

KOSHA GUIDE

H - 223 - 2023

특수건강진단 신경행동검사 기술지침

2023. 11.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침은 산업안전보건기준에 관한 규칙 등 산업안전보건법령의 요구사항을 이행하는데 참고하거나 사업장 안전·보건 수준향상에 필요한 기술적 권고 지침임

안전보건기술지침의 개요

- 작성자 : 영남대학교병원 직업환경의학과 사공준
- 제·개정 경과
 - 2023년 10월 산업의학분야 표준제정위원회 심의(제정)
- 관련규격 및 자료
 - 사공준 등.컴퓨터 신경행동검사 활성화 연구. 산업안전보건연구원(2020)
 - 사공준 등.컴퓨터 신경행동검사 활성화 연구(II). 산업안전보건연구원(2021)
 - 산업안전보건연구원. 2022 근로자건강진단 실무지침. 산업안전보건연구원(2022)
 - 정종학, 김창윤, 사공준, 전만중, & 박홍진. (1998). 한국형 신경행동검사 배터리의 개발-면접과 컴퓨터 신경행동검사의 타당성 평가. 예방의학회지, 1(9), 9.
 - 사공준, 정종학, 전만중, & 신말숙. (2000). 면접 및 컴퓨터 신경행동검사의 신뢰도평가. 대한산업의학회지 제, 12(4).
 - 사공준, 전만중, 성낙정, & 김규태. (2003). 개인의 특성과 검사조건이 신경행동검사의 신뢰도에 미치는 영향. Korean J Occup Environ Med, 15(2), 188-195.
 - 정성태, 전만중, & 사공준. (2007). 검사시간의 경과에 따른 컴퓨터 신경행동검사 수행기능의 변화양상. 대한직업환경의학회지, 19(4), 251-258.
- 관련법규·규칙·고시 등
 - 산업안전보건기준에 관한 시행규칙 별표24
- 안전보건기술지침의 적용 및 문의
 - 이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지(www.kosha.or.kr)의 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
 - 동 지침 내에서 인용된 관련규격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 개정본이 있을 경우에는 해당 개정본의 내용을 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2023년 11월 29일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

목 차

| | |
|---|---|
| 1. 목적 | 1 |
| 2. 적용범위 | 1 |
| 3. 용어의 정의 | 1 |
| 4. 신경행동검사의 종류 | 2 |
| 4.1 WHO Neurobehavioral Core Test Battery | 2 |
| 4.2 컴퓨터 신경행동검사 | 3 |
| 4.3 면접식과 컴퓨터 신경행동검사의 비교 | 5 |
| 4.4 검사실 주변 환경 | 6 |
| 5. 이상자 선별기준 | 6 |
| 5.1 WHO Neurobehavioral Core Test Battery | 6 |
| 5.2 컴퓨터 신경행동검사 | 6 |
| 6. 가병검사 및 감별진단 | 7 |
| 6.1 가병검사 | 7 |
| 6.2 감별진단 | 7 |
| 7. 추적검사 및 관리 | 7 |
| 8. 결과해석 시 주의사항 | 8 |

특수건강진단 신경행동검사 기술지침

1. 목 적

이 지침은 산업안전보건법 시행규칙 제206조(특수건강진단 등의 검사항목 및 실시방법 등)에 의거하여 근로자 특수건강진단에 활용할 수 있는 신경행동검사의 종류, 수행방법 및 결과 해석방법에 대한 기술적 사항을 제시하여 특수건강진단을 통하여 근로자 중추신경계 기능을 효과적으로 평가하고 이상자 조기발견을 목적으로 한다.

2. 적용범위

이 지침은 신경독성을 가지는 유해인자(산업안전보건법 시행규칙 [별표24] 특수건강진단·배치전건강진단·수시건강진단의 검사항목 중 화학적인자)에 직업적으로 노출되는 근로자들에게 적용한다.

※ 컴퓨터 시스템 요구사항

OS: Windows XP / Vista / 7 이상

CPU: 800MH 이상

메모리: 2GB 이상

설치공간: 최소 50MB (100MB의 여유공간 필요)

해상도: 1024×768 픽셀, 하이컬러(16Bit) 또는 트루컬러(32Bit)

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “신경행동기능”은 정신반응속도(psychomotor speed), 실행기능(executive ability), 수지협조운동(manual dexterity), 시각적 기억(visual memory), 집중력(attention), 추론(reasoning) 등의 중추신경계 기능을 말한다.

(나) “신경행동검사”는 신경행동기능을 평가하는 검사를 말한다.

(다) “면접식 신경행동검사”는 검사자가 피검자와 대면하여 신경행동기능을 평가하는 검사를 말한다.

(라) “컴퓨터 신경행동검사”는 컴퓨터 프로그램을 이용하여 피검자의 신경행동기능을 평가하는 검사를 말한다.

(마) “신경행동검사 꾸러미(neurobehavioral tests battery)”는 복수의 신경행동검사들을 연속적으로 수행하기 위한 신경행동검사 묶음을 말한다.

(2) 기타 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 동법 시행령, 동법 시행규칙 및 안전보건규칙에서 정하는 바를 따른다.

4. 신경행동검사의 종류

4.1 WHO Neurobehavioral Core Test Battery (WHO-NCTB)

4.1.1 신경행동검사 꾸러미 구성

기분상태 척도(Profile of Mood States, POMS), 단순반응시간(Simple Reaction Time), 숫자 외우기(Digit Span), Santa Ana 검사, 숫자부호짝짓기(Symbol Digit), 벤튼시각기억검사(Benton Visual Retention test), 목적점찍기(Pursuit Aiming Test)로 구성되어 있다(Santa Ana dexterity test와 Simple Reaction Time 외 다른 검사는 저작권이 있음.)

4.1.2 신경행동검사 방법

(1) 기분상태 척도(POMS)

기분상태 척도는 개인의 감정상태(affect)를 평가하며 대상자는 지난 한주 본인이 경험한 다양한 심리상태를 “전혀 그렇지 않다.”에서 “굉장히 그렇다”까지 다섯 단계로 구성된 답가지 중에 선택한다(번역 필요).

(2) 단순반응시간(Simple Reaction Time)

집중력의 지속성(attention/responce speed)을 평가하는 검사로서 피검자는 1-10초사이에 임의 시간간격으로 사각형 표식이 나타나면 최대한 빨리 기계의 버튼을 눌러야 한다.

(3) 숫자외우기(Digit Span,)

주의력을 요구하는 단기 음성기억력(auditory memory)을 평가하는 검사로서 피검자는 검사자가 불러주는 숫자를 동일한 순서로 반복하거나(순방향), 거꾸로 순서(역방향)로 반복한다.

(4) Santa Ana 검사

눈과 손의 빠른 협조운동능력(manual dexterity)을 평가하는 검사로서 검사장비는 48개의 사각형 홈이 있는 판과 홈의 숫자와 같은 수의 조각으로 구성되어 있다. 이 조각은 홈에 맞는 크기이며, 윗부분은 원통모양이고, 아랫부분은 사각형 모양이다. 대상자는 조각 한 개씩을 가능한 빨리 180도 회전시키는 것이다. 두 손을 각각 시행한다.

(5) 숫자부호짝짓기(Symbol Digit,)

지각운동속도(perceptual motor speed)를 평가하는 검사로서 부호와 짝지어진 숫자의 보기와 1부터 9까지 임의로 숫자와 빈 사각형이 제시되어 있다. 대상자는 보기에 짝지어진 숫자와 기호와 동일하게 90초 동안 가능한 빨리 아래의 빈칸에 부호를 기입한다.

(6) 벤튼시각기억검사(Benton Visual Retention test(Recognition form))

시각적 지각 및 기억력(visual perception/memory)을 평가하며 2장씩 짝지어진 10쌍의 카드로 구성되어 있다. 각 쌍의 첫 번째 카드에 대상자가 기억해야 하는 도형이 있으며, 두 번째 카드에는 첫 번째 카드에 그려진 도형이 포함된 4개의 문항가지 도형이 제시되어 있다. 피검자는 첫 번째 카드를 10초 동안 본 다음 두 번째 카드에서 첫 번째 카드에서 보았던 도형을 선택한다.

(7) 목적점찍기(Pursuit Aiming Test)

목적점찍기(motor steadiness)는 손의 민첩성과 정확성을 평가하는 검사로서 피검자는 필기구를 이용하여 검사지에 나열된 작은 원안에 점을 찍는다.

4.2 컴퓨터 신경행동검사(Korean Computerized Neurobehavioral Test; KCNT)

신경계 유해물질 노출로 인한 중추신경계 기능이상 지속되는 경우 영구적인 인지 기능 장애로 진행되에도 불구하고 근로자는 자각하지 못하는 경우가 흔하므로 특수검진에서 중추신경계 기능 이상을 조기에 발견하여 적절한 조치를 취해야 한다.

현재 신경계 유해인자에 대한 특수검진 실무지침에 신경행동검사를 이용한 임상진찰이 부록에 수록되어 있으나 신경계 유해요인의 1차 검사에는 검사항목과 이상자 선별 기준이 없고, 2차 검사에도 검사의 명칭만 나열되어 있다.

특수검진을 통해 신경계 독성물질에 노출되는 근로자들의 신경계 장애를 조기에 발견하기 위해서는 실질적으로 활용할 수 있는 신경계 1차와 2차 검사 방법과 요관찰자 및 유소견자 판정방법을 규정할 필요가 있다

4.2.1 신경행동검사 꾸러미 구성

Simple Reaction Time(단순반응시간), Choice Reaction Time(선택반응시간), Color word vigilance(색단어선택), Digit classification(숫자구분), Additions(숫자더하기), Symbol Digit(부호숫자짝짓기), Digit Span(forward, backward)(순방향, 역방향 숫자 외우기), Finger tapping speed(손가락두드리기)로 구성되어 있다.

4.2.2 신경행동검사 방법

(1) 단순반응시간(Simple Reaction Time)

붉은색 사각형 도형이 2.5-5초 간격으로 불규칙하게 나타난다. 피검자는 붉은색 사각형 도형이 나타나는 즉시 키를 누른다. 화면에 붉은색 사각형 도형이 나타나는 순간부터 피검자가 화살표키를 누를 때까지의 시간이 측정된다.

(2) 선택반응시간(Choice Reaction Time)

상하좌우 방향의 선 중 한 개의 길이가 다른 3개에 비해 짧은 노란색 십자형 도형이 2.5-5초 간격으로 불규칙하게 나타난다. 피검자는 십자형 도형이 나타나는 즉시 선의 길이가 짧은 방향의 화살표 키를 누른다. 화면에 십자형 도형이 나타나는 순간부터 피검자가 화살표 키를 누를 때까지의 시간이 측정된다.

(3) 색단어 선택(Colour Word Vigilance)

화면의 중앙에 백색의 ‘하양’, 적색의 ‘빨강’, 청색의 ‘파랑’ 및 노란색의 ‘노랑’이라는 단어와 동일한 크기와 모양이긴 하나 색과 글자의 의미가 일치하지 않는 단어가 임의의 순서로 나타나며 피검자는 단어의 색과 의미가 일치되는 단어가 나타날 때 키를 누른다.

(4) 숫자구분(Digit Classification)

화면의 중앙에 1에서 9사이의 숫자가 임의의 순서로 하나씩 나타난다. 숫자가 홀수이면 좌측화살표 키를, 짝수이면 우측화살표 키를 누른다.

(5) 숫자더하기(Additions)

화면에 세 개의 임의의 한 자리 숫자가 수평적 더하기 형태로(예: 7+4+5) 1초

동안 나타난다. 피검자는 키보드의 숫자 키로 정답을 입력한다.

(6) 부호숫자 짝짓기(Symbol Digit)

화면의 상단에 임의로 짝지어진 부호와 1에서 9까지의 숫자가 나타나며 하단에는 상단과 다른 순서로 배열된 부호와 9개의 빈칸이 나타난다. 피검자는 상단에 짝지어진 부호와 숫자를 기준으로 하단의 부호에 해당하는 숫자를 빈칸에 입력한다.

(7) 숫자외우기 순방향, 역방향(Digit Span forward, backward)

한 자리 숫자가 화면에 한 개씩 1초 동안 보여지며 피검자는 나타났던 모든 숫자를 기억하였다가 나타난 순서에 따라 숫자를 입력하는 순방향 숫자외우기와 역순으로 입력하는 역방향 숫자외우기로 구성되어 있다. 3개의 숫자부터 시작하여 피검자가 정확하게 입력하면 제시되는 숫자가 한 개씩 증가하고 틀리게 입력하면 한 개씩 감소한다.

(8) 손가락두드리기(Finger Tapping Speed)

팔을 테이블 위에 얹은 상태에서 중지를 알리는 소리가 날 때까지 집게손가락으로 특정키를 10초 동안 최대한 빨리 두드린다. 평상시 자주 쓰는 손, 우수(dominant hand)와 자주 쓰지 않는 손, 열수(nondominant hand)를 교대로 수행한다.

4.3 면접식과 컴퓨터 신경행동검사의 비교

면접식와 컴퓨터 신경행동검사의 장점과 단점은 <표 1>과 같다.

<표 1> 신경행동검사의 장점과 단점

| 구 분 | 컴퓨터 신경행동검사 | 면접식 신경행동검사 |
|-----|---|--|
| 장점 | 검사방법의 표준화, 개별반응 측정가능 신속한 결과 자료보관의 용이성 시간적 경제성 | 간단한 장비(종이와 펜) 자극의 다양성(시각과 청각) 검사의 보편성 자료의 비교성 |
| 단점 | 모니터와 키보드 사용 필수 컴퓨터 친숙도에 영향 | 긴 검사시간 숙련된 검사자 필요 개별반응 측정 불가능 수작업으로 점수산출 |

주1) 컴퓨터 신경행동검사는 KCNT, 면접식 신경행동검사는 WHO-NCTB를 기준으로 기술하였음.

4.4 검사실 주변 환경

편안한 의자와 책상을 갖춘 조용하고 격리된 방이 필요하다. 모니터를 보는데 조명이 방해가 되지 않아야 한다. 검사를 방해할 수 있는 외부 소음을 차단하고 검사중 전화의 사용을 제한하여야 한다. 컴퓨터 신경행동검사의 경우 한 개의 검사실에서 검사자 한명이 최대 5명의 피검자들을 동시에 검사할 수 있다.

5. 이상자 선별기준

5.1 WHO Neurobehavioral Core Test Battery

평균과 표준편차에서 각각의 원점수를 표준점수로 전환한다. 각 검사에서 평균을 뺀 값을 표준 편차로 나눈 z 점수에 10을 곱한 후 50을 더한다. 표준점수 공식은 $[(\text{원점수} - \text{평균}) / \text{표준편차}] * 10 + 50$ 이다. 예를 들어 z 점수에 10을 곱한 값이 5.4라면 5로 반올림한 후 50을 더하면 표준점수는 55가 된다.

각 검사의 표준점수가 30점 이상인 경우는 정상으로, 20점 미만인 경우 신경행동기능이 매우 저하(poor)된 것으로 해석한다.

5.2 컴퓨터 신경행동검사

5.2.1 출장건강진단

출장건강진단에서 신경행동검사를 수행할 필요가 발생하였을 경우 부호숫자짜짓기(연습수행 3회 포함하여 총 7회)를 수행하고 정답수, 정답률, 반응시간, 반응시간의 표준편차, 총 4개의 측정값(parameters) 중 1개라도 30% 이하인 경우 추가 검사 대상자로 선별한다.

5.2.2 원내 정밀검사

원내에서 신경행동검사를 2차 검사항목으로 수행하는 경우 선택반응검사(연습수행 1회 포함하여 3회), 색단어선택(연습수행 1회 포함하여 2회), 숫자구분(연습수행 1회 포함하여 1회), 숫자더하기(연습수행 1회 포함하여 3회), 부호숫자짜짓기(연습수행 3회 포함하여 7회), 정방향 숫자외우기(연습수행 1회 포함하여 2회), 총 6개의 검사로 구성된 신경행동검사 꾸러미를 실시한다.

6개 검사의 정답수, 정답률, 평균반응시간, 반응시간의 표준편차 중 2개 검사 이상에서 백분위가 10% 이하인 피검자와 6개 검사에서 산출된 20개 측정값(parameters)의

백분위의 평균이 30% 이하인 경우 유소견자로 판단한다.

6. 가병검사 및 감별진단

6.1 가병검사

특수검진 판정의사는 신경행동검사 측정값의 표준편차가 매우 크거나, 정답률이 낮은 경우 실제로 신경행동기능이 저하된 것인지 아니면 피검자가 검사자체를 잘 이해하지 못하였는지 피검자가 진지하게 검사에 임하지 않은 것인지를 확인한다.

가병여부를 확인하기 위해 재검사를 실시할 수 있다. 재검사와 최초 검사의 반응시간 평균과 표준편차, 정답률 등을 비교하면 차이가 큰 경우 가병으로 의심할 수 있다. 피검자가 검사 자체를 이해 못하여 제대로 수행하지 못하는 경우 반복해서 재검사를 실시하는 것은 적절하지 않다. 피검자가 진지하게 검사를 수행했음에도 불구하고 검사성적이 낮은 경우 실제 신경행동기능이 저하되어 있을 수 있으므로 유소견 의심자로 분류한다.

6.2 감별진단

신경행동기능이 감소한 경우 비타민 결핍(B_1 및 B_{12}), 갑상선 기능저하, 수면 무호흡 증후군, 다발성 경화증, 당뇨병, 뇌혈관성 치매 등을 감별해야 하고, 알코올 및 약물 남용 및 약물의 부작용, 주요 우울장애 등 학습 및 주의력 능력에 영향을 줄 수 있는 문제들도 감별한다.

근로자가 보상에 관심이 있거나 보상절차를 진행 중인 경우 검사결과에 부정적인 영향을 미칠 수 있으므로 보상과 관련된 상황도 살핀다.

7. 추적검사 및 관리

특수검진 결과 직업병 유소견자나 요관찰자로 판정받은 근로자는 2차 검사항목을 1차 건강진단에 실시할 수 있으므로 6개월 후 반복검사를 하는 경우 2차 검사항목 6개 꾸러미를 수행한 후 6개 검사항목에서 모두 정상범주로 나타나면 정상으로 판정한다. 감소된 신경행동기능이 회복되더라도 유기용제 등 신경독성물질에 노출이 없는 부서에서 근무하도록 권고한다.

감소된 신경행동기능이 회복되지 않는 경우 신경독성물질에 계속 노출되고 있지는 않는지, 음주량의 증가 등 다른 개인적 요인은 없는지 확인한다. 감소상태의 신경행

동기능이 더 이상의 변화가 없다면 전환된 작업이 적합한 것으로 판단하고 전환된 부서에서 계속 근무시킨다.

유소견 의심자에서 6개월 간격으로 추적검사를 2회 실시한 후 신경행동기능에서 의미있는 변화(감소)가 없다면 일반적 요관찰자(C₁)로 판정하고 6개월 간격으로 검사를 반복하면서 계속 관찰한다. 추적검사에서 유소견 의심자의 신경행동기능이 의미있게 감소하는 경우, 감별진단과 가병검사를 거쳐 독성뇌병증 유소견자(D₁)로 판정하고 노출중단을 권고한다.

8. 결과해석 시 주의사항

- (1) 연령과 교육수준은 신경행동검사의 소항목의 선택과 결과의 해석에 반드시 고려되어야 한다. WHO-NCTB는 12년 이상의 교육기간을 가지는 성인 대상자에서 적절하게 사용될 수 있으나 8-10년 사이의 교육기간을 가진 대상자에서는 타당성이 다소 감소하며 8년 미만의 대상자에서는 타당성을 인정하기 어려운 것으로 보고되고 있다
- (2) 성별과 검사시간대도 신경행동검사에 영향을 미칠 수 있다.
- (3) 음주습관은 신경행동검사에 영향을 크게 미치는 개인적 특성이므로 대상자의 음주력을 정확히 평가한다.
- (4) 우울증도 신경행동기능을 저하시킬 수 있는 요인이나 우울증 등의 정서장애 역시 신경독성물질의 폭로에 의해 유발될 수 있다.
- (5) WHO-NCTB는 종이와 연필, 초시계를 이용하여 일대일 면접방식을 통하여 검사가 이루어지므로 숙련된 검사자가 필요하다.
- (6) 그밖에 신경행동검사에 영향을 미칠 수 있는 여러 요인들은 다음과 같다.
 - (가) 환경요인: 검사실 조명, 소음, 온도, 습도, 화학물질의 존재 등
 - (나) 육체적, 정신적 작업부하, 작업시간, 교대작업
 - (라) 검사시간: 하루 중 검사시간대, 일주일 중 검사일

(마) 검사에 대한 학습효과와 피로효과

(바) 검사자 요인 - 피검자와 검사자간 상호작용