 그렇지 않음(1점)'부터 '매우 그렇다(5)'까지 총 5점 리커트 척도로 평가하며 점수가 높을수록 부정적 평가에 대한 두려움을 크게 보고한다.

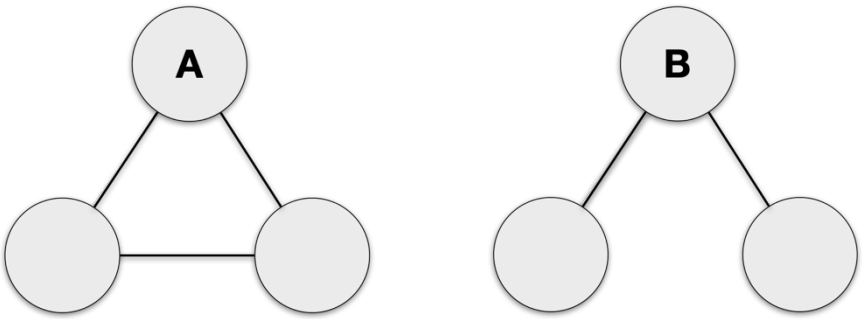
3.2 사회연결망 특성: 중개자 역할 및 배태성

중개자 역할(brokerage)의 경우 마을 내의 사회연결망을 이용하여 측정하였다. 사회연결망의 경우 연구참가자를 포함하여 마을회관을 자주 방문하고 교류하는 것으로 알려져 있는 42명의 대상자에 대해 조사하였다. 구체적으로 42명의 얼굴 사진을 하나씩 제시하며 제시된 인물을 아는지에 대해 응답하도록 하였다. 이 응답들을 바탕으로 마을의 사회연결망을 구성하였고, 다음과 같은 식으로 인물 i의 연결정도 $C_D(i)$를 계산한다. 노드 i가 중심노드라고 할 때, j는 다른 모든 노드를 의미하며, N은 전체 노드의 수를 의미하며 x는 인접행렬(adjacent matrix)을 의미한다. 여기서 중심노드 i가 노드 j와 연결되어 있을 경우 x_{ij}는 1, 연결되어 있지 않을 경우 0으로 정의된다.

$$C_D(i) = \sum_{j}^{N} x_{ij} \qquad (1)$$

x_{ij} : 노드 i가 노드 j와 아는 경우 1, 모르는 경우 0

여기서 중개자 역할은 개인의 사회연결망 제약성(social network constraint)의 역수를 사용하여 측정한다(Burt, 1995). 제약성이란 중심노드의 행동이 다른 노드들 간의 연결관계에 의해 제약된다는 것을 의미한다. 만약 아래 [그림1]에 (a) 연결망에서 A의 사회연결망은 서로 모두 연결되어 있어 서로 연결되지 않은 사람들을 연결해줄 여지가 없기 때문에 A의 행동은 제약된다. 반면 (b) 연결망에서 B의 사회연결망은 서로 연결되어 있지 않은 두 명을 연결해주고 있기 때문에 (a) 연결망보다 덜 제약된다. 따라서 (a)의 연결망의 경우 제약성이 높으며 (b)의 연결망은 제약성이 낮게 된다. 이때 중개자 역할은 이러한 제약성 지수의 역수를 취하여 산출하기 때문에 (a) 연결망에서는 중개자 역할의 점유 정도가 낮은 반면, (b) 연결망에서는 점유 정도가 높다.



(a) 높은 중개자 역할 점유 정도 (b) 낮은 중개자 역할 점유 정도

그림 1 중개자 역할 점유 정도에 따른 연결망 차이

제약성 C_{ij}은 다음 식과 같이 계산한다. 식(3)에서 p_{ij}는 노드 i가 연결망의 모든 노드와 갖는 관계의 총합에 대해 노드 i가 노드 j와 갖는 관계를 나눈 값으로 i가 가진 모든 사회연결망 중 j가 차지하는 직접적인 연결 비율을 나타낸다. 이때 식(2)에서 p_{ij}를 제외한 부분이 노드 i가 연결망의 모든 노드와 갖는 관계 대비 제 3자인 노드 k를 통해 노드 j와 간접적으로 연결된 정도를 나타낸다. 간접적인 연결정도가 높아질수록 직접적인 교류에 따른 이득의 기회가 제약되기 때문에 제약성은 올라가게 된다. 따라서 식(2)에서 도출된 값이 작을수록 특정 사회연결망에 덜 제약되기 때문에 서로 연결되어 있지 않은 사람들과 연결관계를 가짐을 의미한다. 따라서 한 연결망에서 노드 i의 제약성의 총합은 식(4)와 같이 구할 수 있다(Burt, 1995). 이렇게 계산한 사회연결망 제약성을 식(5)와 같이 역수를 취할 경우 중개자 역할의 점유 정도를 산출할 수 있다. 이렇게 산출한 중개자 역할의 점유 지수를 마을 인구 수에 대하여 표준화하였다.

$$C_{ij} = (p_{ij} + \sum_{k,k \neq i,k \neq j} p_{ij} p_{kj})^2 \tag{2}$$

$$p_{ij} = \frac{a_{ij} + a_{ji}}{\sum_k (a_{ik} a_{ji})} \tag{3}$$

$$str(i) = 1/C_i \tag{4}$$

한편 배태성(embeddedness)의 경우 k-core를 통해 측정한다. k-core 점수는 사회과학 분야에서 연결망의 응집성을 정의하기 위해 도입된 개념이다(Seidman, 1983). k-core 집단을 k개의 연결고리를 가진 사람들로 구성된 집단으로 볼 때, k-core는 해당 연결망으로부터 k개 이하의 노드와 연결된 모든 노드를 반복적으로 제거하고 남은 부분을 의미한다(Kim et al., 2021). 반대로 말할 경우 해당 k-core 집단을 분리시키기 위한 최소한의 노드 수를 의미한다(Moody & White, 2003).

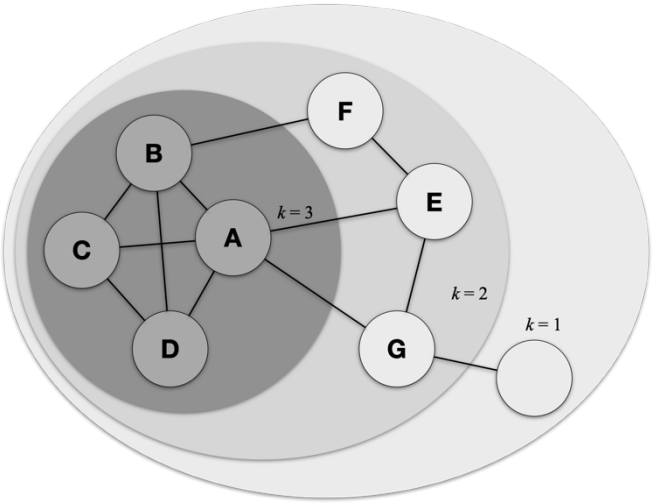


그림 2 배태성 예시

예를 들어 [그림2]를 볼 경우 해당 사회연결망에서 노드 A, B, C, D의 경우 3-core 집단에 속하게 된다. 이는 해당 노드들이 모두 인접한 3개의 노드들과 연결되어 있는 동시에 3-core 집단을 분리시키기 위해선 3개의 노드가 제거되어야 하기 때문이다. 가령 노드 A의 인접한 노드 3개의 노드 B와 C, D를 제거할 경우 노드 A의 연결 노드는 2개로 줄어들게 되어 3-core 집단이 분리되게 된다. 반면 노드 E의 경우 인접한 3개의 노드인 A, F, G와 연결되어 있지만 2-core 집단에 속하게 된다. 이는 노드 E의 경우 인접한 3개의 노드와 연결되어 있지만 인접한 2개의 노드 F와 노드 G를 제거할 경우 연결 노드가 1개로 줄어들게 되어 2-core 집단이 분리되기 때문이다. 위의 [그림2]의 예시에서는 노드 A가 노드 E에 비해 연결망에 더 배태(embedded)되어 있는 것이라 볼

수 있다. 이와 같은 과정을 거쳐 계산한 각 참가자의 k-core 점수를 마을 인구 수에 대하여 표준화하였다.

3.3 자기공명영상 자료 획득

자기공명영상(MRI) 자료는 서울대학교 뇌영상센터에서 Simens 3T Trio Scanner와 32채널 코일을 이용하여 촬영하였다. 모든 참가자들은 기계 진동으로 인한 움직임을 최소화하기 위한 고정 스펀지로 머리를 감싼 상태로 촬영하였으며, 기계 소음으로 인한 불편감을 최소화하기 위해 일회용 귀마개를 착용한 상태로 촬영하였다.

구조적 자기공명영상(T1)은 TR = 2300 ms, TE = 2.36 ms, FOV = 256 × 256 mm, FA = 9°, voxel size 1×1×1mm³ MPRAGE, slice thickness 1mm/2000, FA = 80°, 3×3×4, gap = 0, 38 slices, FOV = 192 × 192, axial의 프로토콜로 촬영하였다. 기능적 자기공명영상은 과제 한 세션 당 125장이 촬영이 되었으며, 총 4개의 세션으로 진행하여 각 참가자로부터 500장씩의 기능적 자기공명영상 자료를 획득하였다.

3.4 실험 과제

기능적 자기공명영상(fMRI) 촬영 중 참가자들은 라운드-로빈 얼굴 응시 과제(Round-Robin Face Viewing Task)를 수행하였는데, 이는 사람들의 얼굴을 일정 시간동안 하나씩 제공하며 이때 제시되는 얼굴 대상과 일대일 관계와 관련된 신경 반응을 획득할 수 있는 과제이다(Taylor et al., 2009). 기존에 참가자에게 자극을 단순히 보여주었던 경우 참가자가 자극을 인식하는 사람(perceived)에 국한되어 실제 사회연결망 내에 속한 구성원 간의 신경반응을 얻기 어렵다는 단점이 있었다. 따라서 본 과제를 사용함으로써 집단 구성원의 얼굴이 자극으로 사용되거나 구성원 간의 사회적 조우를 실험실 장면에서 만들어낼 수 있다(Zerubavel et al., 2015; Zerubavel et al., 2018).

실험 자극의 경우 G마을과 S마을에 거주하고 있는 마을 구성원의 얼굴 사진을 사용하였다. 모든 얼굴 사진은 감정 표현이 없는 중립

표정이었으며, 카메라를 응시한 정면 사진이었다. 모든 사진은 정사각형 태로 잘랐으며 동일한 밝기의 흑백 사진으로 편집한 뒤 제시되었다. 더불어 [그림3]에서 볼 수 있듯이 무언가 보는 효과를 제거하기 위해 모든 마을 구성원의 얼굴 사진을 투명도를 조절한 뒤 겹친 '유령 얼굴(ghost face)' 자극[①]을 준비하였다(Taylor et al., 2009). '유령 얼굴' 자극의 경우 실험에서 기저선(baseline)으로 사용되었다.

얼굴 응시 과제의 경우 사건 관련 설계(event-related design)로 진행되었고 총 4개의 세션으로 구성되어 있다. 각 세션마다 참가자들은 자신의 얼굴(자기 자극), 5개의 유령얼굴 자극, 그리고 41개의 마을 구성원의 얼굴 사진(타인 자극)이 제시되어 총 47개의 얼굴 자극을 보게 된다. 이때 자신의 얼굴 사진이 제시되는 자기 자극 조건은 한 세션마다 6회 제시된다. 모든 사진은 무작위 순서로 제시되며, 각각 1000ms로 제시된다. 얼굴 자극 간의 간격(Interstimulus intervals; ISIs)은 무작위 간격에 1500ms ~ 11500ms 사이 속도로 제시되었다. 이때 자극 간 간격(ISIs)의 평균 지속시간은 3500ms이다.

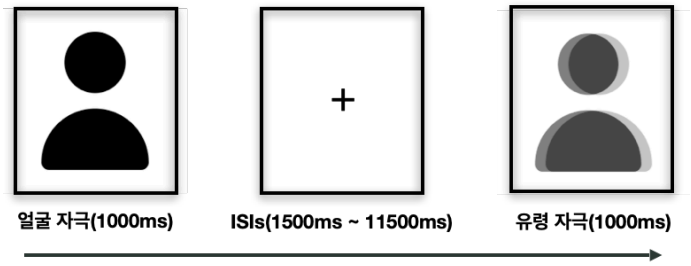


그림 3 라운드-로빈 얼굴 응시 과제 자극 제시 방식

실험이 시작되기 전 모든 참가자들은 라운드-로빈 얼굴 응시 과제를 이해할 수 있도록 연습 시행을 실시하였다. 이때 자기공명영상(MRI) 안에서 제시되는 얼굴 사진은 모두 마을에 거주하는 사람들이라고 미리 안내를 받았다. 연습 시행에서 사용한 얼굴 자극의 경우 본 실험에서 사용되지 않았다. 실험이 시작된 후 모든 참가자에게 자기공명영

① 유령 자극에 대한 예시는 Taylor et al. (2009)의 논문에서 참고

상(MRI) 장치 안에서 숫자를 누를 수 있는 버튼을 제공한 뒤 얼굴 자극에 따라 버튼을 누르도록 지시하였다. 구체적으로 얼굴 자극이 주어질 경우 검지로 1번 버튼을 누르도록 하고, 유령 얼굴 자극일 경우 중지로 2번 버튼을 누를 수 있도록 지시하였다.

4. 분석 방법

4.1 뇌영상자료 전처리

기능적 자기공명영상(fMRI)의 전처리는 MATLAB R2021b(Mathwork Inc, USA) 환경에서 구현되는 SPM12(Statistical Parametric Mapping 12, Wellcome Trust Center Neuroimaging, London, UK)를 사용하여 다음과 같은 과정을 거쳐 뇌 영상의 전처리 및 이후 통계 분석을 진행하였다.

1) 절편획득시간 보정(Slice Timing Correction): 본 연구에서 자기공명영상(MRI) 촬영은 교차배치 획득(interleaved acquisition) 방식으로 이루어졌으며, 이 과정에서 발생하는 절편 간 획득 시간의 불일치를 보정하였다
2) 움직임 및 왜곡 보정(Realign & Unwarp): 기능적 자기공명영상 촬영에서 발생한 머리 움직임을 보정하기 위하여 6개의 움직임 파라미터를 사용한 3차원 강체변환(3D rigid body transformation) 방식으로 정합하였다. 또한 편향 자기장으로 인한 왜곡을 보정하였다.
3) 뇌 분할(Segmentation): 기능적 자기공명영상과 구조적 자기공명영상의 정합을 위해 구조적 자기공명상 자료를 두개골, 회백질, 백질, 뇌척수액 영역으로 분할한 뒤, 두개골을 제거하고 결합하여 뇌 부위를 추출하였다.
4) 정합(Co-registration): 뇌분할을 통해 참가자별로 두개골을 제거하여 추출한 구조적 자기공명영상과 기능적 자기공명영상을 SPM12에서 제공하는 아핀 변환(Affine transformation) 방법을

이용해 기능적 자기공명영상에 정합하였다.

5) 공간적 평준화(Normalization): 각 참가자의 기능적 자기공명영상을 표준화된 공통 참조 공간인 Montreal Neurological Institution (MNI) 형판에 정렬하여 표준화하였다. 모든 자료는 통계적 모수 지도화 분석을 위하여 2×2×2mm 크기의 부피소(voxel)로 재추출되었다.

6) 공간적 편평화(Smoothing): 공간적 표준화가 완료된 모든 기능적 자기공명영상자료의 신호를 8mm FWMH Gaussian kernel을 이용하여 편평화하였다.

4.2 관심 영역 지정

본 연구에서는 보상 영역과 관련된 것으로 알려진 복측 선조체(ventral striatum)와 복내측 전전두엽(vmPFC)을 관심 영역으로 지정하였다(Bartra et al., 2013; Clithero & Ranger, 2014). 먼저 복측 선조체의 경우 NeuroSynth(Yakorni et al., 2011)에서 'ventral striatum'(415개의 연구)을 검색한 뒤 제공되는 마스크를 사용하였다. 세부 영역은 좌측 복측 선조체(Left Ventral Striatum; [x = -9, y = 6, z = -6]), 우측 복측 선조체(Right Ventral Striatum; [x = 9, y = 6, z = 6])이다. 한편 복내측 전전두엽의 경우 선행연구 결과를 바탕으로 전측 복내측 전전두엽(Anterior vmPFC; [x = -4, y = 58, y = -8])을 세부 영역으로 설정하였다(Clithero & Rangel, 2014). 이는 복내측 전전두엽이라고 하더라도 세부 영역에 따라 기능이 조금씩 다르기 때문이다(van den Bos et al., 2007; Smith et al., 2014; de la vega et al., 2016; Yankouskaya et al., 2017). 관심영역으로 설정한 뇌 영역들의 경우 모두 활성화 정점 좌표를 중심으로 구(sphere) 형태의 관심영역(ROI)을 형성하였다. 이때 복측 선조체(VS)의 경우 반지름 6mm 크기로 관심영역을 형성하였고(Quarmley et al., 2019), 복내측 전전두엽(vmPFC)의 경우 반지름 8mm 크기로 관심영역을 형성하였다(Zerubavel et al., 2015; Zerubavel et al., 2018).

4.3 연구문제 분석

4.3.1 외로움을 느끼는 노인들은 얼굴 응시 과제에서 마을 사람들의 얼굴을 바라볼 때 외로움에 의해 보상 영역의 활성화가 증가하는가?

첫 번째 가설은 노년기 외로움 수준이 실제 사회연결망 내에 속한 마을 사람들의 얼굴 사진을 볼 때 보상 관련 뇌 영역의 활성화에 영향을 미치는가에 대해 알아보고자 하였다. 이에 대한 가설을 검증하기 위해 SPM12 소프트웨어를 사용하여 전체 뇌 영역 분석(whole-brain analysis)과 관심영역 분석(Region of Interest analysis)으로 나누어 검증을 하였다.

먼저 외로움에 따른 활성화 영역을 알아보기 전 일표본 분석을 통해 모든 참가자들이 마을 사람들의 얼굴을 보았을 때 활성화되는 뇌 영역이 있는지 확인하였다. 이때 uncorrected level에서 활성화 영역을 확인하였다(uncorrected $p < 0.001$, cluster size > 10)(Carp, 2012; Lieberman & Cunningham, 2009). 이를 위해 먼저 각 참가자 별로 뇌 영상자료를 일차 수준 일반선형(General Linear Model)에 적합하였다. 앞서 언급하였듯이 실험자극은 자기 자극, 타인 자극, 유령 자극으로 구성되는데, '타인 자극 - 유령 자극'을 대조조건으로 하여 각 참가자 별로 개인 수준에서 대조 영상(contrast image)을 산출하였다. 그 뒤 집단 분석을 위해 무선효과 분석(random effect analysis)을 실시하였다. 이 과정에서 앞서 얻은 대조 영상을 사용하여 일표본 t 검정을 실시하였다. 이를 통해 마을 사람들의 얼굴을 보는 조건과 관련된 활성화 지도를 산출하였다.

나아가 외로움 수준에 의해 유의미하게 영향을 받는 영역이 있는지 확인하고 그 위치를 알아보기 위해 SPM12 소프트웨어를 이용하여 다중회귀분석을 수행하였다. 이를 위해 예측변인은 외로움 수준으로 설정하고 성별, 연령을 포함한 인구통계학적 변인, 우울 수준, 부정적 평가에 대한 두려움, 마을 사람들에 대한 호감도를 통제하였다. 한편 관심영역 분석의 경우 SPM12의 툴박스(toolbox) 중 하나인 Marsbar(Bret

et al., 2002)를 이용하여 보상 영역에 대한 ROI 활성화 파라미터 값을 추출한 뒤 각각에 대해 R 통계 패키지에서 다중회귀분석을 진행하였다. 구체적으로 외로움을 예측변인으로 설정하고 세부 영역별 ROI 활성화 파라미터를 종속변인으로 설정하였다. 이때 성별, 연령을 포함한 인구통계학적 변인, 우울 수준, 부정적 평가에 대한 두려움, 마을 사람들에 대한 호감도를 통제하였다.

4.3.2 외로움을 느끼는 노인들은 얼굴 응시 과제에서 마을 사람들의 얼굴을 바라볼 때 사회연결망 특성에 따라 외로움에 따른 보상 영역의 활성화가 달라지는가?

두 번째 가설은 노년기 외로움 수준과 사회연결망의 구조적 특성인 중개자 역할과 배태성이 상호작용 효과를 가지는지 확인하고자 하였다. 이를 위해 연속변인으로서의 중개자 역할 점유 정도와 배태성이 외로움에 따른 보상 영역의 활성화 수준을 조절하는지 알아보기 위해 R 소프트웨어를 사용하여 다중회귀분석을 수행하였다(서영석, 2010). 구체적으로 외로움을 예측변인으로 설정하고 앞서 추출한 세부 영역별 ROI 활성화 파라미터를 종속변인으로 설정하였다. 이때 인구통계학적 변인(연령, 성별), 우울수준, 부정적 평가에 대한 두려움, 마을 사람들에 대한 호감도를 통제하였다. 상호작용효과가 확인될 경우, 단순 기울기 검정(Simple Slope Test)을 통해 구체적으로 외로움 수준과 보상 영역의 활성화를 예측하는 기울기 값이 중개자 역할 점유 정도와 배태성에 따라 달라지는지 알아보았다.

4.3.3 통계 분석

수집된 자료는 R 통계 패키지(version 4.2.2)를 사용하여 분석을 진행하였다. 우선 각 주요 변인들의 기술통계치 및 상관관계를 확인하였다. 또한 주요 변인들의 성별 차이가 나타나는지 알아보기 위해 독립 표본 t 검정을 진행하였다.

결 과

1. 기술통계량 및 상관분석

1.1 연구참가자의 특성에 대한 기술통계

총 20명의 연구참가자에 대한 기술통계가 [표1]에 제시되어 있다. 전체 연구참가자 중 여성이 12명(60%), 남성이 8명(40%)으로 구성되어 있으며, 이들의 평균 연령은 74.8세(표준편차: 5.6), 평균 교육연한은 5.4년(표준편차 4.4)이었다. 또한 전체 연구참가자 중 15명(75%)이 배우자와 함께 거주하고 있는 것으로 나타났다.

표 1 연구참가자의 인구통계학적 특성 및 주요변인 특징

	범위	평균	표준편차
성별(남성: 8명 / 여성: 12명)			
결혼상태(배우자와 함께 거주 15명)			
연령	[64, 85]	74.8	5.6
교육연한	[0, 16]	5.4	4.4
우울수준	[0, 17]	7.8	5.6
부정적 평가에 대한 두려움	[13, 50]	30.4	9.9
호감도	[2.09, 4.57]	3.2	0.5
외로움	[20, 49]	33.3	8.6
중개자 역할	[-1.078, 1.99]	1.1	0.8
배태성	[-1.58, 0.76]	0.1	0.9

개정된 한국판 UCLA 외로움 척도로 측정된 외로움 수준은 평균 33.3(표준편차: 9.9)으로 최대 가능한 점수가 80점이라는 점을 고려하였을 때 높은 수준은 아니었다. 다음으로 노인우울척도(GDS)로 측정된 우울수준은 7.8(표준편차: 5.6)로 나타났다. 임상적 우울의 절단점이 17점(조맹제, 1999)이기 때문에 정상적인 우울 수준을 보고하는 참가자들로 구성되어 있음을 알 수 있다. 한편 부정적 평가에

대한 두려움은 평균 30.4(표준편차: 9.9)로 최대 가능한 점수가 60점으로 평균적인 수치로 나타났다. 또한 마을 사람들에 대한 호감도의 경우 평균 3.2(표준편차: 0.5)로 나타났다. 중개자 역할과 배태성의 경우 마을 인구 수로 표준화한 값으로 각각 평균 1.1(표준편차: 0.8)과 0.1(표준편차: 0.9)로 나타나 중개자 역할의 점유 정도가 배태성보다 더 높은 것으로 나타났다. 표준화하기 이전 중개자 역할과 배태성의 점수는 각각 평균 0.74(표준편차: 0.13), 8.2(표준편차: 2.85)로 나타났다.

성별에 따른 인구통계학적 특징 및 주요 변인에 대한 특징은 [표2]에 제시하였다. 연령의 경우 여성보다 남성이 조금 더 큰 것($t(18) = -2.208$, $p < .05$)으로 나타나며 교육연한은 남성이 유의미하게 더 컸다($t(18) = -3.203$, $p < .001$). 또한 부정적 평가에 대한 두려움의 경우 남성이 여성보다 유의미하게 더 큰 것으로 나타나($t(18) = -2.440$, $p < .01$), 남성이 여성보다 타인으로부터의 평가에 대해 더 민감하고 두려워한다는 것을 알 수 있다. 그 외에 다른 주요 변인들의 경우 남녀 간 유의미한 차이가 없었다.

표 2 성별에 따른 인구통계학적 특성 및 주요변인 특징

	여성(n = 12)	남성(n = 8)	t	p
결혼상태	배우자와 함께 거주 8명	배우자와 함께 거주 7명		
연령	72.75 (4.54)	77.88 (5.84)	-2.208	0.040 **
교육연한	3.29 (3.41)	8.56 (3.89)	-3.203	0.005 **
우울수준	9.33 (5.63)	5.38 (5.10)	1.597	0.128
부정적 평가에 대한 두려움	26.42 (7.60)	36.25 (10.47)	-2.440	0.025 **
호감도	3.31 (0.30)	3.10 (0.78)	0.726	0.406
외로움	33.17 (9.77)	33.50 (6.99)	-0.083	0.935
중개자 역할	1.23 (0.74)	0.98 (0.98)	0.652	0.522
배태성	0.31 (0.77)	-0.11 (1.08)	1.023	0.320

† p <.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.001

1.2 주요 변인 상관 분석

주요 변인들 간의 상관관계를 분석한 결과는 [표 3]에 제시되었다. 이때 참가자의 연령, 성별, 교육연한, 결혼상태, 우울증상, 부정적 평가에 대한 두려움, 마을 사람들에 대한 호감도, 외로움, 중개자 역할, 배태성을 분석 대상에 포함하였다. 분석 결과 우울증상과 외로움($r = 0.449$, $p < .05$), 부정적 평가에 대한 두려움과 외로움($r = .458$, $p < .05$)이 정적 상관을 보였다. 또한 중개자 역할과 배태성($r = .871$, $p < .001$) 간의 정적 상관이 나타났다.

표 3 주요 변인 간 상관분석

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	연령	-									
2	성별	0.419†	-								
3	교육연한	0.132	0.634**	-							
4	결혼상태	-0.218	0.394	0.393	-						
5	우울증상	-0.289	-0.328	-0.231	0.059	-					
6	부정적 평가에 대한 두려움	0.152	0.390†	0.311	0.177	0.312	-				
7	호감도	0.282	-0.309	-0.147	-0.235	0.278	0.060	-			
8	외로움	0.129	0.044	-0.066	0.248	0.449*	0.458*	0.130	-		
9	중개자 역할	-0.186	-0.141	-0.270	-0.164	0.026	0.156	0.425	-0.205	-	
10	배태성	-0.266	-0.218	-0.164	-0.028	0.040	-0.070	0.368	-0.227	0.871***	-

† p <.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.001
주. 성별 변인 및 결혼상태 변인는 Spearman 상관계수로 표기하였다(값이 큰 경우 '남성' 및 '배우자와 함께 거주함'을 의미)

2. 외로움 수준에 따른 뇌 활성화 강도

2.1 전체 뇌 분석

2.1.1 얼굴 응시 과제에서 나타나는 활성화 영역

첫 번째 가설인 참가자의 외로움 수준이 타인의 얼굴을 바라볼 때 보상 영역의 활성화를 유의미하게 예측하는지 알아보기 이전에 타인의 얼굴 사진을 볼 때 활성화되는 전체 뇌 영역을 확인하고자 '타인 자극 - 유령 자극' 대비 영상을 통해 집단 수준에서 일표본 t 검정을 수행하였다[표4 참고]. 그 결과 우측 좌측앞소엽(Right Precuneus), 좌측 상후두회(Left Superior Occipital Gyrus), 우측 해마(Right Hippocampus), 좌측 복내측 전전두엽(Left Ventral Medial Prefrontal Cortex)에서 정적이 활성화가 관찰되었다($p < .001$, $k > 10$, uncorrected).

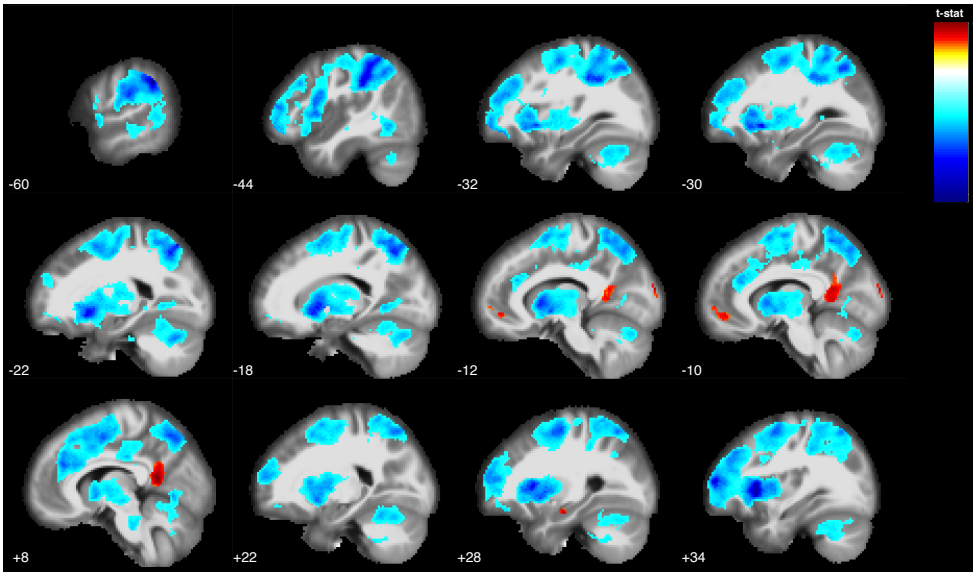


그림 4 얼굴 응시 과제에서 활성화되는 뇌 영역(전체 뇌 영역 분석)

표 4 얼굴 응시 과제에서 나타나는 뇌 활성화(타인 자극 – 유령 자극 대비)

		클러스터 중심 좌표			t	클러스터 크기
		x	y	z		
Positive	R Precuneus	8	-52	14	6.015	719
	L Superior Occipital Gyrus	-12	-100	16	5.296	32
	R Hippocampus	28	-12	-20	5.251	22
	L vmPFC	-10	48	-10	4.692	152
Negative	L Precentral Gyrus	-32	-18	54	-3.595	51382
	L Inferior Frontal Gyrus	-44	40	-2	-3.608	51382
	L Cerebelum (Crus 2)	-34	-66	-34	-4.355	1679
	L SupraMarginal Gyrus	-60	-48	36	-13.799	51382
	R Insula Lobe	34	18	2	-12.826	51382
	R Middle Frontal Gyrus	34	56	10	-10.808	51382
	L Cerebelum (Crus 1)	-22	-70	-32	-6.735	1679
	L Cerebelum (VII)	-40	-62	-40	-5.888	1679
	L Cerebelum (X)	-30	-38	-38	-4.036	1679
	R Cerebelum (IV-V)	8	-68	-4	-6.488	2675
	R Cerebelum (IV-V)	22	-52	-22	-6.005	2675
	L Linual Gyrus	-18	-56	-2	-5.861	2675
	L Parahippocampal Gyrus	-30	-44	0	-4.515	29

클러스터(cluster) 형성 역치(threshold) 수준: $p<.001$, uncorrected, $k > 10$
주. L = 좌반구, R = 우반구

2.1.2 얼굴 응시 과제에서 외로움 수준에 따른 활성화 영역 (다중회귀분석)

참가자의 외로움 수준이 실제 사회연결망 내에 속한 마을 사람들의 얼굴 사진을 보았을 때 보상 영역에서의 활성화 수준을 유의미하게 예측하는지 확인하기 위하여 전체 뇌 수준에서 다중회귀분석을 수행하였다. 이를 위해 앞선 '타인 자극 - 유령 자극' 대비 영상에서 외로움을 예측변인으로 설정한 뒤 연령 및 성별, 우울 수준, 부정적 평가에 대한 두려움, 마을 사람에 대한 호감도를 통제하였다[표 5 참고]. 다중회귀분석 결과 좌측 상전두회(Left Superior Frontal Gyrus)에서 외로움 수준에 따른 유의미한 정적 활성화가 확인되었다. 반면, 우측 소뇌(Right Cerebelum III, IV-V, VI), 좌측 측두엽극(Left Temporal Pole), 우측 복내측 전전두엽(Right Ventromedial Prefrontal Cortex), 좌측 후측 대상피질(Left Posterior Cingulate Cortex), 우측 상내측회(Right Superior Medial Gyrus)에서 외로움 수준에 따른 유의미한 부적 활성화가 확인되었다($p < .001$, $k > 10$, uncorrected) (그림 5], [표5] 참고).

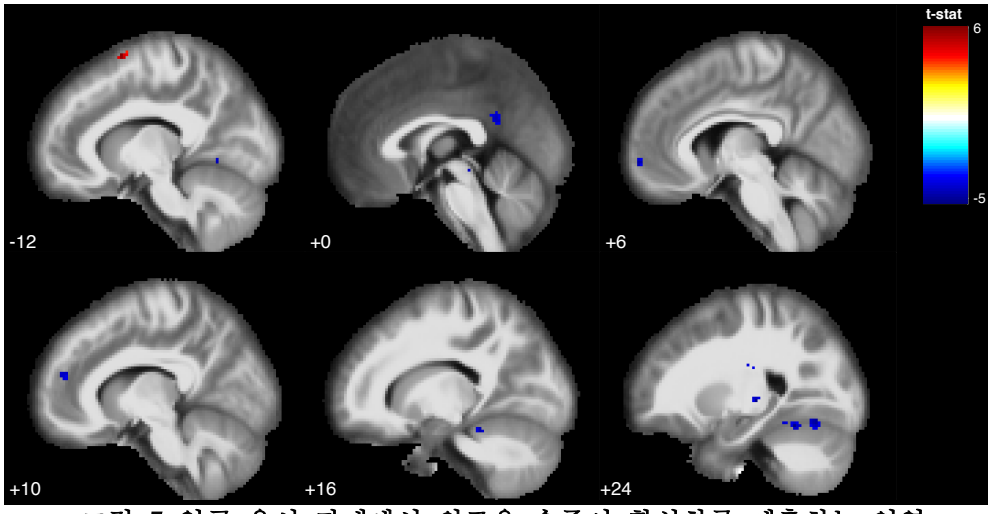


그림 5 얼굴 응시 과제에서 외로움 수준이 활성화를 예측하는 영역

표 5 얼굴 응시 과제에서 외로움 수준에 따른 뇌 활성화(다중회귀분석)

		클러스터 중심 좌표			t	클러스터 크기
		x	y	z		
Positive	L Superior Frontal Gyrus	-12	8	72	6.091	16
Negative	R Cerebelum (IV-V)	24	-52	-18	-5.355	32
	R Cerebelum (VI)	24	-68	-14	-5.024	35
	L Temporal Pole	-26	8	-24	-4.882	12
	R vmPFC	6	62	-6	-4.774	17
	R Cerebelum (III)	16	-38	-22	-4.742	14
	L PCC	0	-50	26	-4.691	43
	L Cerebelum (IV-V)	-12	-62	-6	-4.594	13
	R Superior Medial Gyrus	10	50	20	-4.501	12

(통제변인: 참가자의 연령 및 성별, 우울 수준, 호감도, 부정적 평가에 대한 두려움)
클러스터(cluster) 형성 역치(threshold) 수준: $p<.001$, uncorrected, $k > 10$
주. L = 좌반구, R = 우반구

2.2 관심영역 분석

이후 관심영역 분석을 통해 복측 선조체(VS)와 복내측 전전두엽(vmPFC) 영역이 참가자의 외로움 수준이 얼굴 사진을 보았을 때 보상 영역의 활성화를 유의미하게 예측하는지 알아보았다. 다중회귀분석 결과 외로움 수준은 복측 선조체(VS) 영역을 유의미하게 예측하지 못하였다($p = 0.422$) ([표 6 참고]). 그러나 외로움 수준은 복내측 전전두엽(vmPFC)의 활성화를 유의미하게 부적으로 예측하였다 ($\beta = -0.527$, $SE = 0.026$, $t(13) = -2.312$, 수정된 R 제곱 $= 0.383$, $p<.05$)

([표 7 참고]). 즉 외로움을 느낄수록 복내측 전전두엽(vmPFC)의 활성화가 감소하는 것으로 나타났다.

표 6 얼굴 응시 과제에서 외로움 수준에 따른 복측 선조체(VS) 활성화 (다중회귀분석)

		B	β	S.E	t	p
VS	절편	-7.432	-	3.685	-2.016	0.950
	연령	0.115	0.641	0.057	2.005	0.066†
	성별	-0.913	-0.459	0.766	-1.191	0.255
	호감도	-0.329	-0.176	0.531	-0.620	0.546
	우울수준	-0.004	-0.023	0.060	-0.070	0.945
	부정적 평가에 대한 두려움	0.041	0.408	0.036	1.126	0.280
	외로움	-0.028	-0.246	0.034	-0.830	0.422

† p <.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.001
F(6,13) = 0.8553, 수정된 R 제곱 = -0.047, p = 0.55

표 7 얼굴 응시 과제에서 외로움 수준에 따른 복내측 전전두엽(vmPFC) 활성화 (다중회귀분석)

		B	β	S.E	t	p
vmPFC	절편	-3.354	-	2.828	-1.185	0.256
	연령	0.044	0.2468	0.044	1.005	0.333
	성별	-1.904	-0.957	0.588	-3.235	0.006**
	호감도	0.007	0.004	0.407	0.018	0.985
	우울수준	-0.054	-0.305	0.046	-1.164	0.265
	부정적 평가에 대한 두려움	0.107	1.061	0.028	3.816	0.002**
	외로움	-0.061	-0.527	0.026	-2.312	0.037*

† p <.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.001
F(6, 13) = 2.966, 수정된 R 제곱 =0.383, p = 0.04

3. 외로움 수준에 대한 뇌 활성화 수준의 사회연결망 특성에 따른 차이

3.1 중개자 역할에 따른 차이

중개자 역할 점유 정도에 따라 외로움 수준과 마을 사람들의 얼굴 사진을 볼 때 보상 영역의 활성화 수준 간의 관계에서 차이가 나타나는지 확인하기 위해 다중회귀분석을 진행하였다. 그 결과 복측 선조체(VS)에 대해서만 외로움 수준과 중개자 역할 점유 정도 간의 상호작용 효과가 나타났다. 구체적으로 인구통계학적 변인만 통제한 모형(부록 [표S2-2] 참고)과 통제변인들을 모두 통제한 모형에서 복측 선조체(VS)에 대해서 유의미한 상호작용 효과가 나타났다([표8]). 보상 영역 중 복측 선조체(VS)에 대한 두 변인 간 상호작용 효과를 조금 더 자세히 알아보기 위해 단순 기울기 검정(simple slope test)을 수행하였다. 단순 기울기 검정 결과, 중개자 역할의 점유 정도가 낮은 집단의 참가자들은 외로움 수준이 높을 때 유의미하게 복측 선조체(VS)의 활성화가 감소하는 것으로 나타났다($b = -0.116$, $SE = 0.047$, $t(11) = -2.45$, $p = .032$). 반면에 중개자 역할의 점유 정도가 높은 집단의 참가자들은 외로움 수준이 높을 때 복측 선조체(VS)의 활성화에서 유의미한 변화를 보이지 않았다($b = 0.060$, $SE = 0.036$, $t(11) = 1.65$, $p = .127$). 앞선 결과는 상호작용 도표로 시각화하여 [그림6]에 제시하였다. 종합적으로 살펴볼 때, 외로움과 중개자 역할 점유 정도 간에 상호작용효과가 나타나며, 특히 중개자 역할에 대한 점유 수준이 낮을 때 외로움에 따른 복측 선조체(VS)의 활성화가 감소하는 것으로 나타난다.

표 8 외로움에 따른 복측 선조체(VS) 활성화에 대한 중개자 역할의 상호작용 효과

	B	β	S.E	t	p
절편	0.147	-	0.177	0.830	0.424
연령	0.157	0.878	0.045	3.434	0.006**

	성별	-0.473	-0.237	0.587	-0.806	0.437
	호감도	-0.756	-0.404	0.484	-1.560	0.147
	우울수준	0.027	0.157	0.048	0.582	0.572
VS	부정적 평가에 대한 두려움	0.004	0.048	0.030	0.158	0.877
	외로움	-0.027	-0.237	0.028	-0.980	0.347
	중개자 역할	0.265	0.220	0.332	0.800	0.440
	상호작용항 (외로움: 중개자 역할)	0.106	0.5977	0.038	2.794	0.017*

† p <.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.001
F(8, 11) = 2.749, 수정된 R 제곱 = 0.4241, p = 0.06

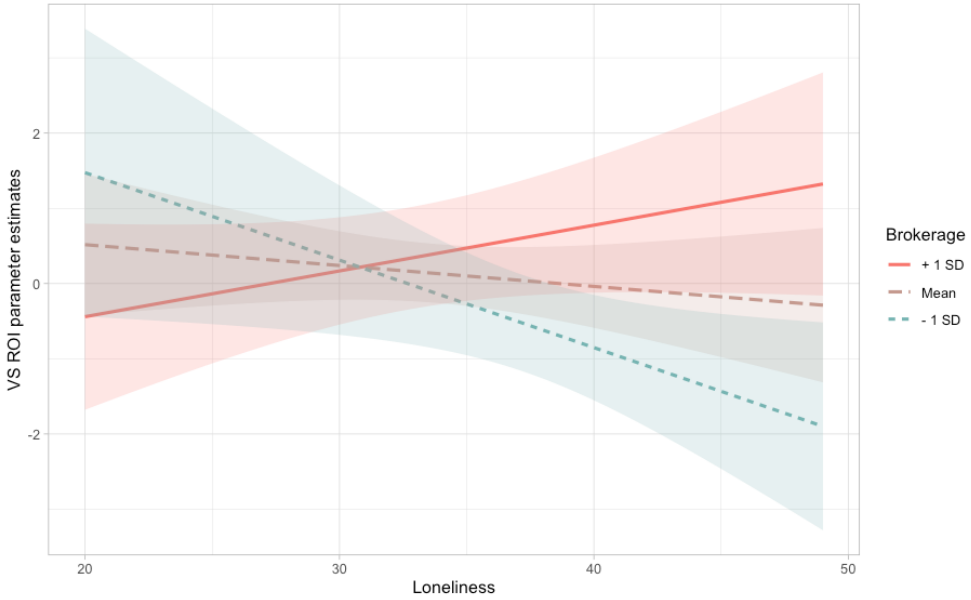


그림 6 외로움에 따른 복측 선조체(VS) 활성화에 대한 중개자 역할의 상호작용 효과 중개자 역할 점유 정도(연속변인)에 따른 단순 기울기 검정 결과. 빨간색 실선은 평균보다 1 표준편차(SD) 높은 중개자 역할 점유 수준, 회색 점선은 평균적인 중개자 역할 점유 수준, 파란색 점선은 평균보다 1 표준편차(SD) 낮은 중개자 역할 점유 수준에서 외로움과 복측 선조체(VS) 간의 관계를 보여줌.

한편 복내측 전전두엽(vmPFC)에 대해서는 외로움 수준의 유의미한 주효과는 발견되었으나 외로움 수준과 중개자 역할 점유 정도 간의 상호작용 효과는 발견되지 않았다. 구체적으로 통제변인을 입력하지 않은 모형(부록 [표 S2-3 참고])이나 연령 및 성별만 통제변인으로 입력한 모형([표 S2-4] 참고), 통제변인을 모두 통제한 모형([표 9], [그림 7] 참고) 모두에서 복내측 전전두엽(vmPFC)에 대하여 두 변인 간의 유의미한 상호작용 효과가 나타나지 않았다.

표 4 외로움에 따른 복내측 전전두엽(vmPFC) 활성화에 대한 중개자 역할의 상호작용 효과

		B	β	S.E	t	p
vmPFC	절편	0.089	-	0.177	0.506	0.622
	연령	0.043	0.242	0.045	0.947	0.363
	성별	-1.855	-0.932	0.586	-3.161	0.009**
	호감도	0.178	0.095	0.484	0.369	0.718
	우울수준	-0.061	-0.345	0.048	-1.274	0.228
	부정적 평가에 대한 두려움	0.108	1.071	0.030	3.501	0.004**
	외로움	-0.075	-0.647	0.028	-2.677	0.021*
	중개자 역할	-0.308	-0.256	0.332	-0.930	0.372
	상호작용항 (외로움: 중개자 역할)	0.065	0.364	0.038	1.703	0.116

† p <.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.001

F(8,11)= 2.756, 수정된 R 제곱 = 0.425, p = 0.06

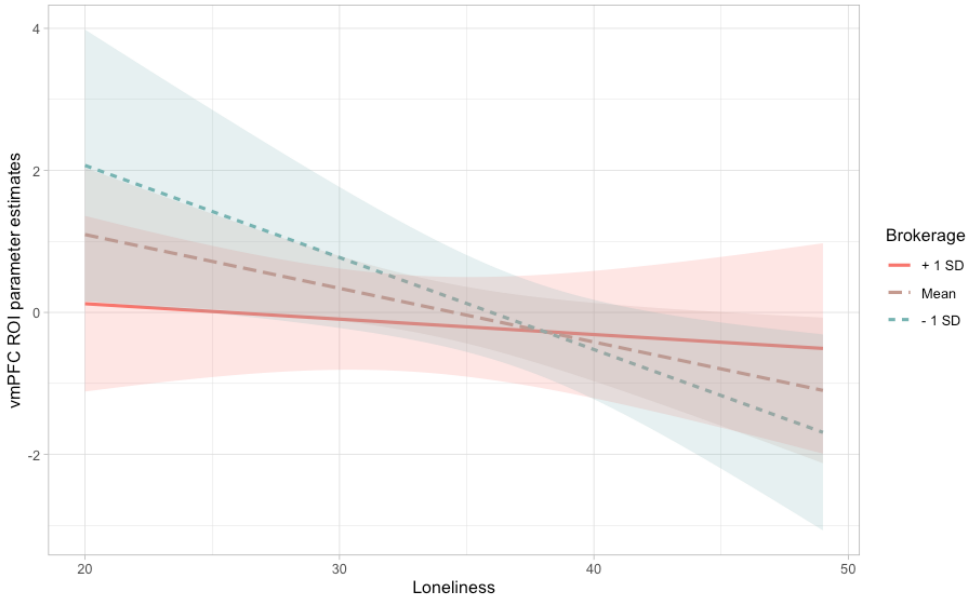


그림 7 외로움에 따른 복내측 전전두엽(vmPFC) 활성화에 대한 중개자 역할의 상호작용 효과 중개자 역할 점유 정도(연속변인)에 따른 단순 기울기 검정 결과. 빨간색 실선은 평균보다 1 표준편차(SD) 높은 중개자 역할 점유 수준, 회색 점선은 평균적인 중개자 역할 점유 수준, 파란색 점선은 평균보다 1 표준편차(SD) 낮은 중개자 역할 점유 수준에서 외로움과 복내측 전전두엽(vmPFC) 간의 관계를 보여줌.

3.2 배태성에 따른 차이

배태성에 따라 외로움 수준과 마을 사람들의 얼굴 사진을 볼 때 보상 영역의 활성화 수준 간의 관계에서 차이가 나타나는지 확인하기 위해 다중회귀분석을 진행하였다. 그 결과 복측 선조체(VS)에 대해서만 외로움 수준과 배태성 간의 상호작용 효과가 나타났다. 구체적으로 인구통계학적 변인만 통제한 모형(부록 [표S2-2] 참고)과 통제변인들을 모두 통제한 모형에서 복측 선조체(VS)에 대해서 유의미한 상호작용 효과가 나타났다([표10]). 보상 영역 중 복측 선조체(VS)에 대한 두 변인 간 상호작용 효과를 조금 더 자세히 알아보기 위해 단순 기울기 검정(simple slope test)을 수행하였다. 단순 기울기 검정 결과, 배태성이 낮은 집단의 참가자들은 외로움 수준이 높을 때 유의미하게 복측 선조체(VS)의 활성화가 감소하는 것으로 나타났다($b = -0.120$, $SE = 0.053$, $t(11) = -2.23$, $p = .047$). 반면에 배태성이 높은 집단의 참가자들은 외로움 수준이 높을 때 복측 선조체(VS)의 활성화에서

유의미한 변화를 보이지 않았다(b = 0.040, SE = 0.041, t(11) = 0.98, p = .34). 앞선 결과는 상호작용 도표로 시각화하여 [그림8]에 제시하였다. 종합적으로 살펴볼 때, 외로움과 배태성 간에 상호작용효과가 나타나며, 특히 배태성 수준이 낮을 때 외로움에 따른 복측 선조체(VS)의 활성화가 감소하는 것으로 나타난다.

표 5 외로움에 따른 복측 선조체(VS) 영역 활성화에 대한 배태성의 상호작용 효과

		B	β	S.E	t	p
VS	절편	0.148	-	0.208	0.709	0.492
	연령	0.169	0.948	0.056	3.058	0.010*
	성별	-0.800	-0.402	0.666	-1.202	0.254
	호감도	-0.788	-0.421	0.537	-1.467	0.170
	우울수준	0.030	0.172	0.054	0.560	0.586
	부정적 평가에 대한 두려움	0.016	0.158	0.033	0.480	0.640
	외로움	-0.039	-0.341	0.034	-1.252	0.236
	배태성	0.173	0.156	0.292	0.593	0.565
	상호작용항 (외로움: 배태성)	0.089	0.552	0.040	2.240	0.047*

† p <.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.001
F(8, 11) = 1.653, 수정된 R 제곱, p = 0.22

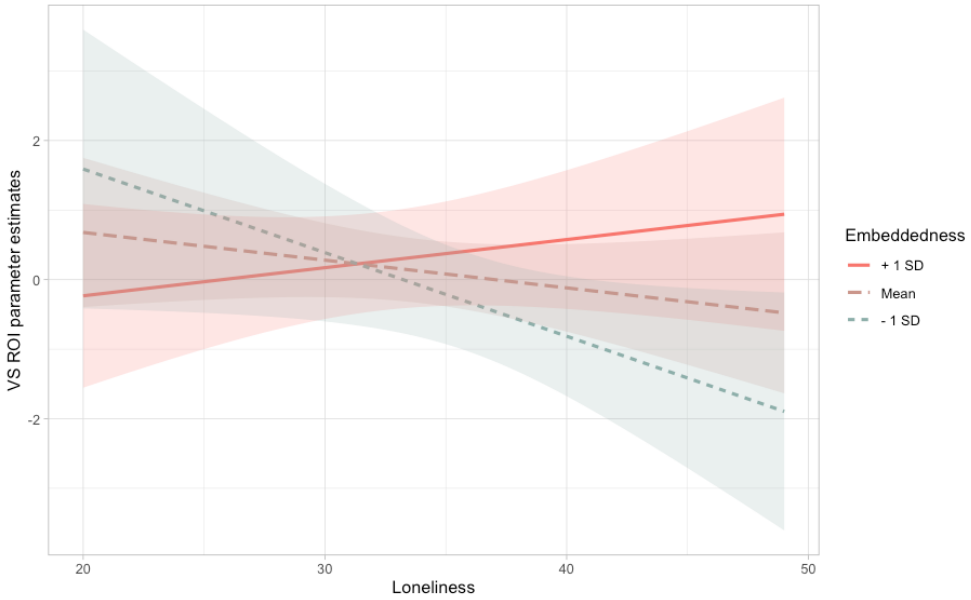


그림 8 외로움에 따른 복측 선조체(VS) 활성화에 대한 배태성의 상호작용 효과 배태성(연속변인)에 따른 단순 기울기 검정 결과. 빨간색 실선은 평균보다 1 표준편차(SD) 높은 배태성 수준, 회색 점선은 평균적인 배태성 수준, 파란색 점선은 평균보다 1 표준편차(SD) 낮은 배태성 수준에서 외로움과 복측 선조체(VS) 간의 관계를 보여줌.

한편 복내측 전전두엽(vmPFC) 영역에 대해서는 외로움 수준의 유의미한 주효과는 발견되었으나, 외로움 수준과 배태성 간의 유의미한 상호작용 효과는 나타나지 않았다. 구체적으로 통제변인을 입력하지 않은 모형(부록 [표S3-3 참고])이나 연령 및 성별만 통제변인으로 입력한 모형([표S3-4] 참고), 통제변인을 모두 통제한 모형([표11], [그림9] 참고) 모두에서 복내측 전전두엽(vmPFC)에 대하여 두 변인 간의 유의미한 상호작용 효과가 나타나지 않았다.

표 6 외로움에 따른 복내측 전전두엽(vmPFC) 활성화에 대한 배태성의 상호작용 효과

		B	β	S.E	t	p
vmPFC	절편	0.085	-	0.177	0.482	0.638
	연령	0.045	0.256	0.047	0.972	0.351
	성별	-1.898	-0.954	0.565	-3.355	0.006**
	호감도	0.131	0.070	0.456	0.288	0.778
	우울수준	-0.049	-0.278	0.046	-1.068	0.308
	부정적 평가에 대한 두려움	0.099	0.982	0.028	3.512	0.004**
	외로움	-0.077	-0.662	0.027	-2.857	0.015*
	배태성	-0.308	-0.279	0.248	-1.241	0.240
	상호작용항 (외로움: 배태성)	0.051	0.319	0.033	1.524	0.115

† p <.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.001

F(8,11) = 2.813, 수정된 R 제곱 = 0.433, p = 0.057

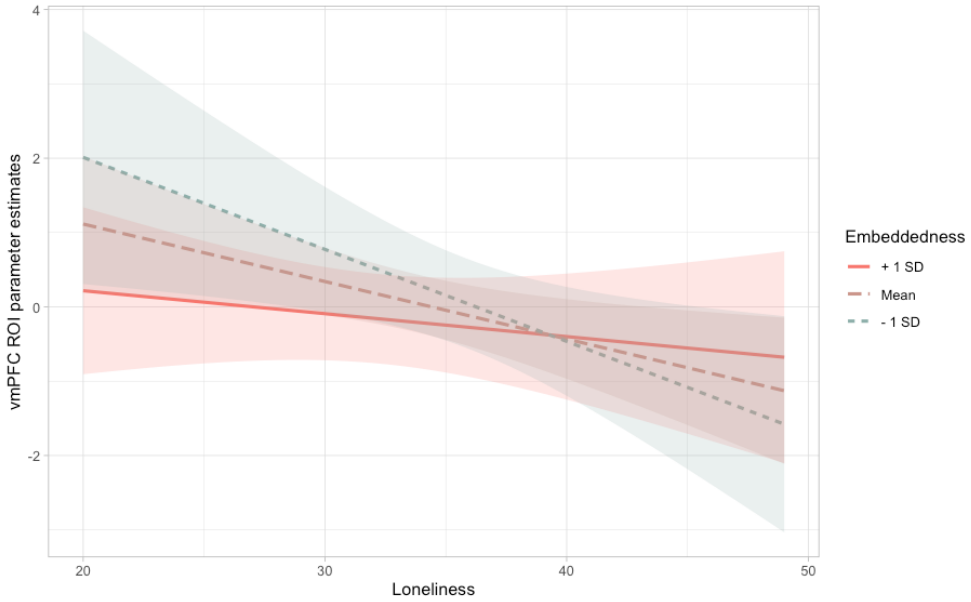


그림 9 외로움에 따른 복내측 전전두엽(vmPFC) 활성화에 대한 배태성의 상호작용 효과 배태성(연속변인)에 따른 단순 기울기 검정 결과. 빨간색 실선은 평균보다 1 표준편차(SD) 높은 배태성 수준, 회색 점선은 평균적인 배태성 수준, 파란색 점선은 평균보다 1 표준편차(SD) 낮은 배태성 수준에서 외로움과 복내측 전전두엽(vmPFC) 간의 관계를 보여줌.

논 의

본 연구에서는 노년기 외로움이 함께 거주하는 마을의 주민의 얼굴을 응시할 때 뇌의 보상 영역의 활성화가 이어지는지 확인하고, 사회연결망의 구조적 특성인 중개자 역할과 배태성이 노년기 외로움에 따른 보상 영역의 활성화를 조절하는지 알아보았다. 연구 결과, 외로움 수준이 높아질수록 마을 주민의 얼굴을 응시할 때 활성화가 감소하는 영역을 확인하였다. 전체 뇌 분석에서 보상 영역으로 알려진 복내측 전전두엽(vmPFC)에서 활성화가 감소되는 것을 확인하였다. 또한 관심영역분석 결과, 외로움 수준이 높을수록 마을 주민의 얼굴을 응시할 때 복측 선조체(VS)에서 활성화가 감소되는 것으로 나타났다. 한편 사회연결망의 구조적 특성에 따라 외로움 수준과 보상 영역의 활성화 사이에 유의미한 상호작용효과가 발견되었다. 구체적으로 단순 기울기 검정에서 중개자 역할 점유 정도와 배태성이 낮은 집단에서 외로움 수준이 증가할수록 마을 주민의 얼굴을 응시할 때 보상 영역의 활성화가 유의미하게 감소하는 것으로 나타났다.

1. 외로움에 따른 보상 영역 활성화

전체 뇌 분석에서 외로울수록 마을 주민의 얼굴을 응시할 때 복내측 전전두엽(vmPFC)의 활성화가 감소되는 것으로 나타났다. 또한 관심영역 분석에서도 외로움을 느낄수록 복내측 전전두엽의 활성화가 유의미하게 저하되는 것으로 나타났다. 복내측 전전두엽(vmPFC)은 사회적 욕구가 결핍되거나 애착 상대와 같은 안전과 관련된 신호에 활성화되는 것으로 알려져 있다(Eisenberger et al., 2011; Tomova et al., 2020). 그러나 본 연구결과는 기존에 사회적 고립을 유도한 뒤 사회적 교류 장면을 보여주었을 때 복내측 전전두엽(vmPFC) 중 전측에 위치한 안와전두엽(OFC)의 활성화가 증가하였던 연구결과와 상이하다(Tomova et al., 2020). 흥미로운 점은 임의의 사회적 자극이 아닌 자신이 속한

마을의 주민들의 얼굴 사진을 보았을 때 오히려 활성화가 감소하였다는 점이다. 복내측 전전두엽(vmPFC)과 함께 보상 영역으로 알려진 복측 선조체(VS)의 경우 외로울수록 가까운 사람의 사진을 보았을 때 활성화가 증가하였던 연구결과와는 다르다(Inagaki et al., 2016). 이러한 결과에 대한 가능성 중 하나는 외로움을 느끼는 노인들은 마을 주민들의 얼굴을 볼 때 잠재적으로 사회적 연결이 가능한 상대라고 인지하기보다는 오히려 거절이나 사회적 위협으로 인식하여 다른 사람들을 회피하는 것이다. 실제로 Inagaki et al. (2016)의 연구에서 외로움을 느끼는 사람들의 경우 낯선 사람의 사진을 볼 때 복측 선조체(VS)의 활성화가 감소하였는데, 이는 외로움을 느끼는 이들이 낯선 상대를 보았을 때 사회적으로 연결될 가능성이 있는 상대로 인식하기보단 거절이나 소외의 가능성을 인식한 것일 수 있다고 지적하였다. 또한 전체 뇌 분석에서 사회인지와 관련된 뇌 영역인 측두엽극(Temporal Pole), 후측 대상피질(Posterior Cingulate Cortex), 상내측전두회(Superior Medial Gyrus)에서 활성화의 저하가 나타났는데, 이는 외로운 노인들이 마을 주민들의 얼굴을 볼 때 사회적 정보를 잘 처리하지 못할 가능성을 시사한다(Mars et al., 2012; Spreng & Andrews-Hanna, 2015). 또 다른 가능성은 한국 농촌 사회의 특성과 관련된다. 한국 농촌은 도시에 비해 좁은 지역 사회 안에서 대면이 잦으며 한 번 형성된 사회연결망은 큰 변화 없이 유지된다는 특성이 있다(박경순, 박영란, 염유식, 2017). 이로 인해 새로운 사회적 연결의 기회가 낮아져 실제 사회연결망에 속한 마을 사람들의 얼굴 사진을 보더라도 잠재적으로 연결될 가능성을 낮게 인식한다. 또한 이러한 환경에서는 사회연결망이 변화 없이 유지되어 한 번 외로움을 느낄 경우 만성화될 가능성도 존재하는데, 만성적인 외로움은 사회적 연결 욕구에 영향을 주는 요인 중 하나로 알려져 있다(Vanhalst, Luyckx, Van Petegem, & Soenens, 2018; Saporta et al., 2021). 실제로 한 연구에서 코로나19로 인한 일시적 외로움과 만성적인 외로움을 구분한 뒤 각각의 외로움 수준과 타인과 선호하는 거리(distance)가 어떠한 관계를 보이는지 조사하였는데(Saporta et al., 2021), 만성적인 외로움을 느끼는

참가자들은 일시적인 외로움을 느끼는 참가자에 비해 낯선 사람 뿐만 아니라 친한 친구에 대해서도 선호하는 거리가 크게 나타났다. 다시 말해 만성적인 외로움을 느낄수록 친밀한 정도와 상관없이 거리를 두려고 하는 것이다.

2. 사회연결망의 구조적 특성에 따른 조절효과

외로움 수준과 마을 주민의 얼굴을 응시할 때 보상 영역의 활성화가 사회연결망의 구조적 특성에 의해 달라지는지 알아본 결과 복측 선조체(VS)에서만 중개자 역할 점유 정도와 배태성이 유의미한 상호작용 효과를 보였다. 구체적으로 외로움 수준과 보상 영역 활성화 간의 관계를 어떻게 조절하는지 알아보기 위해 단순 기울기 분석을 진행하였다. 그 결과 중개자 역할 점유 정도와 배태성이 높은 노인들의 경우 외로움 수준과 복측 선조체(VS)의 활성화 간의 관계가 유의미한 관계를 보이지 않았던 반면, 중개자 역할 점유 정도와 배태성이 낮은 노인들의 경우 외로움 수준과 복측 선조체(VS) 사이의 관계가 유의미하게 감소하였다. 사회자본은 사회연결망의 특성에 따라 형성되고 영향을 받는데(Lin, 1999; 노연희 외 2012), 구조적 특성이 낮을 경우 이를 통해 얻을 수 있는 사회자본이 낮을 수 있다. 중개자 역할을 점유하는 경우 다양한 사회적 관계를 가질 수 있고(Kim et al., 2022), 이에 따라 여러 사회적 역할을 수행할 수 있기 때문에, 중개자 역할에 위치해 있는 개인은 사회적 지지를 얻고 고립을 줄여 사회적 통합으로 이어질 가능성이 높다. 그러나 중개자 역할에 대한 점유 정도가 낮을 경우 이러한 사회자본으로부터 혜택을 얻지 못할 수도 있다. 따라서 마을 주민들의 얼굴을 보더라도 사회적 연결 가능성을 낮게 인식하여 보상 영역의 활성화의 저하가 나타났을 가능성이 있다. 이러한 결과는 기존에 외로움과 사회연결망의 특성 간의 관계에 대해서 알아보았던 연구에서 사회연결망 특성이 낮을 때 외로움 수준이 더 높은 것에 대해 부분적으로 설명을 제공할 수 있을 것으로 보인다(Kim, Kwak, Chey, & Youm, 2018; Kim et al., 2022). 또한 배태성의 경우도 마찬가지로 낮은

경우 주요 집단에서 멀어져 혼자 고립될 가능성이 높다. 이러한 경우도 마찬가지로 주요 집단에 응집되어 있을 때와 달리 공동체의 구성원으로부터 사회적 지지나 도움을 받기 어렵게 된다. 따라서 배태성이 낮을 경우에도 마찬가지로 사회적 연결 가능성을 낮게 인식하여 보상 영역의 활성화가 낮게 나타났을 가능성이 있다. 정리할 경우 연결망의 구조적 특성으로부터 얻을 수 있는 사회자본이 적거나 사회적으로 고립된 경우 사회연결망 내에 속한 구성원이나 새로운 상대를 보더라도 사회적으로 연결될 가능성이 있는 대상으로 인식하기 보단 소외나 거절의 위협을 주는 대상으로 인식할 가능성이 있다.

한편 중개자 역할과 배태성이 높은 노인들의 경우 외로움 수준과 보상 영역 활성화 사이에 유의미한 관계를 보이지 않았다. 이에 대한 한 가지 가능성은 사회연결망의 구조적 특성이 갖는 양면성이다. 구체적으로 중개자 역할의 경우 사회연결망 내에서 다양한 관계를 맺으며 사회적 역할을 다양화함으로써 사회적 상호작용으로 이어질 수 있지만, 동시에 여러 사회적 역할로 인한 갈등 또한 존재할 수 있다. 이는 각각의 역할에 여러 의무나 기대되는 행동이 존재하기 때문이며, 역할의 수가 증가할수록 이에 따르는 의무나 기대되는 행동 간의 갈등이 존재하기 때문이다(Goode, 1960; Slater, 1963). 실제로 김주연(2017)의 연구에서 연결망의 다양성과 인지기능 간의 관계를 알아보았는데, 비선형적인 관계가 관찰되었다. 다시 말해 역할 영역이 3.5 개 이상 늘어날 경우 오히려 인지기능에 부정적인 영향을 미친 것이다. 뿐만 아니라 다양한 사회적 역할로부터 각 구성원과 정서적 지지나 관계의 형성 및 유지로부터 오는 피로나 부담이 클 수 있다(김주연, 2017). 배태성의 경우도 마찬가지로 높을 경우 응집된 사회연결망 내에서 서로 간의 강한 규범이 존재한다(Bayer et al., 2018). 이로 인해 배태성이 높을 경우 서로가 서로를 돕는 호혜성이 존재한다는 장점이 존재함과 동시에 도움을 받은 만큼 이를 돌려줘야 한다는 의무 또한 존재한다(Ellwardt et al., 2019). 특히 농촌 노인들의 경우 도시 노인들보다 이웃 간 접촉 빈도가 더 높다(정경희 외, 2014)는 것을

고려할 때, 연결망에서 다양한 역할을 수행하고 응집되어 있을수록 이로 인한 피로나 갈등을 더욱 경험하였을 가능성이 있다.

3. 연구의 의의 및 한계

본 연구의 함의는 다음과 같다. 먼저 얼굴 응시 과제를 사용하여 외로움을 느끼는 노인들이 실제 사회연결망에 속한 다른 사람들의 얼굴을 보았을 때 보상 영역의 활성화가 나타나는지에 대해 알아보았다. 이때 마을 내에 자주 교류하는 사람들을 대상으로 전체 사회연결망을 조사하여 기존 연구와 달리 실험실에서 임의로 준비한 사회적 자극이 아니라 실제 사회연결망에 속한 자극을 사용하여 생물학적 타당도를 높였다는 의의가 있다(Cacioppo et al., 2009; D'Agostino et al., 2019). 외로움의 정의는 실제 연결 관계와 추구하는 관계 간의 괴리로 인해 느끼는 주관적인 괴로움(Perlman & Peplau, 1981)이기 때문에 실제 사회연결망 내에서 외로움의 영향을 알아보는 것이 중요하다. 뿐만 아니라 외로움은 다른 사람들에게 전파되기도 하는데, 특히 개인이 속한 사회연결망 내에서 서로 영향을 주고 받는다(Cacioppo, Fowler, & Christakis, 2009). 다시 말해 사회연결망 내에서 다른 사람과 교류하는 정도는 자신이 추구하는 관계에 영향을 미치며, 이로 인해 다시 외로움이 영향을 받게 되는 것이다. 따라서 본 연구에서는 이러한 외로움의 특성을 고려하여 실제 사회연결망에 속한 사람들의 사진을 자극으로 사용하여 실제 사회적 환경에서 외로움이 보상 영역의 활성화와 어떠한 관계가 있는지 알아보았다. 한편 본 연구에서는 외로움과 보상 뇌 영역의 활성화 간의 관계를 개인이 속한 사회연결망의 특성이 조절하는지에 대해 알아보았다. 앞서 언급하였던 것처럼 외로움을 느낀다고 하여 모든 사람들이 사회적 욕구를 자연스럽게 충족시킬 수 있는 것은 아니다. 어떤 사람들의 경우 남들로부터 평가를 두려워 하거나 거절에 민감해 하는 등 개인의 성격이나 인지도식으로 인해 사회적으로 철회되기도 한다. 이러한 개인차 변인들을 연구하고 이해함으로써 실제 외로움을 느끼는 사람들을 대상으로 개입을 할 수

있다는 점에서 중요하다. 또한 본 연구에서는 개인의 성격이나 인지편향 외에 사회연결망 내에 개인이 어디에 위치해 있는지를 통해 사회적 연결 욕구에 어떠한 영향을 미치는지에 대해서 알아보았다는 의의가 있다. 현재까지 외로움에 대처하는 개인차에 대해 알아본 연구들은 존재하지만(Duffy et al., 2019; Smith & Pollack, 2022), 개인의 실제 사회연결망을 조사하여 연결망의 구조적 특성이 외로움에 따른 사회적 욕구의 양상과 어떠한 관계를 가지는지 알아본 연구는 아직까지 없다. 이를 통해 향후 연구에서는 사회연결망의 구조적 특성과 외로움 간의 관계를 조명할 수 있을 뿐더러 연결망의 구조적 특성을 고려한 개입 방법을 제안해볼 수 있을 것이라 기대한다.

이러한 의의에도 불구하고 본 연구는 몇 가지 한계점이 존재한다. 첫 번째로 연구 참가자의 수가 20 명으로 매우 적어 결과에 대한 검증력이 낮아 결과를 일반화하여 노인들에게 적용하는 것에 주의를 기울여야 한다. 두 번째 한계는 본 연구의 경우 횡단적인 연구이기 때문에 연구참가자들이 느끼는 외로움 수준이 일시적인지 또는 만성적인지에 대해 알기 어렵다는 점이다. 앞서 살펴보았던 것처럼 개인이 느끼는 외로움의 기간에 따라서 사회적 욕구를 충족하고자 하는 양상이 달라질 수 있기 때문에 이러한 외로움의 기간에 대한 고려가 필요하다(Vanhalst, Luyckx, Van Petegem, & Soenens, 2018; Saporta et al., 2021). 따라서 향후 연구에서는 외로움을 종단적으로 추적한 뒤 만성적인 외로움을 느끼는 노인들과 한시적으로 외로움을 느끼는 노인으로 구분한 뒤 보상 영역의 활성화가 달라지는지 확인해볼 필요가 있다.

세 번째 한계는 본 연구의 연구참가자가 모두 농촌 노인이라는 점이다. 앞서 논의에서 보았듯이 농촌 사회 특성상 이미 형성된 사회연결망은 잘 변화하지 않으며 유지되는 경향이 있다. 이러한 특성으로 인해 농촌 노인들은 고립되거나 외로움을 느낄 경우 만성화될 가능성도 있는데, 이는 앞서서 나타난 외로움에 따른 보상 영역의 활성화를 해석하는데 제한적이다. 가령 만성적인 외로움의 경우 사회적 연결 욕구에 영향을 주는 요인인데, 이것이 농촌 사회의 특성에 의해

영향을 받아서 만성적인 외로움을 경험한 것인지 또는 그 자체로 보상 영역의 활성화에 영향을 주는지 알기 어렵다. 따라서 향후 연구에서는 도시 노인을 추가적으로 모집하여 농촌과 도시에 거주하는 노인들의 외로움을 비교하는 것을 제안한다.

네 번째 한계는 연구참가자의 사회연결망을 마을 회관을 자주 교류하는 사람들로만 조사하였기 때문에 중개자 역할이나 배태성의 영향을 알아보는데 제한적이었을 수 있다. 중개자 역할의 경우 연결망의 밀도는 낮지만 다양한 관계로 구성되어 있다는 것이 특징이며 배태성의 경우 구성원 간의 교류가 많아 밀도가 높거나 강한 응집성을 가졌다는 것이 특징이다. 이때 중개자 역할의 경우 다양한 관계(e.g., 가족, 이웃, 직장 등)를 포괄하는 사회적 역할 영역의 증가와 관련된다면 배태성의 경우 가족과 같은 동질적인 영역에서 동일 역할의 증가와 관련된다(김주연, 2017). 따라서 이들의 영향을 자세히 알아보기 위해선 가족이나 직장을 포함한 여러 사회연결망을 조사할 필요가 있다. 그러나 본 연구의 경우 뇌 영상 실험을 위해 한정된 사회연결망을 사용하여 이러한 두 사회연결망의 특성의 구체적인 영향을 알아보는데 제한적이었다. 후속 연구에서는 조금 더 다양한 사회연결망을 조사하여 연결망 내의 참가자의 사회역할의 다양성을 조사함으로써 사회연결망의 특성에 따른 조절효과를 더 잘 설명할 수 있을 것이다

마지막 한계는 본 연구에서는 대부분 마을 회관을 자주 교류하는 사람들을 대상으로 전체 사회연결망 및 이들 간의 호감도나 관계 정도에 대해서 알아보았으나, 이에 따라 나눠서 살펴보지 못하였다. 외로움이 실제 관계와 원하는 관계 간의 괴리로 인한 주관적인 고통이라는 점을 고려할 때, 참가자와 어떤 관계인지, 관계 양상은 어떠한지, 알고 지낸 정도나 친밀한 정도는 어느 정도인지에 따라 보상 영역의 활성화가 달라질 수 있다. 따라서 후속 연구에서는 사회연결망의 질적인 특징까지 측정함으로써 노년기 외로움에 따른 사회적 연결 추구가 어떻게 이루어지는지에 대해 더 잘 이해할 수 있을 것이라 기대한다. 실제로 기존에 Inagaki et al. (2016)의 연구에서 가까운 사람과 낯선 사람으로 구분하여 복측 선조체(VS)의 활성화를

살펴봄으로써 외로움을 느낄 경우 가까운 사람에 대해 사회적 연결을 갈망한다는 것을 밝혀냈다. 그러나 이때 가까운 사람에 대해 위로나 도움을 구할 수 있는 상대로 정의하였는데, 이러한 정의는 모호하다. 따라서 후속 연구의 경우 실제 사회적 연결망 내에서 참가자와의 사회적 관계 양상이나 종류 뿐만 아니라 질적인 측면까지 함께 측정한 뒤 구분하여 알아보는 것을 제안한다.

부　　록

1. 사회연결망 설문

1) 지금부터 마을에 거주하는 어르신들 사진을 한 장씩 보여드릴 거예요. 잘 보시고 아는 사람을 모두 골라주세요.

＊ 아는 사람만 이름, ID 기록하기

2. 표적인물에 대한 설문

아래 문항들은 귀하와 같은 마을에 사는 사람들에 대한 조사입니다. 다음 사람의 얼굴 사진을 보고 각 문항에 답해주시기 바랍니다.

①. 전혀 그렇지 않다

②. 그렇지 않다

③. 보통이다

④. 그렇다

⑤. 매우 그렇다

1) 위 사람을 아십니까(예 1/ 아니오 0/ 본인 2)

2) 위 사람과 얼마나 알고 지냈습니까 (___년)

3) 위 사람과 얼마나 자주 이야기합니까

①. 매일

②. 일주일에 여러 번

③. 일주일에 한 번

④. 2 주일에 한 번

⑤. 한 달에 한 번

⑥. 일 년에 여러 번

⑦. 일 년에 한 번

⑧. 일 년에 한 번 미만

4) 위 사람을 얼마나 좋아합니까? [②]

5) 위 사람과 얼마나 가치(생각, 믿음)가 비슷하다고 생각합니까?

[②] 마을 사람들에 대한 호감도를 측정한 변인으로, 본 연구에서 통제변인으로 입력하였다.

3. 사회연결망 설문 기술통계치

표 S1 사회연결망 설문 기술통계치

	비율(%)	평균	표준편차	범위
1). 위 사람을 아십니까?				
- 예	11.66%			
- 아니오	86.19%			
- 본인	2.14%			
2). 위 사람과 얼마나 알고 지냈습니까?		35.9	14.9	[8.25, 60.85]
3). 위 사람과 얼마나 자주 이야기 합니까?				
- 매일	12.98%			
- 일주일에 여러 번	13.95%			
- 일주일에 한 번	14.50%			
- 2주일에 한 번	10.50%			
- 한 달에 한 번	11.88%			
- 일 년에 여러 번	20.03%			
- 일 년에 한 번	7.45%			
- 일 년에 한 번 미만	8.70%			
4). 위 사람을 얼마나 좋아합니까?		3.2	0.5	[2.09, 4.57]
5). 위 사람과 얼마나 가치(생각, 믿음)가 비슷하다고 생각합니까?		2.7	0.6	[1.25, 3.51]

4. 추가결과(중개자 역할)

표 S2-1 외로움에 따른 VS 영역 활성화에 대한 중개자 역할의 상호작용 효과

		B	β	S.E	t	p
VS	절편	0.129	-	0.219	0.589	0.564
	외로움	-0.014	-1.120	0.027	-0.518	0.611
	중개자 역할	-0.010	-0.008	0.310	-0.033	0.973
	상호작용항 (외로움: 중개자 역할)	0.093	0.522	0.045	2.037	0.058†

† p <.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.001

F(3,16) = 1.867, 수정된 R 제곱 = 0.120, p = 0.18

표 S2-2 외로움에 따른 VS 영역 활성화에 대한 중개자 역할의 상호작용 효과(연령 및 성별 통제)

		B	β	S.E	t	p
VS	절편	0.160	-	0.175	0.913	0.376
	연령	0.113	0.632	0.035	3.174	0.006**
	성별	-0.197	-0.099	0.387	-0.509	0.618
	외로움	-0.025	-0.219	0.022	-1.165	0.263*
	중개자 역할	0.018	0.015	0.248	0.075	0.940
	상호작용항 (외로움: 중개자 역할)	0.116	0.649	0.037	3.107	0.007**

† p <.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.001

F(5,14) = 3.962, 수정된 R 제곱 = 0.4381, p = 0.019

표 S2-3 외로움에 따른 vmPFC 영역 활성화에 대한 중개자 역할의 상호작용 효과

		B	β	S.E	t	p
vmPFC	절편	0.095	-	0.223	0.426	0.657
	외로움	-0.024	-0.213	0.027	-0.899	0.381
	중개자 역할	0.142	0.118	0.316	0.450	0.658
	상호작용항 (외로움: 중개자 역할)	0.068	0.385	0.046	1.473	0.159

† p <.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.001

F(3,16) = 1.58, 수정된 R 제곱 = 0.0847, p = 0.23

표 S2-4 외로움에 따른 vmPFC 영역 활성화에 대한 중개자 역할의 상호작용 효과(연령 및 성별 통제)

		B	β	S.E	t	p
vmPFC	절편	0.100	-	0.229	0.436	0.668
	연령	0.042	0.236	0.046	0.903	0.381
	성별	-0.472	-0.237	0.508	-0.930	0.368
	외로움	-0.028	-0.245	0.028	-0.992	0.337
	중개자 역할	0.132	0.109	0.326	0.405	0.691
	상호작용항 (외로움: 중개자 역할)	0.072	0.406	0.048	1.485	0.159

† p <.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.001

F(5,14) = 1.136, 수정된 R 제곱 = 0.034, p = 0.39

5. 추가결과(배태성)

표 S3-1 외로움에 따른 VS 영역 활성화에 대한 배태성의 상호작용 효과

		B	β	S.E	t	p
VS	절편	0.106	-	0.237	0.447	0.660
	외로움	-0.016	-0.140	0.029	-0.548	0.591
	배태성	-0.074	-0.067	0.286	-0.259	0.798
	상호작용항 (외로움: 배태성)	0.063	0.397	0.042	1.513	0.149

† p <.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.001

F(3,16) = 0.8075, 수정된 R 제곱 = -0.031, p = 0.51

표 S3-2 외로움에 따른 VS 영역 활성화에 대한 배태성의 상호작용 효과(연령 및 성별 통제)

		B	β	S.E	t	p
VS	절편	0.144	-	0.204	0.706	0.491
	연령	0.117	0.653	0.042	2.768	0.015*
	성별	-0.409	-0.206	0.458	-0.894	0.386
	외로움	-0.028	-0.245	0.026	-1.098	0.290
	배태성	-0.009	-0.008	0.253	-0.037	0.970
	상호작용항 (외로움: 배태성)	0.086	0.5384	0.037	2.326	0.035*

† p <.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.001

F(5,14) = 2.224, 수정된 R 제곱 = 0.244, p = 0.11

표 S3-3 외로움에 따른 vmPFC 영역 활성화에 대한 배태성의 상호작용 효과

		B	β	S.E	t	p
vmPFC	절편	0.118	-	0.230	0.514	0.613
	외로움	-0.036	-0.313	0.029	-1.259	0.225
	배태성	-0.150	-0.135	0.278	-0.539	0.596
	상호작용항 (외로움: 배태성)	0.071	0.443	0.040	1.	0.100

† p <.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.001

F(3,16) = 1.19, 수정된 R 제곱 = 0.029, p = 0.34

표 S3-4 외로움에 따른 vmPFC 영역 활성화에 대한 배태성의 상호작용 효과(연령 및 성별 통제)

		B	β	S.E	t	p
vmPFC	절편	0.139	-	0.230	0.603	0.557
	연령	0.046	0.260	0.048	0.975	0.345
	성별	-0.717	-0.360	0.518	-1.384	0.187
	외로움	-0.043	-0.372	0.029	-1.473	0.162
	배태성	-0.207	-0.187	0.286	-0.724	0.480
	상호작용항 (외로움: 배태성)	0.083	0.519	0.042	1.987	0.066†

† p <.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.001

F(5,14) = 1.138, 수정된 R 제곱 = 0.0341, p = 0.39

참고 문헌

김용학. (2007). 사회 연결망 이론. *박영사.*

김주연. (2017). 한국 노인의 사회적 연결망의 다양성과 인지기능. 한국인구학, 40(4), 1-24.

김호영. (2015). 노년기 사회적 삶과 인지기능. *한국심리학회지: 일반*, *34*(1), 225-251.

노연희, 이상균, 박현선, & 이채원. (2012). 결혼이주여성의 사회적 연결망 특성에 대한 연구: 자아중심적 연결망 분석을 통하여. *한국사회복지학*, *64*(2), 159-183.

박경순, & 박영란. (2016). 농촌 노인의 사회연결망과 건강에 관한 연구: 남녀노인 비교를 중심으로. *노인복지연구*, *71*(1), 189-213.

박경순, 박영란, & 염유식. (2017). 농촌노인의 사회연결망 유형과 웰빙. *노인복지연구*, *72*(1), 151-177.

박찬웅, & 배영. (2016). 사회적 연결망의 특성과 우울: 연결망의 유형과 크기, 밀도를 중심으로. 한국인구학, 39(4), 61-77.

서영석. (2010). 상담심리 연구에서 매개효과와 조절효과 검증: 개념적 구분 및 자료 분석 시 고려 사항. *한국심리학회지: 상담 및 심리치료*, *22*(4), 1147-1168.

손동원. 2010. 『사회네트워크분석』 서울: 경문사

손용진. (2010). 사회자본이 도시와 농어촌 노인의 우울증에 미치는 영향에 관한 연구: 성인자녀 관계망 및 사회적 관계망을 중심으로. *GRI 연구논총*, *12*(3), 311-339.

이민아. (2013). 사회적 연결망의 크기와 우울: U 자형 관계와 대인신뢰의 조절효과. 한국사회학, 47(4), 171-200.

정순둘, & 성민현. (2012). 연령집단별 사회적 자본과 삶의 만족도 관계비교. *보건사회연구*, *32*(4), 249-272.

정인과, 곽동일, 신동균, 이민수, 이현수, & 김진영. (1997). 노인우울척도 (Geriatric Depression Scale) 의신뢰도, 타당도 연구. J Korean Neuropsychiatr Assoc, 36(1).

조맹제, 배재남, 서국희, 함봉진, 김장규, 이동우, & 강민희. (1999).

DSM-III-R 주요우울증에 대한 한국어판 Geriatric Depression Scale (GDS) 의 진단적 타당성 연구. J Korean Neuropsychiatr Assoc, 38(1).

진미정·이순형·김창대(2009).『탈북인의 사회관계망과 사회적 자본』, 서울: 학지사.

홍영근, 문지혜, & 조현재. (2011). 한국판-부정적 평가에 대한 두려움 척도 Ⅱ 타당화 연구. 한국심리학회지: 일반, 30(1), 117-134.

Bartra, O., McGuire, J. T., & Kable, J. W. (2013). The valuation system: a coordinate-based meta-analysis of BOLD fMRI experiments examining neural correlates of subjective value. Neuroimage, 76, 412-427.

Baumeister, R. F., & Leary, M. R. (1995). The need to belong: desire for interpersonal attachments as a fundamental human motivation. *Psychological bulletin*, *117*(3), 497.

Bayer, J. B., O'Donnell, M. B., Cascio, C. N., & Falk, E. B. (2018). Brain sensitivity to exclusion is associated with core network closure. Scientific reports, 8(1), 1-12.

Brett, M., Anton, J. L., Valabregue, R., & Poline, J. B. (2002, June). Region of interest analysis using an SPM toolbox. In 8th international conference on functional mapping of the human brain (Vol. 16, No. 2, p. 497).

Burt, R. S. (1995). *Structural holes: The social structure of competition*. Harvard university press.

Cacioppo, J. T., & Cacioppo, S. (2018). Loneliness in the modern age: An evolutionary theory of loneliness (ETL). In *Advances in experimental social psychology* (Vol. 58, pp. 127-197). Academic press.

Cacioppo, J. T., & Hawkley, L. C. (2009). Perceived social isolation and cognition. *Trends in cognitive sciences*, *13*(10), 447-454.

Cacioppo, J. T., Cacioppo, S., & Boomsma, D. I. (2014). Evolutionary mechanisms for loneliness. *Cognition & emotion*, *28*(1), 3-21.

Cacioppo, J. T., Fowler, J. H., & Christakis, N. A. (2009). Alone in the crowd: the structure and spread of loneliness in a large social network. *Journal of personality and social psychology*, *97*(6), 977.

Cacioppo, J. T., Hawkley, L. C., Ernst, J. M., Burleson, M., Berntson, G. G., Nouriani, B., & Spiegel, D. (2006). Loneliness within a nomological net: An evolutionary perspective. Journal of research in personality, 40(6), 1054-1085.

Cacioppo, J. T., Norris, C. J., Decety, J., Monteleone, G., & Nusbaum, H. (2009). In the eye of the beholder: individual differences in perceived social isolation predict regional brain activation to social stimuli. Journal of cognitive neuroscience, 21(1), 83-92.

Carp, J. (2012). The secret lives of experiments: methods reporting in the fMRI literature. *Neuroimage*, *63*(1), 289-300.

Choi, E., Han, K. M., Chang, J., Lee, Y. J., Choi, K. W., Han, C., & Ham, B. J. (2021). Social participation and depressive symptoms in community-dwelling older adults: Emotional social support as a mediator. *Journal of psychiatric research*, *137*, 589-596.

Christensen, K. J., Multhaup, K. S., Nordstrom, S., & Voss, K. (1991). A cognitive battery for dementia: Development and measurement characteristics. *Psychological Assessment: A Journal of Consulting and Clinical Psychology*, *3*(2), 168.

Clithero, J. A., & Rangel, A. (2014). Informatic parcellation of the network involved in the computation of subjective value. Social cognitive and affective neuroscience, 9(9), 1289-1302.

Cornwell, B., Laumann, E. O., & Schumm, L. P. (2008). The social connectedness of older adults: A national profile. *American sociological review*, *73*(2), 185-203.

Cornwell, E. Y., & Waite, L. J. (2009). Social disconnectedness, perceived isolation, and health among older adults. *Journal of*

health and social behavior, *50*(1), 31-48.

D'Agostino, A. E., Kattan, D., & Canli, T. (2019). An fMRI study of loneliness in younger and older adults. *Social neuroscience*, *14*(2), 136-148.

de la Vega, A., Chang, L. J., Banich, M. T., Wager, T. D., & Yarkoni, T. (2016). Large-scale meta-analysis of human medial frontal cortex reveals tripartite functional organization. *Journal of Neuroscience*, *36*(24), 6553-6562.

Depp, C. A., & Jeste, D. V. (2006). Definitions and predictors of successful aging: a comprehensive review of larger quantitative studies. The American Journal of Geriatric Psychiatry, 14(1), 6-20.

Depp, C., Vahia, I. V., & Jeste, D. (2010). Successful aging: focus on cognitive and emotional health. *Annual Review of Clinical Psychology*, *6*, 527-550.

DeWall, C. N., & Bushman, B. J. (2011). Social acceptance and rejection: The sweet and the bitter. *Current Directions in Psychological Science*, *20*(4), 256-260.

Domènech-Abella, J., Lara, E., Rubio-Valera, M., Olaya, B., Moneta, M. V., Rico-Uribe, L. A., ... & Haro, J. M. (2017). Loneliness and depression in the elderly: the role of social network. Social psychiatry and psychiatric epidemiology, 52, 381-390.

Domènech-Abella, J., Mundó, J., Switsers, L., Van Tilburg, T., Fernández, D., & Aznar-Lou, I. (2021). Social network size, loneliness, physical functioning and depressive symptoms among older adults: Examining reciprocal associations in four waves of the Longitudinal Aging Study Amsterdam (LASA). International journal of geriatric psychiatry, 36(10), 1541-1549.

Duffy, K. A., Harris, L. T., Chartrand, T. L., & Stanton, S. J. (2017). Women recovering from social rejection: The effect of the

person and the situation on a hormonal mechanism of affiliation. *Psychoneuroendocrinology*, *76*, 174-182.

Eisenberger, N. I., Master, S. L., Inagaki, T. K., Taylor, S. E., Shirinyan, D., Lieberman, M. D., & Naliboff, B. D. (2011). Attachment figures activate a safety signal-related neural region and reduce pain experience. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *108*(28), 11721-11726.

Ellwardt, L., Wittek, R. P., Hawkley, L. C., & Cacioppo, J. T. (2020). Social network characteristics and their associations with stress in older adults: Closure and balance in a population-based sample. The Journals of Gerontology: Series B, 75(7), 1573-1584.

Fareri, D. S., & Delgado, M. R. (2014). Social rewards and social networks in the human brain. *The Neuroscientist*, *20*(4), 387-402.

Fiori, K. L., Antonucci, T. C., & Cortina, K. S. (2006). Social network typologies and mental health among older adults. The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences, 61(1), P25-P32.

Fiori, K. L., Smith, J., & Antonucci, T. C. (2007). Social network types among older adults: A multidimensional approach. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, *62*(6), P322-P330.

Goode, W. J. (1960). A theory of role strain. *American sociological review*, 483-496.

Güroğlu, B., Haselager, G. J., van Lieshout, C. F., Takashima, A., Rijpkema, M., & Fernández, G. (2008). Why are friends special? Implementing a social interaction simulation task to probe the neural correlates of friendship. Neuroimage, 39(2), 903-910.

Hare, T. A., Camerer, C. F., Knoepfle, D. T., O'Doherty, J. P., & Rangel, A. (2010). Value computations in ventral medial prefrontal

cortex during charitable decision making incorporate input from regions involved in social cognition. *Journal of Neuroscience*, *30*(2), 583-590.

Hawkley, L. C., Burleson, M. H., Berntson, G. G., & Cacioppo, J. T. (2003). Loneliness in everyday life: Cardiovascular activity, psy- chosocial context, and health behaviors. *Journal of Personality and Social Psychology*, *85*(1), 105-120.

Inagaki, T. K., Muscatell, K. A., Moieni, M., Dutcher, J. M., Jevtic, I., Irwin, M. R., & Eisenberger, N. I. (2016). Yearning for connection? Loneliness is associated with increased ventral striatum activity to close others. Social cognitive and affective neuroscience, 11(7), 1096-1101.

Israel, B. A., & Antonucci, T. C. (1987). Social network characteristics and psychological well-being: A replication and extension. *Health Education Quarterly*, *14*(4), 461-481.

Izuma, K., Saito, D. N., & Sadato, N. (2008). Processing of social and monetary rewards in the human striatum. Neuron, 58(2), 284-294.

Joo, W. T., Kwak, S., Youm, Y., & Chey, J. (2017). Brain functional connectivity difference in the complete network of an entire village: the role of social network size and embeddedness. Scientific reports, 7(1), 1-12.

Kanterman, A., Nevat, M., & Shamay-Tsoory, S. (2022). Inclusion motivation: Measuring the drive to be included in real time and how it is affected by loneliness. *Emotion*, *22*(7), 1572.

Kim, H., Kwak, S., Chey, J., & Youm, Y. (2018). Social network position predicts loneliness in novel individuals. *Innovation in Aging*, *2*(Suppl 1), 999.

Kim, H., Kwak, S., Youm, Y., & Chey, J. (2022). Social network characteristics predict loneliness in older adults. *Gerontology*, *68*(3), 309-320.

Kim, M. J., & Sul, S. (2023). On the relationship between the social brain, social connectedness, and wellbeing. *Frontiers in Psychiatry*, *14*, 1112438.

Kim, O. S. (1997). Korean version of the revised UCLA loneliness scale: Reliability and validity test. The Journal of Nurses Academic Society, 27(4), 871-879.

Knowles, M. L., Green, A., & Weidel, A. (2014). Social rejection biases estimates of interpersonal distance. *Social Psychological and Personality Science*, *5*(2), 158-167.

Kontis, V., Bennett, J. E., Mathers, C. D., Li, G., Foreman, K., & Ezzati, M. (2017). Future life expectancy in 35 industrialised countries: projections with a Bayesian model ensemble. The Lancet, 389(10076), 1323-1335.

Kwak, S., Joo, W. T., Youm, Y., & Chey, J. (2018). Social brain volume is associated with in-degree social network size among older adults. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 285(1871), 20172708.

Leary, M. R. (1983). A brief version of the Fear of Negative Evaluation Scale. *Personality and social psychology bulletin*, *9*(3), 371-375.

Lieberman, M. D., & Cunningham, W. A. (2009). Type I and Type II error concerns in fMRI research: re-balancing the scale. *Social cognitive and affective neuroscience*, *4*(4), 423-428.

Lin, N. (2017). Building a network theory of social capital. *Social capital*, 3-28.

Lin, N. 2001. Social capital: A theory of social structure and action. NY: Cambridge University Press.

Luo, M., & Li, L. (2022). Social isolation trajectories in midlife and later-life: patterns and associations with health. International Journal of Geriatric Psychiatry, 37(5).

Luo, Y., Hawkley, L. C., Waite, L. J., & Cacioppo, J. T. (2012). Loneliness, health, and mortality in old age: A national longitudinal study. Social science & medicine, 74(6), 907-914.

Maner, J. K., DeWall, C. N., Baumeister, R. F., & Schaller, M. (2007). Does social exclusion motivate interpersonal reconnection? Resolving the" porcupine problem.". Journal of personality and social psychology, 92(1), 42.

Mars, R. B., Neubert, F. X., Noonan, M. P., Sallet, J., Toni, I., & Rushworth, M. F. (2012). On the relationship between the "default mode network" and the "social brain". Frontiers in human neuroscience, 6, 189

Martín-María, N., Caballero, F. F., Miret, M., Tyrovolas, S., Haro, J. M., Ayuso-Mateos, J. L., & Chatterji, S. (2020). Differential impact of transient and chronic loneliness on health status. A longitudinal study. *Psychology & Health*, *35*(2), 177-195.

Mitchell, J. C. (Ed.). (1969). *Social networks in urban situations: analyses of personal relationships in Central African towns*. Manchester University Press.

Moen, P. (2001). The gendered life course.

Moll, J., Krueger, F., Zahn, R., Pardini, M., de Oliveira-Souza, R., & Grafman, J. (2006). Human fronto-mesolimbic networks guide decisions about charitable donation. *Proceedings of the National Academy of the Sciences, U.S.A.*, 103, 15623-15628.

Moody, J., & White, D. R. (2003). Structural cohesion and embeddedness: A hierarchical concept of social groups. *American sociological review*, 103-127

O'Connor, M. F., Wellisch, D. K., Stanton, A. L., Eisenberger, N. I., Irwin, M. R., & Lieberman, M. D. (2008). Craving love? Enduring grief activates brain's reward center. *Neuroimage*, *42*(2), 969-972.

OECD (2018), Working Better with Age: Korea, Ageing and

Employment Policies, OECD Publishing, Paris.

Perlman, D., & Peplau, L. A. (1981). Toward a social psychology of loneliness. Personal relationships, 3, 31-56.

Phan, K. L., Sripada, C. S., Angstadt, M., & McCabe, K. (2010). Reputation for reciprocity engages the brain reward center. *Proceedings of the National Academy of the Sciences*, 107, 13099-13104.

Pizzagalli, D. A. (2014). Depression, stress, and anhedonia: toward a synthesis and integrated model. *Annual review of clinical psychology*, *10*, 393-423.

Qualter, P., Vanhalst, J., Harris, R., Van Roekel, E., Lodder, G., Bangee, M., ... & Verhagen, M. (2015). Loneliness across the life span. *Perspectives on Psychological Science*, *10*(2), 250-264.

Quarmley, M. E., Nelson, B. D., Clarkson, T., White, L. K., & Jarcho, J. M. (2019). I knew you weren't going to like me! Neural response to accurately predicting rejection is associated with anxiety and depression. *Frontiers in behavioral neuroscience*, *13*, 219.

Rowe, J. W., & Kahn, R. L. (1997). Successful aging. The gerontologist, 37(4), 433-440.

Russell, D. W. (1996). UCLA Loneliness Scale (Version 3): Reliability, validity, and factor structure. *Journal of personality assessment*, *66*(1), 20-40.

Saporta, N., Scheele, D., Lieberz, J., Nevat, M., Kanterman, A., Hurlemann, R., & Shamay-Tsoory, S. G. (2023). Altered activation in the action observation system during synchronization in high loneliness individuals. Cerebral Cortex, 33(2), 385-402.

Seidman, S. B. (1983). Network structure and minimum degree. *Social networks*, *5*(3), 269-287.

Shankar, A., Hamer, M., McMunn, A., & Steptoe, A. (2013). Social

isolation and loneliness: relationships with cognitive function during 4 years of follow-up in the English Longitudinal Study of Ageing. Psychosomatic medicine, 75(2), 161-170.

Shintel, H., Nusbaum, H. C., & Cacioppo, J. T. (2006). Accentuate the negative, eliminate the positive? Individual differences in attentional bias to positive and negative information. In *47th Annual Meeting of the Psychonomic Society*.

Sieber, S. D. (1974). Toward a theory of role accumulation. American sociological review, 567-578.

Singh, A., & Misra, N. (2009). Loneliness, depression and sociability in old age. Industrial psychiatry journal, 18(1), 51.

Slater, P. E. (1963). On social regression. *American sociological review*, 339-364.

Smith, D. V., Clithero, J. A., Boltuck, S. E., & Huettel, S. A. (2014). Functional connectivity with ventromedial prefrontal cortex reflects subjective value for social rewards. *Social cognitive and affective neuroscience*, *9*(12), 2017-2025.

Smith, K. E., & Pollak, S. D. (2022). Approach motivation and loneliness: Individual differences and parasympathetic activity. *Psychophysiology*, *59*(8), e14036.

Spithoven, A. W., Bijttebier, P., & Goossens, L. (2017). It is all in their mind: A review on information processing bias in lonely individuals. *Clinical Psychology Review*, *58*, 97-114.

Spreng, R. N., & Andrews-Hanna, J. R. (2015). The default network and social cognition. Brain mapping: An encyclopedic reference, 1316, 165-169.

Stokes, J. P. (1985). The relation of social network and individual difference variables to loneliness. Journal of Personality and Social Psychology, 48(4), 981.

Taylor, M. J., Arsalidou, M., Bayless, S. J., Morris, D., Evans, J. W., & Barbeau, E. J. (2009). Neural correlates of personally familiar

faces: parents, partner and own faces. *Human brain mapping*, *30*(7), 2008-2020.

Thoits, P. A. (1982). Conceptual, methodological, and theoretical problems in studying social support as a buffer against life stress. *Journal of Health and Social behavior*, 145-159.

Tomova, L., Wang, K. L., Thompson, T., Matthews, G. A., Takahashi, A., Tye, K. M., & Saxe, R. (2020). Acute social isolation evokes midbrain craving responses similar to hunger. *Nature neuroscience*, *23*(12), 1597-1605.

Valtorta, N. K., Kanaan, M., Gilbody, S., & Hanratty, B. (2018). Loneliness, social isolation and risk of cardiovascular disease in the English Longitudinal Study of Ageing. *European journal of preventive cardiology*, *25*(13), 1387-1396.

van den Bos, W., McClure, S. M., Harris, L. T., Fiske, S. T., & Cohen, J. D. (2007). Dissociating affective evaluation and social cognitive processes in the ventral medial prefrontal cortex. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *7*, 337-346.

van Roekel, E., Ha, T., Scholte, R. H., Engels, R. C., & Verhagen, M. (2016). Loneliness in the Daily Lives of Young Adults: Testing A Socio-Cognitive Model. *European Journal of Personality*, *30*(1), 19-30.

Vanhalst, J., Luyckx, K., Van Petegem, S., & Soenens, B. (2018). The detrimental effects of adolescents' chronic loneliness on motivation and emotion regulation in social situations. Journal of Youth and Adolescence, 47, 162-176.

Yankouskaya, A., Humphreys, G., Stolte, M., Stokes, M., Moradi, Z., & Sui, J. (2017). An anterior-posterior axis within the ventromedial prefrontal cortex separates self and reward. *Social cognitive and affective neuroscience*, *12*(12), 1859-1868.

Yarkoni, T., Poldrack, R. A., Nichols, T. E., Van Essen, D. C., & Wager, T. D. (2011). Large-scale automated synthesis of human functional neuroimaging data. *Nature methods*, *8*(8), 665-670.

Yesavage JA, Brink TL, Rose TL, Lum O, Huang V, Adey M, Von Otto(1983) : Development and validation of a geriatric depression screening scale : a preliminary report. J Psychiatry Res 17 : 37-49

Zerubavel, N., Bearman, P. S., Weber, J., & Ochsner, K. N. (2015). Neural mechanisms tracking popularity in real-world social networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *112*(49), 15072-15077.

Zerubavel, N., Hoffman, M. A., Reich, A., Ochsner, K. N., & Bearman, P. (2018). Neural precursors of future liking and affective reciprocity. Proceedings of the National Academy of Sciences, 115(17), 4375-4380.

Zhong, B. L., Chen, S. L., & Conwell, Y. (2016). Effects of transient versus chronic loneliness on cognitive function in older adults: Findings from the Chinese Longitudinal Healthy Longevity Survey. The American Journal of Geriatric Psychiatry, 24(5), 389-398.

Abstract

Moderating Effects of Social Network Characteristics in the Association between Loneliness and Neural Response to Face Viewing Task in Older adults

Undrakh Tuguldur
Department of Psychology
The Graduate School
Seoul National University

Human beings possess a fundamental drive to seek social belonging. However, older adults may experience an increased vulnerability to social isolation stemming from various life events. Loneliness, as a subjective facet of social isolation, is emotional distress resulting from the discrepancy between desired and actual relationship. While most individuals effectively manage transient loneliness, some struggle to cope, worsening transient loneliness into chronic loneliness. From an evolutionary perspective, loneliness is an adaptive signal which informs the social needs are not being fulfilled. Social connection not only alleviates loneliness but is also rewarding in itself. Consequently, when feeling lonely, individuals strive to fulfill

their social desires. However, not all individuals seek to seek social connections; some may avoid others to protect themselves from potential social threats, in cases where the possibility of social connection is low. Social networks form the foundation of social capital, offering social resources, where structural aspects of these networks provide opportunities for social connections. In this study, functional magnetic resonance imaging (fMRI) was employed to investigate whether late-life loneliness leads to activation in the reward area, and further explore whether the relationship between late-life loneliness and activation in the reward areas is moderated by the structural characteristics of the social network, particularly focusing on the brokerage and embeddedness. To achieve these aims, healthy older adults residing in a rural village in Korea were surveyed, and the complete social network within the community was mapped. Subsequently, fMRI experiments were conducted using a Round-robin face viewing task, which presenting participants with images of familiar faces from their social network, their own face, and ghost images. Loneliness was assessed using the Korean version of the revised-UCLA Loneliness scale, while brokerage and embeddedness were calculated based on the complete social network. The final analysis included data from 20 participants who completed both psychological surveys and brain imaging sessions. The study findings revealed that higher levels of loneliness significantly predicted decreased activation in the ventromedial prefrontal cortex (vmPFC). However, this relationship was not significantly influenced by the structural characteristics of the social network. Conversely, the activation of the ventral striatum(VS) in response to loneliness was significantly moderated by the brokerage and embeddedness. Specifically, in older adults with lower levels of brokerage and embeddedness, higher loneliness was associated with a significant

reduction in the ventral striatum(VS) activation, whereas this relationship was not significant among older adults with higher levels of brokerage and embeddedness. These findings suggest that older adults who experience higher loneliness may perceive the faces of village residents as less rewarding in terms of social connection. This tendency is more pronounced in older adults who are socially isolated and possess limited social capital. Therefore, this study suggests the necessity of interventions considering the characteristics of social networks in addressing late life loneliness.

Keywords : Loneliness, Round-Robin Face Viewing Task, Reward Area, Social Capital, Brokerage, Embeddedness
Student Number : 2021-24009