

전통적인 통증이론

이 은 옥
(서울의대 간호학과 교수)

수많은 사람들이 항상 통증으로 괴로워하고 있으며 간호원은 환자의 통증을 경감시켜 주는데 일차적인 목적을 가지고 통증에 대한 이해와 그 제거방법에 많은 관심을 기울여 왔다.

그러나 통증의 기전 및 통증제거 방법에 많은 분야에서 관심을 갖고 다양한 연구가 이루어졌어도 통증의 정의가 주관적이고 광범위하여 아직도 이렇다 하게 확고한 하나의 이론이 정립되지 않고 다양한 이론을 적용하고 있다. 즉 통증이론들은 통증조절 방법을 개발시키고 통증조절 방법의 이론적 근거를 설명했지만 현재까지 제시된 통증이론들은 통증완화 방법은 물론 인간이 경험하는 통증이 복잡함을 보여주었고, 또한 통증을 부분적으로 밖에 설명하지 못하고 있다. 간호원들은 이런 통증이론 중 필요한 지식을 가려내어 통증을 완화시키는 간호에 이용할 수 있어야겠다. 통증은 오랫동안 순수 생리기전으로 간주되어 감각적 측면에서만 다루어져 왔으며 최근까지도 이런 측면에서만 통증을 설명하려 하기 때문에 이해할 수 없는 통증반응이 있다. 그리하여 최근에는 통증을 시간, 공간, 강도를 포함한 감각영역, 정서적 영역, 인지적 영역 및 동기화 영역으로 구성된 복합적인 현상으로 보게 되었다.

그러면 과거부터 현재까지 많이 이용되고 있는 통증이론에 대해 살펴보자.

1. 특이성 이론(specificity theory)

특이성 이론(specificity theory)은 통증이론

중 전통적이고 기본적인 이론이다. 이 이론은 피부와 다른 내부조직에 분포된 통각 수용기를 통하여 뇌에 있는 중추로 통각신호가 전달된다는 것이다. 이런 고전적 이론은 1644년 Descartes에 의해서 설명되었다. Von Frey는 1894년과 1895년 사이에 촉각, 온각, 냉각, 통각과 같은 4가지 주요 피부감각 전달로는 각각 뇌의 특정 부위에 중추를 갖고 있다고 가정하였다. Von Frey는 통각 수용기로 기능하는 신경의 말단이 표피에 널리 분포된 것을 발견할 수 있으므로 전신적으로 통각을 느낄 수 있다고 추론하였다.

다른 이론가들은 유수신경 중 직경이 작은 A^δ 섬유(small fiber)와 신경전도가 느린 무수신경(slow fiber)인 C섬유에 의하여 특정 신경로를 통하여 통증신호가 중추에 전달된다고 이론을 구체화 하였다. 즉 이런 말초 신경섬유는 척수의 후근(dorsal roots)을 통하여 척수로 들어가 리사우어로(Lissauer tract)를 지나 척수 회백질 후각에 있는 뉴런에서 끝나며 이 섬유는 전교련(anterior commissure)에서 척수 반대편으로 교차하여 척수시상로(spinothalamic tract)와 척수 망상체로(spino reticular tract)를 통하여 대뇌까지 올라간다. 통증 신경로가 대뇌에 도달하면 주로 A^δ섬유로 된 찌르는 듯한 통증(pricking pain) 신경로와 주로 C섬유로 이뤄진 화끈거리는 통증(burning pain) 신경로로 분리된다.

찌르는 듯한 통증(pricking pain) 신경로는 복저핵(ventrobasal complex)에서 시상(thalamus)으로 들어가 대뇌피질의 체성감각중추(somatic sensory cortex)로 전달된다. 화끈거리는 통증

(burning pain) 신경로는 뇌간망상체(brain stem's reticular area)와 시상의 관내핵(intralaminar nuclei)에서 끝난다. 이 이론에서 통증신호는 대뇌의 모든 영역에 전달되며 특히 시상을 통하여 전달된다. 또한 대뇌피질 모든 부위와 신상주변 특히 시상하부 주변의 대뇌기저부에 도 전달된다고 한다.

이 이론은 완화되지 않는 심한 통증을 치료하기 위해 상용하는 외과적 방법을 설명할 수 있다. 이런 외과적 방법에는 척수전삭절단술(chordotomy), 연수신경로 절개술, 시상의 관내핵(intralaminar nuclei) 부위의 박리등이 있다. 그리하여 이 이론은 아직까지도 해부학과 생리학 교과서에서 빼 수 없는 내용이 되고 있다.

그러나 이 이론은 작열통(causalgia), 환상지통(phantom limb pain) 및 말초 신경통을 설명해 주지 못한다. 또한 전쟁터블 떠나면 통증이 약화되고 같은 통증자극에 대해 문화권마다 반응정도가 다르고, 과거의 통증경험에 따라 다르게 반응하며 파블로프 실험에 의해 개에게 통증자극을 주면 통증반응 대신에 먹는 행위가 나타나는 것을 볼 수 있다. 이와같이 여러 변수에 따라 통증은 다르게 지각될 수 있는데, 이 이론은 이러한 총체적 측면의 통증을 설명해 주지 못하고 있다.

2. 형태이론(pattern theory)

Goldscheider는 자극강도와 중추에서의 가중(summation)이 통증지각의 주요 요인이라고 주장하였다. 그후 Weddell과 Sinclair는 말초형태이론(peripheral pattern theory)으로 이 이론을 발전시켰다. 이 이론에서는 말초자극이 가해지면 중추에서 통증이라고 해석하게 되는 신경자극 형태가 만들어진다고 생각하였다. 그후 Goldscheider의 주장에 따라 중추성형태가중이론(central pattern summation theory)을 제시하였다. Living stone은 이 형태이론이 환상지통, 작열통(causalgia) 및 신경통에서의 가중현상(summation phenomenon)을 설명하는 특수한 신경기

전이라고 제시하였다. 사지에 가해진 강렬한 병리적 자극이나 사지의 절단은 척수활동을 자극하여 비정상적 자극반상 형태가 형성된다. 중추에서 이런 신경자극이 모두 합해지면 이를 통증이라고 해석한다. 이런 신경활동의 반사는 척수의 측각(lateral horn)과 전각(ventral horn)으로 확산되어 비정상적인 척수활동이 지속된다.

Noordenbos와 같은 형태이론가들은 형태 통증이론에 감각상호작용 개념(sensory-interaction concepts)을 첨가하였다. 여기서 직경이 작은 섬유(small fiber)는 통증전달을 방해한다고 하였다. 직경이 작은 섬유(small fiber)로부터 전달된 자극이 쌓이면 뇌에서 통증이라고 해석하는 신경형태가 형성된다. 직경이 굵은 섬유는 직경이 작은 섬유의 자극전달을 방해하고 신경자극이 중추에 축적되는 것을 막을 수 있고 굵은 섬유의 기능이 상실되면 통각전달을 방해하는 능력을 상실하고 중추에 통각자극이 전달되어 비정상적 통증현상이 일어난다는 것이다. 직경이 작은 섬유를 파괴하고 신경자극의 가중을 방해하는 굵은 섬유를 남겨두는 교감신경 절제술, 치료후 나타나는 환상지통 및 삼차신경통(trigeminal neuralgia)은 Noordenbos의 개념으로 설명될 수 있게 되었다.

그러나 이런 형태이론도 여러가지 복합적인 질문에 이론적으로 답하지 못하고 있다.

3. 정서이론(affect theory)

수세기에 걸쳐 철학자, 신학자 및 심리학자들은 통증의 정서적 영역에 대한 이론을 전개하였다. 통증은 불안, 암시 및 특수 상황에서의 통증의 미등 수많은 변수에 따라 달라진다. Aristotle은 통증을 '즐거움의 반대'라고 정의내렸다. Freud는 즐거움은 통증이 없는 것이라고 했다. Hardy, Wolff 및 Goodell은 정서는 통증과 연결되었고 통각은 통증경험의 일부분이며 통각 자체가 통증의 주요 특성일 수 없다고 하였다. Zborowski는 통증반응은 개인이 속한 문화집단의 행동규범에 따라 학습되고 형태를 이룬다고

하였다. 그러므로 좀 더 진보되고 포괄적이며 총체적인 측면의 통증이론을 위해 동기화, 정서 및 인지영역을 고려해야 할 필요성이 인정되었다.

4. 관문통제이론(Gate-control theory)

1965년 Melzack과 Wall이 처음으로 통증의 관문통제 이론에 대해 서술하였다. 이 이론은 척추의 관문효과로 인하여 통증자극이 감소되어 지각될 수 있음을 설명한다. Lamina II와 III에 있는 척수내 후각(dorsal horn)에 교야질(substantia gelatinosa)이라는 관문이 있어서 신경자극이 척수내의 전도세포(transmission cell)로 전달되는 것을 조절한다고 가정하였다. 물리적 수용기에 의해 접수되는 대형 감각섬유는 척수의 개재뉴런(interneuron)과 전도세포에 빠른 자극을 전도한다. 이러한 자극은 전시냅스성 축삭단말(presynaptic axon terminal)에서의 전달물질의 방출을 차단하므로써 통각전달을 차단한다는 것이다.

통증을 전달하지 않는 굵은 섬유(large fiber) 즉 A^δ섬유는 통증을 Lamina V에 전달하지 않고 직접 척수후주(dorsal column)를 통해 급속히 대뇌피질로 전달한다. 반면 통증을 전달하는 직경이 작은 섬유(small fiber) 즉 A^δ섬유와 C섬유가 자극을 받으면 관문이 열려 전도세포에 전달된다. 이 이론은 생리학적인 실험결과와 심리적 및 임상적 관찰에서 도출된 자료에 근거를 두고 있다. 곧 관문통제기능은 뇌에서 내려오는 신경자극에 의하여 억제되기도 한다.

통각자극이 대뇌에 전달될 때 대뇌의 특정부위에 따라 각기 다른 기능을 하며 이들이 상호연관되어 있음을 제시하고 있다. 이들 영역은 감각구분영역(sensory-discriminative dimension), 동기유발정의영역(motivational-affective dimension), 및 중추통제 및 인지평가영역(central control and cognitive-evaluative dimension)이다.

감각구분영역은 신척수시상로(neospino thala-

mic tract)와 측시상핵으로 알려졌는데 신척수시상로는 후각의 lamina V 세포에서 시작되어 신척수시상로 투사제를 통하여 측시상핵과 복저시상(ventro basal thalamus)까지 연결되고 있다.

1975년 Bovie와 Perl은 감각구분영역에서 파악된 통증의 기간, 위치 및 정도가 시상대뇌피질투사(thalamocortical projection)에 의해 체성감각중추(somatosensory cortex)에 전해지는 것을 발견하였고, Eidelberg등은 이런 시상대뇌피질투사가 척수후주를 통한 대뇌피질투사(cortical projection)와 동시에 발생함을 발견하였다. 이들 연구를 통하여 대뇌피질이 감각구분영역을 지배하여 감각자극을 평가하고 수정한다는 결론을 얻게 되었다.

신경자극이 Lamina V에서 시작하여 구척수시상계(paleospino thalamic system)와 척수망상계(spinothalamic system)를 통해 망상계(reticular system)와 변연계(limbic system)에 이르러 그 부위를 활성화시키면 강력한 동기유발과 불쾌감정이 나타나는 데 이러한 기능영역을 동기유발정의 영역이라고 한다.

그런데 구척수시상로와 척수망상로는 해부학적으로 뇌간(brain stem)의 내측으로 망상체(reticular formation)와 시상의 중앙관내핵(midline intralaminar thalamic nuclei)에서 시냅스를 이루고 있다고 여러 연구에서 밝혀졌다. 그외 여러 연구를 통해 변연계는 전두엽 피질과 연결되어있고 동기유발정의영역에서 중요부위임이 밝혀졌다.

중추통제 및 인지평가영역은 1965년 Melzack과 Wall이 제안한 중추조절유발(central control trigger) 개념과 관계있다. 중추조절유발은 몇 개의 대뇌피질과정을 활성화시키는 기전으로 1968년 Melzack과 Casey는 이 개념을 더욱 구체화시켜, 이는 굵은 섬유로 구성되어 자극을 빨리 전달하는 체계로 제시하였고 이는 특정 대뇌부위로 자극을 전달한다는 것이다.

척수후주는 1차 및 2차 구심성 신경섬유를 가지고 있는데 과거에는 이들이 통증이 없는 정보

만 전달하는 것으로 알려졌다. 그러나 Uddeberg는 척수후주의 후시냅스성 신경섬유가 통증에 관계된 정보를 전달함을 보여주었다. 따라서 척수후주의 1차 구심성 신경섬유는 일반정보를 전달하며 2차 신경섬유는 통증을 전달하는 것으로 입증되었다. 즉 높은 섬유가 통각자극을 받으면 이 자극은 척수후주내의 2차 구심성섬유를 통해 대뇌피질에 도착한다. 대뇌는 감각구분영역, 동기유발정의 영역 및 전도세포(Lamina V) 보다 더 높은 중추신경계로 작용하여 이들 영역에서의 통증지각과 그로 인한 반응을 통제하는 기능을 갖고있다. 즉 대뇌는 인지기능을 동원하여 대뇌피질척수 신경섬유(corticospinal fiber)와 중추통제 원심성 신경섬유(central-control efferent fiber)에 의해 전도세포를 직접적으로 그리고 재빨리 억제한다. 또한 대뇌피질망상로(corticoreticular tract)와 망상척수로(reticulospinal tract)를 통하여 억제하기로 한다. 뿐만 아니라 중추조절 원심성 신경섬유는 이러한 억제과정에서 대뇌 특정부위의 기능인 과거 경험의 기억, 기존 반응방법, 당시의 정서상태 및 통증에 대한 관심도가 중요한 결정요인이 된다고 하였다.

중추통제 및 인지평가 영역을 다시 말하면 작은 섬유를 통해 서서히 감각구분영역과 동기유발정의 영역에 도착하여 지각된 내용은 시상-대뇌피질투사(thalamo-cortical projection)를 통해 대뇌피질에 전달되며 이 부위에는 이미 재빨리 척수후주를 통해 전달된 message가 있어서 그러한 정보는 모두 재평가되고 재조정된다.

대뇌의 특정부위에 따른 통증 결정요소인 위의 3가지 영역의 기능이 상호작용하여 운동기전의 반응의 역할을 믿고 있는 운동기전(motor mechanism)이 있다.

다른 이론가들은 Melzack과 Wall이 관문통제 이론을 척수의 교야질에 국한하여 설명하는 것으로 이해하여 이 이론을 반박하고 있지만 그들은 다른 어느 학자들 못지않게 통증인지의 여러 측면을 다루고 있다. 그리하여 통증의 관문통제 이론은 현재 통증 이론중 가장 중요한 위치를

차지하고 있다. 이 이론은 연구자와 임상가들에게 다각적 측면에서 통증을 해석하게 했으며 더욱 통증관리법 연구를 자극하였다.

이 이론으로 지지될 수 있는 통증조절법은 침술, 행동수정법, 등마찰, 마사지, 접촉(touch)과 같은 자극요법, 임신·분만중의 Lamaze법, 피부를 통한 전기신경자극, 피하말초신경자극 및 후주(dorsal column) 자극기를 통한 전기자극등이다.

최근 관문통제이론은 연구결과를 통해 상해(통증) 신호나 다른 유형의 구심성 자극 및 원심성 통제등의 지배를 받는 관문통제조직에 의해 통증이 뇌에 어떻게 전달되는지를 보여주고 있다.

5. 시상뉴론이론(thalamic neuron theory)

이 이론에서는 만성통증을 지배하는 중추가 있다는 것이다. 즉 시상(thalamus)의 뉴론이 대개의 통증, 특히 만성통증을 지배한다는 생리학에 근거를 둔 이론으로서 통증이 발생하면 말초뉴론에서 척수, 시상까지 전달된다는 것이다.

이런 통증이론이 가정하는 것은 다음과 같다.

- 말초와 감각피질 사이의 중간 뉴론은 말초로부터의 감각자극을 전달하고, 자율적으로 기능하며 과흥분 상태를 유지한다.
- 정상적인 감각자극일지라도 과흥분된 개재뉴론을 통과하면 통증을 느낄 수 있다.
- 시상뉴론도 자율적이면서 과흥분상태를 유지시킬 수 있는 뉴론 중 하나이다.
- 시상뉴론에 반복하여 자극이 전달되면 자극의 성질과 자극전 뉴론의 흥분상태에 따라 시상뉴론은 흥분상태를 높이거나 낮출 수 있다.

시상뉴론 이론이란 만성 통증은 신체 부위에 따라 통증을 대표하는 시상의 고유한 뉴론이 있어서 이들 뉴론이 통증의 근원이 된다는 것이다. 급성 통증이나 외상시 이런 뉴론이 과흥분하여 오랫동안 흥분상태를 지속한다. 가끔 외상부위의 말초자극 없이도 비정상적으로 시상뉴론이 흥분을 일으킬 수도 있다. 외상이 치료되었음에

도 불구하고 치료후 몇 일 혹은 몇 주뒤 손상부위의 만성 통증을 느끼는 경우가 있다. 이와 같은 뉴런의 과흥분 상태가 지속되고, 통증의 원인적 요인을 제거하더라도 통증은 경감되지 않는다.

시상에는 신체 각 부위가 표시되어 있고 뉴런 시냅스는 세로축을 따라 연결되었다고 가정한다.

시상뉴런 이론으로 침술진통법, 헬페스성 신경통, 테니스 선수의 상과염(epicondylitis), 골관절염시 통증을 설명할 수 있다. 환상지통은 진통제나 마약으로 치료되기도 하지만 사지절단 전이나 절단과정, 또는 그후에 신경을 차단하여 시상에 과도한 통증자극이 전달되어 과흥분상태가 되는 것을 막아야 치료될 수 있다.

이 이론은 현재 시작단계에 있으므로 앞으로 더욱 연구할 필요가 있는 이론이다.

6. 내인성 통증통제 이론(endogenous pain-control theory)

내인성 통증통제이론은 세가지 수준(중뇌, 연수, 척수)에서 조직된 통증억제계(pain suppressive system)를 포함한다.

중뇌에는 통증을 억제시키는 가장 중요한 부위로 도수관측부회백질(periaqueductal gray)이 있는데 여기에 enkephalins(내인성, 몰핀과 유사한 뇌의 호르몬)이 많이 존재한다. 이는 도수관측부회백질에 극소량의 마약을 주사할 때 통증이 억제되는 것으로 설명된다. 연수에서는 대봉선핵(nucleus raphe magnus) 조직을 포함하는 serotonin(5-hydroxy-tryptamine)과 인접한 nucleus reticularis magnocellularis는 도수관측부회백질로부터 들어오는 흥분을 받아들여 원심성 신경섬유를 통해 척수로 보낸다. 척수에서는 대봉선핵(nucleus raphe magnus)과 nucleus reticularis magnocellularis로부터 오는 원심성 신경 섬유는 척수후각의 lamina I 과 V에 있는 통증전달 세포를 단절시키기 위해 배측삭(dorsolateral funiculus)으로 내려간다. 결국 대봉선

핵(nucleus raphe magnus)과 nucleus reticularis magnocellularis는 통증전달뉴런을 억제시키는 효과를 지닌다.

P를 함유한 물질에 의해 활성화되는 직경이 작은 구심성 통증전달뉴런은 척수상부로 투사되며 nucleus reticularis gigantocellularis를 통하여 하향하는 진통체계와 간접적으로 만난다. 내인성 통증조절(endogenous pain-control) 조직은 연수 수준의 뉴런을 함유하는 catecholamine(norepinephrine)이 척수의 배측삭(dorsolateral funiculus)의 통증통제조직을 활성화시킨다고 가정하고 있다.

이런 내인성 통증억제 체계는 부분적으로 endorphine(뇌하수체에서 분비되는 천연몰핀)의 조절에 의해 이뤄지고, serotonin 기전도 관여한다. 또한 내인성 통증억제조직은 통증전달을 방해하는 원심성 통증신경로를 활성화시키며 특히 통증자극을 받았을 때 활성화된다. 말초의 통증자극은 통증이 지각될 때까지는 통증전달뉴런(척수—시상 뉴런)을 활성화시킨다. 이는 그후 통증억제조직을 작동하며 결국 척수와 삼차신경의 통증전달뉴런은 방해받게 된다. 일부 연구는 통증자극이 계속될 때 역 되먹이계(negative feedback system)가 가장 효과적으로 됨을 보여준다. 역 되먹이계(negative feedback system)의 연쇄적 고리는 통증전달뉴런의 흥분발사를 통제함으로써 통증지각을 감소시킬 것이다. 이런 통증모형은 인간의 통증경험에 근거해서 설명은 되지만 더욱 다양한 연구를 통해 복잡한 문제를 구체화시켜 실증할 필요가 있다.

이상에서 살펴본 바와같이 조단간에 통합적 측면의 통증이론이 개발되어야 할 필요성이 있다. 앞으로 이런 통합된 이론이 출현되지 않는다 하더라도 통증에 대한 연구와 이론구축을 위한 노력은 계속될 것이다. 즉 통증을 해결하여 인류생활의 안녕에 기여하려는 끊임없는 시도에 간호원도 참여하여 통증조절에 대한 통합적인 접근과 연구를 계속해야 할 것이다.