

Nitrous Oxide를 이용한 흡입진정

단국대학교 치과대학 마취과학교실

윤 형 배

서 론

치과라 하면 대부분의 사람들은 두려움과 통증을 연상하게 된다. 사람들이 치과에서 느끼는 두려움의 종류는 여러 가지가 있으나 치과 치료 자체 보다 의사가 자기 입안을 들여다보고 웃는다든지 국소마취제를 주입할 때 느끼는 통증이 무서우나 주입하기 전 주사기를 들고 있는 것도 무섭다는 보고가 있는 것을 볼 때 환자가 느끼는 두려움의 종류는 다양하다(Gale, 1972). 이런 두려움을 무시하고 치료를 하는 경우 건강한 사람이라도 stress의 증가로 인한 여러 증상이 나타날 수 있다(syncope, hyperventilation syndrome). 심장질환 같은 질환을 수반한 환자에게 이와 같은 stress를 부가하는 경우 질병이 악화되어 생명이 위협할 수 있다.

최근 치과 치료에 대해 두려움에 대한 치과의사들의 인식의 변화와 환자들이 좀 더 아프지 않고 두려움이 없는 치료를 받기 원하기 때문에 치과 영역에서 nitrous oxide를 사용한 흡입진정의 사용이 증가되고 있다. 치과 환자의 진정 방법에는 여러 가지가 있다. 약물을 사용한 방법과 약물을 사용하지 않고 진정 상태를 유발하는 방법으로 대별된다. 약물을 사용하지 않는 방법에는 의원성 진정(Introsedation), 최면술, 침술(Santamaria, 1990) 등의 방법이 있지만 의원성 진정 방법을 제외한 다른 방법들은 항상 일정하게 모든 환자에게 적용되지 않는 단점이 있다.

여기서는 약물을 이용한 진정요법에 대해 언급하고자 한다. 치과 의사에게 좀더 친숙하고 숙달된 약물 투여 방법에는 경구 투여, 근육 투여, 정맥 투여, 흡입 투여 방법 등이 있다. 이 방법들은 서로 장, 단점을 지니고 있으나 이 중에서도 투여하기가

간편하고 비교적 안전한 방법인 nitrous oxide를 사용한 흡입 투여 방법에 대해 언급하고자 한다.

본 론

치과 치료에 대한 걱정과 불안 공포를 덜어 주기 위한 약물을 사용한 진정 방법에는 다음과 같은 방법이 있다. 아래 열거한 방법 중 어느 방법을 선택 하든 치과 치료 시 안전을 위해서는 환자의 중추신경 억제가 심하지 않아 환자 스스로가 기도유지를 할 수 있어야 하고 구두 명령에 반응을 나타내어야 한다(의식하진정). 이 방법들에 대해서 간단히 언급 하면 다음과 같다.

1) 경구투여 방법

환자에게 가장 간편하게 사용할 수 있고, 약물 투여량과 관계가 있지만 약물의 부작용이나 중추신경계 억제 작용이 다른 방법에 비해 약하게 나타난다는 장점이 있으나 약리 작용 발현이 늦고, 흡수가 일정하지 않아 titration을 할 수 없어 의사가 진정 효과를 조절 할 수 가 없다. 즉 진정이 충분히 안 된 경우 추가 용량을 투여 할 수 없고, 과진정이 된 경우 약물을 회수 할 수가 없다는 단점이 있다. 처음 투여 할 때 정확한 양을 투여해야 한다. 일반적으로 투여 된 약물의 효과가 치과치료에 적합한 시간 보다 더 오래 중추신경 억제 작용이 지속되므로 치료 후 지속적인 관찰이 필요하다.

2) 근육투여 방법

경구투여에 비해 약리 작용이 빨리 나타나지만 경구 투여와 같이 진정효과의 조절작용이 불가능하다.

3) 정맥투여 방법

다른 방법에 비해 진정효과를 조절할 수 있으나, 진정깊이가 깊은 경우는 일부 약제(benzodiazepine, morphine)를 제외하고는 낮추기 힘들다.

4) 흡입투여 방법

진정효과를 투여자 마음대로 조절할 수 있고, 투여를 중지하면 중추신경 억제 효과가 즉시 없어지므로 치과치료가 끝난 후 안심하고 귀가시킬 수 있다.

Nitrous oxide를 사용한 흡입진정

장점

일부 논문에서는 창자내의 박테리아에 의해 in vitro에서 N2로 대사가 된다하지만(Hong et al, 1980), nitrous oxide는 다른 전신마취제와는 달리 체내에서 대사가 안 되므로 인체에 해로운 대사산물이 발생하지 않는다.

임상적으로 안전하게 사용되기 위해서는 적어도 20.9% 이상의 산소와 함께 투여되어야 한다. 실제로 nitrous oxide 투여 시 함께 공급되는 산소의 농도는 50-60% 이상이다. 따라서 심장질환을 수반한 환자에게 흡입진정을 시행하는 경우는 매우 높은 농도의 산소가 함께 투여되므로 심장의 부담을 덜어준다.

마취유도와 각성이 매우 빠르므로 치과진료가 끝난 후 곧바로 귀가하여도 문제가 없다. Nitrous oxide의 혈액/가스 분배계수가 0.47로 폐포에서 분압의 증가가 매우 빠르므로 혈액이 풍부한 뇌에서 nitrous oxide의 분압이 빠른 속도로 증가되어 원하는 효과를 빨리 나타나게 하며 각성시도 흡입되는 nitrous oxide의 농도를 0으로 하면 빠른 속도로 뇌에서 분압이 감소하여 각성이 빨리 된다.

Nitrous oxide 투여에 의한 흡입 진정 시 가장 중요한 장점은 환자의 진정효과를 투여자 마음대로 조절할 수 있다는 것이다. 또한 뇌에서의 분압이 빨리 증가되므로 농도변화에 대한 효과도 빨리 나타난다.

단점

처음 흡입 진정기를 설치할 때 비용이 필요하다는 단점이 있고, nitrous oxide는 MAC (Minimum Alveolar Concentration)이 높아 임상적으로 사용 가능한 농도에서는 충분한 진통작용이 없다.

환자 monitoring

모든 진정치료는 중추신경계를 억제하므로 진정치료 전 반드시 활력징후(혈압, 맥박수, 체온, 호흡수)를 측정하여 진정치료 중이나 퇴원 시 기준이 되어야 한다. 진정치료 중 환자 monitoring은 의식하진정을 시행하는 경우 중추신경계 감시는 환자와 대화를 통해서 알 수 있으므로 반드시 필요하지는 않지만 진정 깊이가 깊어지는 경우를 대비하여 말초 산소포화도를 측정 할 수 있는 장치가 추천된다. 그러나 의식이 없는 깊은 진정을 시행하는 경우는 반드시 이 장치가 있어야 한다.

의식하진정의 적응증

20.9%의 산소를 함께 공급한다면 치과치료에 두려움을 느끼는 모든 환자에게 적용할 수 있다.

의식하진정의 부적응증

절대적 부적응증은 없으나 다음과 같은 경우는 의식하진정을 시행할 수 없다.

1) 폐쇄공포증 환자: 안면마스크나 nasal mask 사용에 견딜 수 없다.

2) 행동장애가 심한 소아 환자: nasal mask 적용을 거부하므로 nitrous oxide를 투여할 수 없다.

3) 정박아, 뇌성마비 환자: nasal mask 적용이 힘들거나 본인의 의사와는 달리 근육이 움직이는 경우 nitrous oxide를 투여할 수 없다.

4) 구호흡이 심한 경우: 습관적으로 구호흡을 하거나 해부학적 이상으로 구호흡을 하는 경우는 비강을 통하여 투여되는 nitrous oxide의 양이 감소하여 정확한 농도를 투여할 수 없게 된다.

Nitrous oxide 투여 방법

Nitrous oxide에 의한 흡입진정 방법은 최소한의 교육으로 환자에게 비교적 안전하게 투여할 수 있다. 여러 안전장치가 현재 사용되는 흡입 진정기에 부착되어 있고 투여 시 항상 20.9% 이상의 산소가 함께 투여되기 때문에 안전하다. 그러나 교육을 받지 않은 사람이 투여하는 경우 합병증 발생 시 대처할 능력이 없으므로 투여를 삼가야 한다. Nitrous oxide를 이용한 흡입 진정 시 가장 중요한 사항은 반드시 100%의 산소로 흡입진정을 시작하고 치과 치료 종료할 때도 100%의 산소를 투여해야 한다는

것과 가장 효과적인 진정수준에 도달하는 데는 정해진 농도가 없다. 즉 같은 사람에서도 주의 환경에 따라 농도가 변하므로 진정치료를 시행 할 때마다 농도를 변화시켜 적용해야 한다.

1) 가장 적절한 Nitrous oxide 투여시기

환자에게 미리 설명을 하지 않고 치료 당일 nasal mask를 적용하게 되면 환자는 치과치료에 대한 두려움에다 가스마취라는 생소한 치료방법에 대한 불안감이 더해져 우리가 원하는 진정효과를 얻기 힘들다. 따라서 치료 당일보다는 치료 전 방문 시 즉 치과치료에 대한 공포가 없는 상태에서 nitrous oxide를 흡입하게 되면 환자의 진정 효과는 극대화된다. 이를 시행함으로써 얻는 다른 효과는 환자에게 투여하게 되는 총 가스 공급 양을 미리 예측할 수 있고 환자의 적정 진정농도를 미리 짐작할 수 있다. 치료 전 방문 때 적절한 진정 농도를 경험한 환자는 다음 치과 치료하는 날 nitrous oxide를 점진적으로 농도 증가시켜 적절한 농도에 도달하면 환자가 적절한 표현을 하여 의사에게 알리게 된다.

2) 치료 당일

- a. 활력징후 측정: 혈압, 맥박수, 호흡수 측정
- b. 환자의 병력 검사: 치료 전 방문시 시행하는 것이 좋다.
- c. 장비준비 및 검사: 산소 통과 nitrous oxide 통을 열고, 진정기나 가스전달 장치에서 가스가 새는지 검사한다. 이 검사에는 환자에게 연결되는 nasal mask 부분을 막고 호흡낭을 세게 짜보아 찢어진 부분이 있는지를 검사한다. 미세 누출은 호흡낭을 제거하고 호흡낭이 연결되었던 부위에 아네로이드 혈압계를 연결하고 진정기의 산소 유량계를 열어서 아네로이드 혈압계가 30 mmHg가 되도록 한 후 30초간 관찰하여 압력이 3 mmHg 이상 감소하지 않으면 미세 누출이 없다고 볼 수 있다(Whitcher et al, 1978). 가스 누출이 있는 경우 수술실이나 진료실의 nitrous oxide에 의한 오염으로 치료자에게 해로운 효과가 나타날 수 있으므로 주의를 하여야 한다.
- d. 환자준비: 치료 전에 화장실에 갔다 오게 하여 치료를 지연시키지 않게 한다. 전신마취 시는 보통 8시간 공복을 하지만 nitrous oxide를 사용한 진정치료 시는 정상적인 가벼운 식사를 해도 된다. 의식하

진정시 오심과 구토의 발생 빈도는 아주 낮다(Houck and Ripa, 1971). 구토가 발생하여도 의식이 있는 경우는 방어반사가 존재하므로 흡인성 폐렴의 위험은 적다. 환자를 진료의자에 편안히 눕히고 흡입진정기는 환자가 안 보이는 곳에 둔다.

3) 환자에게 총가스 공급 양(nitrous oxide 투여양 + 산소 투여양)이 6 L/min 정도 투여한다. 현재 사용되는 흡입진정기는 Continuous Flow type이며 모두 비재호흡계(Non-Rebreathing System)를 사용하므로 환자가 호기한 탄산가스 재호흡을 예방하려면 분시호흡량의 두배 이상이 되거나(Mapleson, 1954), 100 ml/kg/min가 되어야 한다(Bain and Spoerel, 1973). 따라서 체중 60 kg인 성인에서 적절한 총 가스 투여양은 약 6 L/min가 되며, 6 L/min로 진정을 시작하여도 환자가 더 많은 산소량을 필요로 하면 투여양을 늘려야 한다. 처음 흡입진정을 시행하는 경우 환자는 불안하여 필요 이상의 산소를 요구하게 된다. 이는 물속에서 스쿠버 장치를 휴대하고 수영을 하는 경우 초보자는 산소소비량이 증가하는 현상과 같다. 투여 시 반드시 산소를 먼저 틀고 nasal mask를 환자에게 적용하여야 한다. 역으로 시행하는 경우 환자는 질식과 같은 현상을 경험하게 되어 불안이 증가할 수 있다.

4) Nasal hood를 견고하게 환자 코에 적용한다. Nasal hood가 밀착이 안 되는 경우 환자가 흡입시 공기가 들어와 투여되는 nitrous oxide가 희석이 되어 원하는 진정농도에 도달하기 어렵다. 이 경우 환자가 호기시는 밀착이 안된 부분을 통해 외부로 배출되므로 진료실을 마취가스로 오염시키게 된다. 밀착이 확실치 안 되는 경우 환자는 호기시 눈으로 바람이 분다고 호소한다. 가장 확실하게 밀착시키는 방법은 환자 자신에게 nasal mask를 착용시키는 것이다.

5) 처음에는 6 L/min 정도로 산소를 공급하며 환자가 편안히 호흡을 할 수 있는 가장 적절한 공급양을 결정한다. 이때 호흡낭의 움직임이 좋은 지표가 된다. 호흡낭이 적절히 부풀어 있고 환자가 호흡을 할 때마다 호흡낭이 움직여야 한다.

6) Nitrous oxide 농도를 20%에서 시작하여 이상적인 진정 농도가 될 때까지 분당 10%씩 증가한다. 이 과정을 생략하고 고정된 농도(예, 40%)를 처음부터 환자에게 투여 시 환자는 불편감을 느끼고 의식

하진정은 실패하게 된다. 투여 농도를 증가한 후 1분간 환자를 지속적으로 관찰하여 이상적인 진정에 도달했는지 관찰한다. 이 때에도 진정이 충분하지 않은 경우는 다시 10%를 증가하고 환자를 관찰한다. 이 같은 행위를 이상적인 진정수준이 될 때까지 반복한다.

7) Nitrous oxide 흡입시 나타나는 증상

20%의 nitrous oxide 흡입시 처음에는 가벼운 어지러움 증상이 나타나며 이어서 팔, 다리 혹은 구강내가 저리는 듯한 증상이 나타난다. 이때는 scaling이나 curettage같은 연 조직의 진료는 국소마취 없이 할 수도 있으나 적절한 진정 수준은 아니다. 이후에 전신이 따듯해짐을 느끼거나, 몸이 뜨는 듯 하거나 무거워 짐을 느끼게 된다. 이때가 이상적인 진정 수준이며 진료를 시작하면 된다. 이때 환자가 더워하며 땀을 심하게 흘리는 경우는 과진정이 되는 것이므로 nitrous oxide 농도를 5% 감소한 후 환자를 관찰한다. 이런 임상 증상은 사람마다 다르므로 지속적으로 환자를 관찰하여야 한다. 진료를 시작하기 전에는 적절한 진정 수준도 통증을 수반하는 치료행위에서는 낮은 농도가 된다. 이때는 nitrous oxide 농도를 증가해야 하며 반대로 통증을 수반하는 치료시 농도로 투여하다 치료를 중지하고 재료를 준비하는 경우 즉 자극을 안 주는 경우는 과진정이 될 수 있다. 따라서 지속적인 농도증감이 필요하다.

8) 과진정 증상: 다음과 같은 과진정 증상이 나타나면 투여되는 nitrous oxide 농도를 과진정 증상이 없어 질 때까지 5% 씩 감소하여야 한다. 농도 감소 후 30초 내에 반응이 나타나므로 nitrous oxide 투여를 중지하면 안 된다.

- a. 환자가 지속적으로 입을 다문다.
- b. 구호흡의 증가: 이는 진정이 깊어지면서 환자는 위험해진다는 걱정이 되어 인위적으로 구호흡을 할 수도 있고, 진정이 깊어져 자신도 모르게 구호흡을 할 수 있다. 구두명령으로 비호흡을 시도하고 계속 구두명령이 필요하게 되면 농도를 5% 감소한다.
- c. 환자가 오심을 호소하거나 불쾌감을 호소한다.
- d. 환자에게 말을 시켜보면 반응이 느리고 합리적이 아니다.
- e. 잠을 잔다.
- f. 환자가 구두명령에 비협조적이 된다.
- g. 환자가 웃거나 온다.

h. 환자가 예측하지 못한 행동을 한다.

9) 진료가 끝나면 nitrous oxide 투여를 중지하고 확산성 저산소증을 예방하기 위해 100% 산소를 3-5분간 투여한다. 만일 환자가 어지러움을 계속 호소하거나 중추신경 억제 현상이 계속 지속되는 경우는 더 장기간 산소를 투여해야 한다.

10) 환자의 퇴원: 퇴원 기준은 시술 전 측정된 혈압, 맥박수, 호흡수를 비교하여 큰 차이가 없어야 하며 가장 중요한 것은 환자 스스로 걸을 수 있어야 하고 시간과 공간에 대한 감각에 이상이 없어야 한다.

Nitrous oxide에 의한 진정 후 나타나는 합병증

1) 과도한 발한(excessive perspiration)

Nitrous oxide가 말초혈관 확장시키는 효과로 진정이 되면서 환자는 발한을 하게 된다. 경한 발한이 이마나 팔 등에 나타나는 경우는 별 문제가 안 되나 과도한 경우 nitrous oxide 투여 농도를 5%/min씩 감소한다.

2) 오한(shivering)

오한이 생기는 경우 항상 진정치료가 끝나고 100% 산소를 투여하는 경우에 발생한다. 이는 Nitrous oxide의 말초혈관 확장 효과에 의해 진정기간 동안 말초혈관이 확장되어 말초로 혈액 순환 양이 증가되어 체온이 증가된다. 이 현상은 시간과 관계있으며 시간이 지날수록 중심체온은 감소하게 된다. 이후 진정치료가 끝나고 nitrous oxide 투여가 중지되면 말초혈관은 수축을 하게 되며 이때 중심체온은 내려가 있는 상태이므로 이를 상승하기 위해 근육이 수축하여 열을 발생하려는 현상이다. 이 현상이 나타난 경우 치료는 증상처치로 몸을 따듯하게 해주면 된다.

3) 오심과 구토(nausea and vomiting)

오심: 구토보다는 더 흔하게 나타나며 이를 방지하는 경우 구토로 이어지므로 환자를 잘 관찰해야 한다. 환자들은 흡입진정을 하는 동안 불편한 점을 의사에게 말하기보다는 참는 것이 보통이다. 따라서 환자가 창백하면서 땀을 흘린다면 배에 손을 대고 문지른다든지 하면 환자에게 어디가 불편한지 물어보아야 한다. 처치는 투여 농도를 5%/min 씩 환자가 편안해질 때까지 감소하여야 한다. 오심을 유발하는

인자에는 진정기간 보다는 진정깊이가 깊을수록 증가된다(Parkhouse et al, 1960). 유전적 소인도 있고(Houck and Ripa, 1971), 진정기간 동안 농도를 너무 자주 변화시키는 경우 증가된다.

구토: 치과 치료를 하는 동안은 환자가 바로 누운 상태이므로 구토가 발생하는 경우 위험할 수 있다. 그러나 의식이 있는 상태이므로 전신마취 도중보다는 덜 위험하다. 성인보다 어린이에서 더 잘 나타난다. 처치는 nitrous oxide 투여를 중지하고 100% 산소를 투여하고 구토가 시작되면 nasal mask를 제거하고 rubber dam이나 환자의 구강내에 있는 모든 것을 제거하고 환자의 머리를 옆으로 하여 구토물이 폐로 들어가는 것을 예방한다. 환자는 다시 구토가 발생할까봐 nasal mask 적용을 거부할 수 있다. 산소를 투여한다고 설명을 하고 100% 산소를 3-5분 투여한다.

Nitrous oxide를 이용한 진정치료시 문제점

Nitrous oxide를 사용한 진정치료시 의사에게 문제가 되는 것은 진료실의 오염이다. Tetanus 치료에 nitrous oxide를 장기간 투여한 경우 심한 골수억제가 나타났다는 보고 이후(Lassen et al, 1956) 여러 연구에서 저농도 nitrous oxide에 노출시 나타나는 문제점을 보고하였다. 자연유산 증가, 불임(Rowland et al, 1992), 기형아 출산 증가(Cohen et al, 1975) 등을 보고하였으나 치과의사에게 가장 문제가 되는 것은 methionine synthetase 불활성화로 vitmain B12와 DNA 합성에 지장을 주어 말초신경염을 유발한다는 이다(Layzer et al, 1978; Brodsky et al, 1981). NIOSH (National Institute For Occupational Safety and Health)에서는 운동능력 기능에 지장을 주는 농도인 25 p.p.m 이하를 권장하고 있고(NIOSH, 1977), ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists)에서는 T.W.A (Time Weighted Average)로 50 p.p.m을 추천하고 있으나(ACGIH, 1990) 여러 연구 결과 scavenging nasal mask를 사용하여도 25 p.p.m 이하로 유지하기는 어렵다. NIOSH에서는 진료실의 nitrous oxide 농도를 줄이기 위한 준수사항을 추천하고 있다(NIOSH, 1994). 가능한 진료실의 nitrous oxide 농도를 줄여야하며 이를 위해서는 scavenging nasal mask를 사용하고 부수적으로 공기분산기 사용, 주기적인 환기 등이 필요하다.

결 론

흡입진정을 성공적으로 시행하기 위해서는 nitrous oxide 투여시 매번 점진적 농도증가를 시행하여 가장 이상적인 농도를 결정하여야 한다. 고정된 nitrous oxide 농도를 사용하는 것은 실패의 가장 중요한 요인이다. 진정기간 동안 환자의 상태를 계속 관찰하여 이상적인 흡입진정 수준을 유지하여야 한다. 진료실의 오염을 항상 염두에 두고 진정기의 주기적 점검, 진정기간동안 환자가 말을 줄여 구호흡에 의한 호흡영역(Breathing zone)에서의 nitrous oxide 농도를 감소시켜야 한다.

참 고 문 헌

- ACGIH: Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agent and Biological Exposure Indices. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati. 1990
- Bain JA, Spoerel WE: Flow requirements for a modified Mapleson D system during controlled ventilation. *Can Anaesth Soc J* 1973; 20: 629.
- Brodsky JB, Cohen EN, Brown BW, et al: Exposure to nitrous oxide and neurologic disease among dental professionals. *Anesth Analg* 1981; 60: 297-301.
- Cohen EN, Brown BW Jr, Bruce DL: A survey of anesthetic health hazards among dentists. *JADA* 1975; 90: 1291-6.
- Gale E: Fears of dental situation. *J Dent Res* 1972; 51: 964.
- Hong K, Trudell JR, O'Neil JR, et al: Metabolism of nitrous oxide by human and rat intestinal contents. *Anesthesiology* 1980; 52: 16.
- Houck WR, Ripa LW: Vomiting frequencies in children administered nitrous oxide-oxygen in analgesic doses. *J Dent Child* 1971; 38: 404.
- Lassen HCA, Henriksen E, Neukirch F, et al: Treatment of tetanus: Severe bone-marrow depression after prolonged nitrous oxide anesthesia. *Lancet* 1956; 1: 527-30.
- Layzer RB, Fishman RA, Schafer JA: Neuropathy following abuse of nitrous oxide. *Neurology* 1978; 28: 504-6.
- Mapleson WW: The elimination of rebreathing in various semiclosed anesthetic system. *Br J Anaesth* 1954; 26:

323.

National Institute For Occupational Safty and Health Occupational Exposure to waste anesthetic gases and vapors. United States department of Health Education and Welfare. DHEW (NIOSH) Publication No.; 77-140, 1977

NIOSH Warns: Nitrous oxide continues to threaten health care workers. DHNS (NIOSH) Publication No.; 94-118, 1994

Parkhouse J, Henrie JR, Duncan GM: Nitrous oxide analgesia in relation to mental performance. J Phar-

macol Exp Ther 1960; 128: 44.

Rowland AS, Baird DD, Weinberg CR, et al: Reduced fertility among women employed as dental assistants exposed to high levels of nitrous oxide. N Eng J Med 1992; 327: 993-7.

Santamaria LB: Nonpharmacologic techniques for treatment of post-operative pain. Minerva Anesthesiol 1990; 56: 359.

Whitcher C, Zimmerman DC, Piziali RL: Control of occupational exposure to nitrous oxide in the oral surgery office. J Oral Surgery 1978; 36: 431-40.