

# Drew 박사, 밀도 및 확산:

Charles Richard Drew 박사

혈액 연구를 통한 생명 연장

STEM<sup>2</sup>D 주제:

과학, 수학

대상:

학생(8~14세)





**Smithsonian**  
*Science Education Center*

**Johnson&Johnson**

**DREW 박사, 밀도 및 확산: Charles Richard Drew 박사, 혈액 연구를 통한 생명 연장은**  
STEM2D 학생 활동 시리즈의 일부입니다. 이 콘텐츠는 국립 아프리카계 미국인  
역사문화 박물관의 교육 부서에 속한 수업 및 학습 분과에서 Dow Chemical Company의  
지원을 받아 개발되었습니다.

레이아웃은 Johnson & Johnson's STEM<sup>2</sup>D 이니셔티브의 일환으로 스미스소니언  
과학 교육 센터에서 개발했으며, FHI 360 및 JA Worldwide에서 제공하는 템플릿을  
사용했습니다. 이 시리즈에는 전 세계의 5~18세 소녀 및 소년을 대상으로 한  
상호작용식의 흥미로운 실습 활동이 포함되어 있습니다.

© 2020 스미스소니언 협회  
모든 저작권 보유. 2019년 제1판.

저작권 고지

본 모듈의 일부 또는 모듈의 파생 저작물은 공정한 사용을 제외하고 적절한 저작자  
표시와 스미스소니언 과학 교육 센터와 국립 아프리카계 미국인 역사문화 박물관의  
서면 승인 없이 어떠한 목적으로도 사용, 공유 또는 복제할 수 없습니다.

디자인 및 일러스트: 소피아 엘리안(Sofia Elian)

# Charles Richard Drew 박사

## 혈액 연구를 통한 생명 연장

### 배경 정보

Charles Drew 박사는 20세기 초 아프리카계 미국인 의사이자 수혈 연구자였습니다. 그의 연구는 오늘날에도 많이 사용되는 채혈 및 보관 기술 개발을 통해 현대 혈액 은행의 토대를 마련했습니다. 학생들은 일련의 수업을 통해 밀도, 확산, 순환계 및 호흡계에 대한 활동에 참여하여 1900년대 초 아프리카계 미국인 의사이자 연구가였던 Drew 박사의 이야기를 되새겨볼 수 있습니다. 학생들이 Drew 박사의 공헌에 대한 인식을 높이고 박사의 연구 뒤에 숨겨진 STEM 원칙을 이해하기를 바랍니다.



스미스소니언 협회 국립 조상화 진열관(Harmon Foundation 기증)

# Drew 박사, 밀도 및 확산: 순환계와 호흡계의 관계

## 활동 소개

(시간이 남을 경우 선택 사항, 그렇지 않으면 활동 1로 건너뛰기)

**주제:** 과학, 수학

**대상:** 학생(8~14세)

## 활동 설명

이 활동에서는 학생들에게 순환계 및 호흡계와 이 두 계통의 연결을 소개합니다. 학생들과 함께 이 활동을 시작하기 전에 "우리는 왜 숨을 쉬는가", "심장은 왜 뛰는가"와 같은 질문을 통해 순환계 및 호흡계에 대해 이미 알고 있는 내용을 확인합니다. 활동 전반에 걸쳐 학생들은 다양한 활동을 수행한 후에 어떤 일이 일어날 것인지 예측한 내용과 그 근거를 공유할 기회를 갖게 됩니다.



### 예상 시간:

이 세션은 일반적으로 20분이 소요됩니다.

## 학습 목표

**학생 활동:**

- 순환계 및 호흡계의 상호 연결 특성을 파악합니다.
- 팀 기반 학습 경험에 참여합니다.
- 과학, 기술, 엔지니어링, 수학, 제조, 설계 분야의 STEM<sup>2</sup>D 주제가 인체의 순환계 및 호흡계를 이해하는 데 사용되는 방식을 배웁니다.
- 측정, 의사 결정, 문제 해결 등 중요한 STEM<sup>2</sup>D 기술을 습득합니다.

## 준비

**재료:** 학생들과 함께 활동을 시작하기 전에 추천 재료를 준비합니다.

- 활동 리더 체크리스트
- 내 이야기 말하기 양식
- PowerPoint: Drew 박사, 밀도 및 확산
- 작은 고무 밴드(선택 사항), 학생당 1개
- 타이머/시계/휴대폰, 학생당 1개

### 준비물 예상 비용:



활동 리더는 24명의 학생과 이 활동을 수행할 때 준비물에  
지출할 금액을 학생당 약 \$0.10(학급당 \$3)로 계획해야 합니다.

## 활동 리더 준비

1. **Spark WiSTEM<sup>2</sup>D를 읽어보세요.** STEM<sup>2</sup>D에 대한 중요한 배경 지식, 여학생들을 참여시킬 전략, 학생 그룹과 활동하기 위한 팁을 제공하므로 청소년과 함께 활동하는 데 관심이 있는 모든 자원봉사자들이 반드시 읽어야 할 필수 자료입니다. STEM<sup>2</sup>D.org에서 다운로드하세요.
2. **활동 리더 체크리스트**에서 이 활동의 계획 및 이행 준비를 위한 자세한 내용과 구체적인 단계를 검토하세요.
3. 자세한 내용은 **STEM<sup>2</sup>D 학생 활동 개요**를 참조하세요.
4. 시간을 내어 이 가이드의 활동을 실험하여 학생들이 직면한 과제를 보다 잘 이해할 수 있도록 하세요.

## 환영 인사 및 소개(15분)

- 학생들에게 인사합니다.
- 학생에게 자신의 이름과 소속 조직/회사를 알려줍니다. 자신의 학력 및 경력에 대해 이야기합니다. **내 이야기 말하기** 양식을 기준으로 말해보세요. 자신이 업무나 하루 일과를 설명할 준비를 하고 다음을 포함한 자신의 배경에 관한 정보를 알려줍니다.
  - 학력 – 중고등학교 및 대학 이후의 수업과 과정에 집중
  - 현재 작업 프로젝트
  - 관심사 및 취미
  - STEM<sup>2</sup>D를 좋아하는 이유와 자신의 업무와의 관련성
- 학생이나 오늘 도움을 주는 자원봉사자에게 자기 소개를 요청하세요.
- '대화를 시작하기 좋은 표현'을 사용하여 학생과 관심사에 대해 자세히 알아보세요.
- 학생들이 자신의 관심사와 개인적 경험을 개발할 수 있도록 지역 사회에서 지원하는 기회에 대해 토론합니다.
- 학생에게 자신의 경력은 STEM<sup>2</sup>D - 과학, 기술, 엔지니어링, 수학, 제조, 설계 분야에서 가능한 많은 진로 중 하나일 뿐이라고 말해주세요.
- STEM<sup>2</sup>D 진로는 수요가 많고 높은 성장을 보이며 향후 10년 이상 수요가 지속될 것으로 전망된다는 점을 설명합니다.
- 일부 STEM<sup>2</sup>D 진로는 대학 학위가 필요하지 않으며 젊은 사람들에게 흥미로운 고소득 기회를 제공합니다. 모든 STEM<sup>2</sup>D 진로에서 성공하기 위해서는 수학 기술 및 엔지니어링 실습이 중요하다는 점을 강조합니다.

### 대화를 시작하기 좋은 표현: 진로 계획

- 자신의 미래를 생각할 때 어떤 것이 가장 흥미진진한가요?
- 다른 사람들과 함께, 큰 회사에서, 친구와 함께, 또는 혼자 일하는 자신의 모습이 그려지나요? 그렇거나 그렇지 않은 이유는?
- 어떤 직장 일과가 가장 마음에 드나요? 실외인가요? 혼자 아니면 다른 이들과 함께 일하나요? 문제를 해결하나요? 무언가를 고치거나 건설하나요?

## 단계별 지침:

### 안정 시 심박수 측정

- 학생들은 1~2분 동안 최소한의 움직임으로 앉아 있습니다.
- 다음으로, 검지와 중지로 손목에서 맥박을 찾습니다.
- 그런 다음 10초 동안 총 몇 번의 맥박이 뛰는지 세어봅니다. (정확도를 높이기 위해 초침이 있는 스톱워치나 시계를 사용하세요.)
- 맥박수를 센 다음 여기에 6을 곱해 1분 동안 안정 시 심박수를 계산합니다.
- 이렇게 계산된 횟수는 안정 시 1분 동안 심장이 총 몇 번 박동하는지를 나타냅니다.

### 운동 중 심박수 증가

- 먼저 학생들이 30초 동안 운동한 후 심박수가 얼마나 변할지 예측하도록 합니다. 학생들에게 30초 동안 팔벌려 뛰기를 한 후 10초 동안 심장이 총 몇 번 박동할 것 같은지 물어봅니다.
- 학생들이 다른 사람과 닿지 않는 곳에 위치를 잡고 양팔을 벌리도록 합니다.
- 그런 다음 30초 동안 팔벌려 뛰기를 하도록 합니다.
- 팔벌려 뛰기를 마친 후 아까처럼 의자에 앉아 10초 동안 심박수를 재도록 합니다. 여기에 6을 곱해 운동 후 심박수를 계산하도록 합니다.

### 심호흡 시 심박수 감소

- 학생들이 의자에 편안하게 앉게 합니다.
- 학생들에게 심박수에 영향을 미치기 위해 호흡 운동을 할 것이라고 설명합니다.
- 학생들에게 1분 동안 호흡 운동을 한 후 심박수가 어떻게 변할지 예측하도록 합니다.
- 네트를 세면서 천천히 숨을 들이쉬고 네트를 세면서 내쉬도록 합니다. 큰 소리로 "인-2-3-4", "아웃-2-3-4"를 셹니다(1분 동안 반복).
- 1분 동안 심호흡을 마친 후 학생들에게 다시 심박수를 재도록 합니다.
- 학생들은 두 손가락으로 10초 동안 맥박수를 센 다음 6을 곱해야 합니다.
- 학생들에게 안정 시 수치, 운동 후 예측 수치, 운동 후 측정 수치, 심호흡 후 예측 수치, 심호흡 후 측정 수치를 비교하도록 합니다.

## 확장된 학습

학습 내용을 확장하는 몇 가지 방법은 다음과 같습니다.

1. 심박수가 낮은 운동 선수에 대해 이야기합니다. 이것이 어떻게 가능할까요? 심장은 근육이고 운동을 통해 더 강해지고 효율도 높아질 수 있다고 설명합니다.
2. 이 기회를 통해 혈압, 가족력, 혈압을 낮추는 방법, 그리고 수업에 수학 요소를 추가하는 방법 등을 이야기합니다. 학생들에게 심박수와 평균 수명을 알려주고 매일, 매시간, 매분 심박수를 계산하도록 합니다.
3. 이 기회를 통해 학생들이 몸무게와 키를 주제로 토론하고 어떤 동물이 심장 무게가 181kg(400파운드)인지 추측하도록 합니다.
4. 학생들에게 동물의 심장 크기에 차이가 있다고 생각하는 이유를 물어봅니다.
5. 왜 6을 곱할까요? 10초 측정과 60초 측정의 각 장단점은 무엇인가요?
6. 심박수가 가장 낮을 때와 가장 높을 때가 언제라고 생각하나요?
7. 심박수를 검사함으로써 사람에 대해 무엇을 알 수 있다고 생각하나요?
8. 심박수에 변화를 일으키는 요인이 무엇이라고 생각하나요?

## 활동 설정

저학년 학생:

- 가능한 학생들에게 심박수의 그래프를 그리도록 합니다. 그래프를 그릴 준비가 되지 않은 학생들에게는 <, >, = 기호를 사용하여 심박수 값을 등급순으로 배열하도록 합니다.

고학년 학생:

- 학생들에게 현미경 및/또는 돋보기를 사용하여 생명체가 세포로 이루어져 있다는 증거를 제시하기 위한 조사를 수행하도록 합니다. 미리 제작된 혈액도말 현미경 슬라이드를 주문할 수 있습니다.
- 학생들에게 수학적 계산을 통해 지금까지 심장이 얼마나 뛰었고, 인생의 특정 시점까지 심장이 얼마나 뛸지 계산하도록 합니다. 이를 위해 기본적으로 곱셈과 나눗셈 능력이 필요합니다.
- 학생들이 안정 시 심박수와 운동 후 심박수의 비교 그래프를 그리게 한 후 이들이 데이터를 그룹화하고 비교할 수 있는지 확인할 수 있는 기회입니다. 데이터 비교는 상대적/절대적일 수 있습니다.

# Drew 박사, 밀도 및 확산: 밀도탑

## 활동 1

주제: 과학, 수학

대상: 학생(8~14세)

### 활동 설명

밀도탑 활동은 학생들에게 밀도의 개념을 소개하고 무게와 부피의 STEM 개념과 쉽게 연결하게 해줍니다. 이 활동을 시나리오의 형태로 안내하세요.

예: 학생들은 눈금실린더 액체에서 특정 액체를 모두 수집하는 데 관심이 있는 시추 회사에서 근무하고 있습니다. 학생들은 밀도 값을 활용하고 눈금실린더 상단으로부터의 거리를 측정하여 눈금실린더 액체가 있는 위치를 예측하는 업무를 담당하게 됩니다. 이 업무를 올바르게 수행하려면 각 액체와 다른 액체의 위치를 비교하여 상대적 위치를 예측해야 합니다. 이 활동에서 학생들은 <, >, = 기호를 사용하며, 미터법 또는 영국식 단위를 사용하는 자를 사용하게 됩니다. 학생들이 액체를 붓고 액체 층을 만들 수 있다는 확신이 들 때까지 아래의 지침을 따라야 합니다.



예상 시간:

이 세션은 일반적으로 20분이 소요됩니다.

### 학습 목표

학생 활동:

- 고체 물질을 사용하여 밀도를 조사합니다.
- 액체를 사용해 밀도를 조사하여 여러 층으로 된 밀도탑을 만듭니다.
- 혈액을 개별 성분으로 분리할 수 있는 이유를 설명합니다.
- 팀 기반 학습 경험에 참여합니다.

- 과학, 기술, 엔지니어링, 수학, 제조, 설계 분야의 STEM<sup>2</sup>D 주제가 수혈을 위해 혈액을 안전하게 분리 및 보관하는 데 사용되는 방식을 배웁니다.
- 측정, 의사 결정, 문제 해결 등 중요한 STEM<sup>2</sup>D 기술을 습득합니다.

## 준비

### 준비물(그룹별)

- 250mL 눈금실린더 1개
- 욕실용 플라스틱 컵 7개
- 식용 물감 1박스
- 옥수수 시럽 30mL
- 초콜릿 시럽 30mL
- 식물성 기름 30mL
- 소독용 알코올 30mL
- 물 30mL
- 전유 30mL
- 과일 음료 30mL
- 막대기 3개(휘젓기용)
- 플라스틱 피펫 5개
- 2인치 투명 테이프 7개
- 네임펜 또는 펜 1개
- 투명한 16온스(454g) 빈 물병/음료수병 1개(저학년 학생의 경우 선택 사항)

### 준비물 예상 비용:

활동 리더는 준비물에 지출할 금액을 그룹당 약 \$8(학급당 \$100 미만)로 계획해야 합니다. \$100의 비용은 여러 학급의 여러 그룹(약 30~40개 그룹)이 참여하기에 충분해야 합니다. 눈금실린더, 욕실용 컵, 막대기, 피펫은 재사용할 수 있습니다. 옥수수 시럽, 초콜릿 시럽, 식물성 기름 소독용 알코올, 우유, 과일 음료를 포함한 대다수/모든 소모품은 여러 학급에서 사용합니다.

## 단계별 지침:

- 학생들은 각 액체의 이름을 해당 컵에 표시해야 합니다.
- 각 그룹은 욕실용 컵을 7가지 액체로 3/4씩 채워야 합니다.
- 우유, 물, 소독용 알코올에 식용 색소 3방울을 넣고 막대기로 저어줍니다. 각각 다른 색상을 사용하세요.
- 학생들은 다음 순서로 액체를 추가해야 합니다.
  1. 옥수수 시럽(붓기)
  2. 초콜릿 시럽(붓기)
  3. 전유(피펫)
  4. 기름(붓기)
  5. 과일 음료(피펫)
  6. 물(피펫)
  7. 소독용 알코올(피펫)
- 학생들은 액체를 추가할 때 어떤 일이 발생하는지 기록해야 합니다.
- 다음으로, 각 액체의 밀도 측정치가 적힌 스티커 노트를 추가합니다.
- 학생들은 관찰한 것을 그리고 밀도탑에서 각 혈액 성분의 위치를 표시해야 합니다. 다양한 혈액 성분의 위치를 표시하기 위해 학생들은 설명된 7개 층을 포함하는 밀도탑을 그립니다. 그런 다음 밀도탑에 있는 다양한 혈액층의 위치를 보여주는 화살표를 그립니다. 예를 들어 혈장과 전유는 거의 같은 위치에 있는 반면 적혈구는 과일 음료 층 내부 또는 그 옆에 있습니다.

물질	밀도
옥수수 시럽	1.4g/mL
초콜릿 시럽	1.18g/mL
전유	1.03g/mL
식물성 기름	0.93g/mL
과일 음료	1.13g/mL
물	1.0g/mL
소독용 알코올	0.79g/mL
전혈	약 1.06g/mL
혈장	약 1.03g/mL
백혈구	약 1.07g/mL
적혈구	약 1.13g/mL

## 확장된 학습

학습 내용을 확장하는 몇 가지 방법은 다음과 같습니다.

- 밀도 외에 서로 다른 액체 간의 눈에 띠는 차이점은 무엇이고, 그 밖의 방법으로는 학생들이 액체 간의 차이를 어떻게 결정할 수 있을까요?
- 학생들에게 질량이 같고 밀도가 다른 물질과 밀도가 같고 질량이 다른 물질의 예를 제시하도록 합니다.
- 재료를 혼합하는 능력이 밀도탑(용해도)에 어떤 영향을 미칠까요?

## 활동 설정

저학년 학생:

- 직접 혼합물을 만들 수 있는 실험대를 만들어서 혼합 가능한지 아니면 분리된 상태를 유지하는지 확인합니다. 준비물은 실험용 물질과 흔들기용으로 사용하는 소형 투명 플라스틱 병(마개 포함)입니다.
- 저학년 학생들은 밀도가 크거나 작은 물질을 다루게 합니다. 고학년 학생들은 수학적 계산을 활용할 수 있습니다.
- 간단히 3층 탑을 만듭니다.
- 배터리, 초콜릿, 마시멜로, 쌀 과자, 쌀, 콩 등과 같이 학생들에게 친숙하면서도 밀도가 매우 상이한 물체와 재료를 사용합니다.
- > 및 < 기호를 사용하여 밀도를 비교합니다.

고학년 학생:

- 더 쉽게 분리하기 위해 자체 원심분리기를 만들려면 어떻게 해야 할까요?
- 좀 더 기술적으로 질량과 부피로 밀도를 측정하는 방법을 설명합니다. 이 경우 저울이 필요할 수 있습니다.

## 일반적인 오해

무거울수록 밀도가 높다.

- [설명] 우리는 무게와 질량으로 사물을 측정합니다. 강철 1파운드는 깃털 1파운드와 무게가 같고 이는 버터 1파운드와 무게가 같습니다. 그러나 밀도는 모두 다릅니다. 무게가 모두 같더라도 1파운드의 깃털(밀도가 더 낮음)이 1파운드의 강철(밀도가 더 높음)보다 더 많은 공간을 차지합니다. 버터는 그 중간에 있습니다.

물질의 밀도는 일정하다.

- [설명] 물질의 밀도는 온도에 따라 변합니다. 물을 가열하면 밀도가 감소합니다. 증발된 물(증기)은 밀도가 가장 낮은 물의 형태입니다. 물을 냉각하면 밀도도 높아집니다. 물은  $4^{\circ}\text{C}$ 에서 가장 밀도가 높고 얼음일 때 밀도가 낮기 때문에 얼음이 물 위에 뜨는 것입니다.

물질의 양을 변경하여 밀도를 변경할 수 있다.

- [설명] 물질의 양을 변경하면 물체의 질량이나 무게는 바뀌지만 밀도는 그대로 유지됩니다. 예를 들어 물의 밀도를 변경하려면 물을 가열(밀도가 낮아짐)하거나 냉각(밀도가 높아짐)해야 합니다.

배는 물에 떠야 하므로 물보다 밀도가 낮아야 한다(부력과 밀도 혼동).

- [설명] 물 위에 뜨는 배는 물보다 밀도가 높지만 치환되는 물의 양 때문에 뜨게 됩니다. 더 많은 양의 물이 치환되면(부력) 배가 물 표면에 더 쉽게 뜨게 됩니다. 배의 모양을 거대한 정육면체로 바꾸되 무게는 그대로 유지하면 배는 가라앉게 됩니다.

# Drew 박사, 밀도 및 확산: 액체 확산

## 활동 2

주제: 과학, 수학

대상: 학생(8~14세)

### 활동 설명

확산 활동에서 학생들은 에너지, 온도, 용기 모양(표면적) 등 속도에 영향을 미치는 여러 변수를 조작해보면서 액체의 확산 개념에 대해 알아봅니다. 확산은 분자가 고농도 영역에서 저농도 영역으로 무작위 이동하는 것입니다. 이러한 확산 실험에서 그룹은 모든 실험에서 같은 색상을 사용해야 하는데, 염료 분자의 분량이 서로 달라 다른 결과를 초래할 수 있기 때문입니다. 이 실험 또한 흥미로운 테스트입니다. 이 활동을 시나리오의 형태로 안내하세요.

예: 학생들에게 확산 및 용기 모양 활동을 제시할 때 이를 해결해야 할 과제로 전환하세요. Drew 박사와 다른 혈액 연구자들이 다루었던 실제 시나리오를 활용할 수 있습니다. 학생들에게 물이 최대한 오랫동안 평형 상태에 도달하지 않게 하는 용기를 선택해야 한다고 말합니다. Drew 박사의 경험처럼 확산 속도를 늦추는 용기를 사용합니다. Drew 박사는 적혈구에서 혈장으로 칼륨이 확산되는 속도를 늦추기 위해 노력했습니다. 식용 색소가 물속으로 이동하는 속도를 최대한 늦춥니다.

두 가지 용기 옵션이 있습니다. 학생들이 사용하기에 적합한 용기를 찾은 다음 서로 다른 온도의 물을 사용하여 확산 속도를 늦출 수 있는지 파악해야 합니다.



**예상 시간:**  
이 세션은 일반적으로 30분이 소요됩니다.

### 학습 목표

학생 활동:

- 물속 식용 색소의 확산을 관찰하고 설명합니다.
- 물의 온도가 확산 속도에 어떤 영향을 미치는지 설명합니다.

- 용기 모양과 표면적이 액체의 확산 속도에 어떤 영향을 미치는지 관찰하고 설명합니다.
- 팀 기반 학습 경험에 참여합니다.
- 과학, 기술, 엔지니어링, 수학, 제조, 설계 분야의 STEM<sup>2</sup>D 주제가 수혈을 위해 혈액을 안전하게 분리 및 보관하는 데 사용되는 방식을 배웁니다.
- 측정, 의사 결정, 문제 해결 등 중요한 STEM<sup>2</sup>D 기술을 습득합니다.

## 준비

### 준비물(그룹별)

- 수돗물
- 얼음(또는 차가운 물)
- 전자레인지/열판
- 식물성 기름 30mL
- 식용 물감 1박스
- 16온스(454g)의 투명 플라스틱 컵 3개
- 욕실용 플라스틱 컵 2개
- 막대기 2개
- 250mL 눈금실린더 1개
- 타이머/시계/휴대폰(선택 사항)
- 온도계(선택 사항) 1개
- 일회용 커피 컵 1개

### 준비물 예상 비용:

활동 리더는 준비물에 지출할 금액을 그룹당 약 \$5(학급당 \$100 미만)로 계획해야 합니다. \$100의 비용은 여러 학급의 여러 그룹(약 30~40개 그룹)이 참여하기에 충분해야 합니다. 눈금실린더, 욕실용 컵, 막대기, 피펫과 같은 소모품은 재사용할 수 있습니다.

## 단계별 지침:

### 물속 확산(교사 시연)

- 학생들에게 식용 색소 몇 방울을 물에 첨가할 때 어떤 일이 일어날지 예측하도록 합니다.
- 물에 식용 색소 몇 방울을 떨어뜨립니다.
- 학생들은 식용 색소가 컵에서 평형 상태를 이룰 때까지 기다릴 필요는 없지만, 우리가 감지하지 못하는 순간에도 확산 및 분자 운동이 계속 이루어지고 있다는 사실을 이해해야 합니다. 식용 색소를 추가하면 이 과정을 관찰할 수 있습니다.

### Drew 박사의 관점: 확산과 온도의 관계

- 각 팀은 플라스틱 컵 2개를 준비합니다.
- 하나는 차가운 물을, 다른 하나는 전자레인지에서 1분간 데운 물을 채웁니다. 전자레인지에서 물을 데울 때는 일회용 커피 컵을 사용하세요. 뜨거운 물을 취급할 때는 주의하세요.
- 학생들은 어떤 컵에서 식용 색소가 더 빠르게 확산되고 더 빠르게 평형 상태에 도달할지 예측해야 합니다.
- 각 컵에 같은 양의 물을 담습니다.
- 각 컵 안의 한가운데에 식용 색소 4방울을 첨가합니다. 이때 같은 색을 사용해야 합니다.
- 5~10분 동안 관찰합니다. 무엇을 관찰해야 할까요? 어떤 컵의 확산 속도가 더 빠를까요? 그 이유는 무엇일까요? 이 가설을 어떻게 테스트할 수 있을까요?
- 참고: 지금이 고학년 학생들이 온도가 확산 속도에 얼마나 영향을 미치는지 측정하기 위해 온도계와 타이밍 장치를 사용하기에 최적의 시점입니다. 저학년 학생들은 <, >, = 기호에 집중하게 하세요.

### Drew 박사의 관점: 확산과 용기 모양의 관계

- 각 그룹의 학생들은 눈금실린더와 16온스의 투명 플라스틱 컵을 준비합니다.
- 각 용기에 실온의 물 200mL를 채웁니다. 각 용기의 물 온도는 같아야 합니다.
- 학생들은 어떤 용기를 채운 물에서 식용 색소가 더 빠르게 확산되고 더 빠르게 평형 상태에 도달할지 예측해야 합니다.
- 다음으로 두 플라스틱 컵에 식물성 기름 30mL를 붓습니다.
- 식물성 기름을 담은 각 컵에 식용 색소 6방울을 첨가하고 식용 색소가 고르게 섞일 때까지 세게 저어줍니다. 식용 색소는 수용성이며 기름과 완전히 섞이지 않습니다.
- 물이 담긴 각 용기에 기름을 천천히 붓습니다.

- 학생들은 각 용기에서 관찰한 내용과 어떤 용기에서 평형 상태에 가장 먼저 도달하는지 기록해야 합니다.
- 5~10분 동안 기름층, 물층, 계면(기름과 물이 닿는 영역)을 관찰합니다. 각 용기를 관찰한 후 무엇을 알게 되었나요?
- 색소가 물속으로 들어갈 때 식물성 기름에 어떤 일이 발생하나요?
- 색소가 기름에서 이동할 때 물에 어떤 일이 발생하나요?
- 학생들에게 이 활동과 Drew 박사의 경험 사이의 유사점과 차이점을 설명하도록 합니다. 학생들이 시간, 온도 등의 차이에 대해 생각하도록 독려합니다.

## 확장된 학습

학습 내용을 확장하는 몇 가지 방법은 다음과 같습니다.

1. 다양한 혈액 보관 용기의 장단점은 무엇인가요?
2. 다른 구배 유형으로는 어떤 것이 있나요(예: 압력, 온도 등)? 이들은 서로 얼마나 같고 어떻게 다른가요?
3. Frederick McKinley Jones는 누구일까요? 그는 채혈 및 혈액 보관과 어떤 관계가 있나요?
4. 냉장 보관이 혈액 부패 속도를 늦추는 이유는 무엇인가요?

## 활동 수정

저학년 학생:

- 준비된 학생들은 다양한 모양의 표면적을 측정하는 방법을 배울 수 있습니다.
- 새로운 기술을 개발하는 이유는 무엇인가요?
- 새로운 기술을 개발하는 과정에서 발생할 수 있는 어려움은 무엇인가요?
- 지금껏 경험한 것 중 가장 큰 변화라고 생각되는 것은 무엇인가요?  
(유선전화에서 휴대폰으로, 택시에서 차량 공유 앱으로, 등)
- 개선할 수 있는 문제는 무엇인가요? 어떻게 해야 할까요? 무엇을 알아야 하나요? 누구와 협력해야 하나요? 역사나 다른 학문을 알아야 하나요?

## 고학년 학생:

- 이는 학생들에게 향상의 기회로 활용될 수 있습니다. 차세대 과학 표준(ETS)의 모든 엔지니어링, 기술 및 과학 표준 애플리케이션:
  - 이 기술을 개발하는 이유는 무엇인가요?
  - 이 과정에서 발생할 수 있는 어려움은 무엇인가요?
  - 지금껏 경험한 것 중 가장 큰 변화라고 생각되는 것은 무엇인가요?
  - 개선할 수 있는 문제는 무엇인가요? 어떻게 해야 할까요? 무엇을 알아야 하나요? 누구와 협력해야 하나요? 역사나 다른 학문을 알아야 하나요? 이 문제를 해결하기 위해 어떤 기술적 또는 과학적 발전이 필요한가요?
- 학생들에게 평소 생활에서 개선해야 할 점을 찾아보도록 합니다. 실생활에서 이러한 개선을 위해 수행할 계획을 수립하도록 합니다.
- 준비된 학생들은 2, 3차원 물체의 표면적을 측정하고 이를 다른 용기의 확산 활동에 다시 활용하는 방법을 배울 수 있습니다.
- 확산은 공기 및 수질 오염과 어떤 관계가 있고 전 세계 사람들에게 어떤 영향을 미칠까요?

## 일반적인 오해

확산 속도는 빠르다(예: 상어가 물에서 피를 감지).

- [설명] 확산은 개별 분자의 이동에 따르는 매우 느린 과정입니다. 예를 들어 1갤런의 물에 식용 색소 몇 방울을 떨어뜨리면 염료가 물 전체에 균일하게 퍼지는 데 몇 시간이 걸릴 수 있습니다. 확산 속도는 촉진 확산으로 알려진 과정에서 증가할 수 있습니다. 촉진 확산 시 분자는 공기와 물의 흐름으로 인해 더 빠른 속도로 고르게 퍼집니다(예: 스푼을 사용해 물과 염료 혼합). 촉진 확산에는 에너지가 필요합니다. 상어는 물의 흐름 덕분에 멀리서도 빠르게 물속의 피를 감지할 수 있습니다.

# Drew 박사, 밀도 및 확산: 적혈구의 확산

## 활동 3

주제: 과학, 수학

대상: 학생(8~14세)

### 활동 설명

이 활동에서는 학생들에게 체내의 경우처럼 막을 통해 확산이 일어나는 방식을 소개합니다. 학생들은 앞서 학습한 확산의 개념을 바탕으로 우리 몸의 적혈구를 모델링한 모형을 만들고 인체에서 기체 확산이 어떻게 일어나는지 알아보게 됩니다. 학생들에게 적혈구 모형을 제시할 때 학생들이 표면적, 부피, 크기 및 규모라는 개념을 활용하도록 합니다.



예상 시간:

이 세션은 일반적으로 30분이 소요됩니다.

### 학습 목표

학생 활동:

- 산소와 이산화탄소가 확산에 의해 적혈구 안팎으로 어떻게 이동하는지 보여주는 모형을 만들어 사용합니다.
- 팀 기반 학습 경험에 참여합니다.
- 과학, 기술, 엔지니어링, 수학, 제조, 설계 분야의 STEM<sup>2</sup>D 주제가 수혈을 위해 혈액을 안전하게 분리 및 보관하는 데 사용되는 방식을 배웁니다.
- 측정, 의사 결정, 문제 해결 등 중요한 STEM<sup>2</sup>D 기술을 습득합니다.

### 준비

준비물(그룹별)

- 10cm 투석 튜브 2개
- 식용 색소 박스의 색상 1개

- 욕실용 플라스틱 컵 4개
- 물
- 고무 밴드 6개
- 일회용 커피 컵 1개
- 네임펜 1개
- 타이머/시계/휴대폰(선택 사항)
- 온도계(선택 사항) 1개
- 막대기 1개
- 플라스틱 피펫 1개

### **준비물 예상 비용:**

활동 리더는 준비물에 지출할 금액을 그룹당 약 \$5(학급당 \$50 미만)로 계획해야 합니다. \$50의 비용은 여러 학급의 여러 그룹(약 20~30개 그룹)이 참여하기에 충분해야 합니다. 투석 튜브, 욕실용 컵, 고무 밴드, 커피 컵, 막대기, 피펫과 같은 소모품은 재사용할 수 있습니다. 식용 색소와 같은 소모품은 여러 용도로 사용할 수 있습니다.

### **단계별 지침:**

아래의 모든 실험은 물의 온도를 다르게 하여 수행할 수 있습니다. 결과를 더 빠르게 관찰하려면 따뜻한 물을 사용하고, 그 반대의 경우도 마찬가지입니다.

#### **산소 흡수**

- 10cm 길이의 투석 튜브를 잘라 준비합니다.
- 액체가 새지 않도록 고무 밴드로 투석 튜브의 한쪽 끝을 단단히 묶어 밀봉합니다.
- 투석 튜브의 약 60~75%를 물로 채웁니다.
- 액체가 투석 튜브 안으로 들어가거나 튜브에서 나오지 않도록 튜브의 다른 쪽 끝을 고무 밴드로 단단히 묶어 밀봉합니다.
- 일회용 커피 컵을 사용하여 전자레인지에서 1분 동안 물을 데웁니다.
- 데운 물에 식용 색소를 3방울 첨가하고 저어줍니다.
- 데운 후 염색된 물로 욕실용 플라스틱 컵을 3/4 정도 채웁니다.

- 고무 밴드로 묶은 투석 튜브를 염색된 물이 담긴 욕실용 플라스틱 컵 안에 넣습니다.
- 15분 동안 5분 간격으로 튜브를 관찰합니다.
- 15분 후 염료를 첨가하지 않은 물과 색깔을 서로 비교합니다. 관찰한 내용을 기록합니다.
- 튜브 속 물의 색깔을 최종적으로 관찰하기 위해, 고무 밴드를 풀고 튜브 속 물을 깨끗한 플라스틱 컵에 부어 깨끗한 물과 비교합니다.

**정리:** 학생들에게 적혈구와 같은 반투막인 투석 튜브가 어떻게 일부 물질은 통과시키지만 다른 물질은 차단하는지 토론할 시간을 줍니다. 학생들이 염료가 체내 산소와 마찬가지로 컵에서 튜브 내부로 농도 구배를 따라 이동한다는 것을 이해하도록 지도합니다. 염료는 튜브 외부의 물에 더 많이 농축되며 염료와 물 분자의 무작위 이동에 의해 농도가 낮은 곳으로 이동합니다.

### 이산화탄소 배출

- 10cm 길이의 튜브를 잘라 준비합니다.
- 액체가 새지 않도록 고무 밴드로 투석 튜브의 한쪽 끝을 단단히 묶어 밀봉합니다.
- 투석 튜브의 약 60~75%를 물로 채웁니다.
- 튜브에 식용 색소를 3방울 첨가합니다.
- 액체가 투석 튜브 안으로 들어가거나 튜브에서 나오지 않도록 튜브의 다른 쪽 끝을 고무 밴드로 단단히 묶어 밀봉합니다.
- 종이 타월을 사용하여 튜브의 끝과 바깥쪽에서 최대한 많은 염료를 닦아냅니다.
- 일회용 커피 컵을 사용하여 전자레인지에서 1분 동안 물을 데웁니다.
- 데운 물로 욕실용 플라스틱 컵을 3/4 정도 채웁니다.
- 고무 밴드로 묶은 투석 튜브를 염색된 물이 담긴 욕실용 플라스틱 컵 안에 넣습니다.
- 15분 동안 5분 간격으로 욕실용 플라스틱 컵을 관찰합니다.
- 15분 후 물에서 튜브를 꺼내 컵 안의 물과 깨끗한 물의 색깔을 서로 비교합니다. 관찰한 내용을 기록합니다.

**정리:** 학생들에게 적혈구와 같은 반투막인 투석 튜브가 어떻게 일부 물질은 통과시키지만 다른 물질은 차단하는지 토론할 시간을 줍니다. 학생들이 염료가 폐 속 이산화탄소와 마찬가지로 튜브 내부에서 컵 속 물로 농도 구배를 따라 이동한다는 것을 이해하도록 지도합니다. 염료는 튜브 내부에 더 많이 농축되며 염료와 물 분자의 무작위 이동에 의해 농도가 낮은 곳으로 이동합니다.

### 학생 고찰(10분)

학생들이 다음 질문에 답하여 이 활동에 대해 생각해 볼 수 있도록 합니다.

- Drew 박사에 대해 무엇을 알게 되었나요?
- 재미있었나요? 어떤 점이 재미있었나요?
- 오늘의 활동에 대해 누구에게 얘기할 건가요? 그 이유는?
- (완료한 활동 목록)에서 무엇을 배웠나요?
- 엔지니어링 설계 분야의 진로에 관심이 생겼나요? 설명해 주세요.

몇 분 후에 학생들에게 자신의 생각을 나누어달라고 요청합니다.

학생들의 참여에 대한 감사 인사를 합니다.

각 학생에게 수료증을 주기에 좋은 시점입니다. 각 학생의 이름과 Johnson & Johnson 자원봉사자의 서명을 미리 작성하여 준비해 두세요. 또한 WiSTEM<sup>2</sup>D 포스터를 각 학생에게 전달합니다.

### 확장된 학습

학습 내용을 확장하는 몇 가지 방법은 다음과 같습니다.

1. 이 실험에서 확산은 몇 분에 걸쳐 이루어집니다. 체내에서 이 과정이 더 빠르게 일어나는 이유는 무엇일까요?
2. 인체 내 세포에서의 확산 과정이 이 활동만큼 오래 걸린다면 어떻게 될까요?
3. 우리는 왜 숨을 쉴까요? 산소와 이산화탄소를 이동하기 위해 확산에 의존할 수 없는 이유는 무엇일까요?

## 활동 리더 고찰

- 활동을 마친 후 몇 분 동안 다음 사항에 대해 생각해 보세요.
- 효과가 있었던 점과 개선이 필요한 점은 무엇이었나요?
- 다음에는 무엇을 다르게 하시겠어요?
- 학습 경험을 이끌 때 얼마나 편안한 느낌이셨나요?
- STEM<sup>2</sup>D 개념을 더 잘 이해하고 계신가요?
- Spark WiSTEM<sup>2</sup>D에 나온 정보는 얼마나 유용했나요?
- 이런 경험에 다시 자원하시겠어요?

## 활동 수정

### 저학년 학생:

- 이러한 활동을 크기 및 시간 척도와 연결합니다.
- 물의 온도를 서로 다르게 하여 투석 튜브 활동을 시도하고 <, >, = 기호를 사용하여 염료의 이동 속도를 비교합니다.
- 학생들에게 컵 안의 물이 튜브 안의 물과 평형 상태를 이루는 데 걸리는 시간을 예측하고 측정하도록 합니다.

### 고학년 학생:

- 이러한 활동을 폐 질환과 관련지어 해당 질환이 폐 속 가스 교환을 어떻게 방해하는지 알아봅니다.
- 이러한 활동을 크기 및 시간 척도와 연결합니다.
- 물의 온도를 서로 다르게 하여 투석 튜브 활동을 시도하고 학생들에게 수온 상승에 따른 확산 속도의 변화를 그래프로 나타내도록 합니다.
- 학생들에게 적혈구 질환, 질병에 걸리기 쉬운 개인에게 미치는 영향, 관련 질병(예: 겸상 적혈구 빈혈증, 철 결핍증, 지중해 빈혈 등)에 대한 질병에 걸리는 것의 이점(있는 경우) 등을 조사하도록 합니다.

## 일반적인 오해

### 적혈구는 살아있지 않다.

- [설명] 적혈구는 살아있는 세포입니다. 인체 내 다른 대부분의 세포와 달리 미토콘드리아, 핵 등 다른 세포가 갖고 있는 많은 세포기관을 갖고 있지 않습니다. 적혈구는 대사 능력이 제한적이며, 대부분의 세포와 마찬가지로 에너지 생산을 위해 포도당에 크게 의존합니다.

## 모든 동물의 적혈구는 인간의 적혈구와 같다.

- [설명] 인간의 적혈구에는 핵이 없지만 새나 양서류와 같은 동물의 적혈구에는 핵이 있습니다.

## STEM<sup>2</sup>D 경력 연결

학생들에게 필수 교육, 훈련, 직무를 포함하여 다음과 같은 직업을 소개합니다.

- 의사
- 간호사
- 선수 트레이너
- 사혈 전문의
- 분자 생물학자
- 단백질 생물학자
- 스포츠 퍼포먼스 코치(최대산소섭취량)
- 재료 과학자
- 발명가
- 지구 과학자
- 수문학자
- 고고학자

## 참고자료

### Charles Drew 박사에 관한 정보

- Hardwick, R.(1967). Charles Richard Drew: Pioneer in Blood Research. New York, USA. Charles Scribner's Sons.
- Love, S.(1996). One Blood: The Death and Resurrection of Charles R. Drew. The University of North Carolina Press Chapel Hill and London.
- <https://profiles.nlm.nih.gov/BG/>
- <https://www.youtube.com/watch?v=hANr29x4yTA>

### 수혈과 헌혈의 역사

- <https://stanfordbloodcenter.org/a-brief-history-of-blood-transfusion-through-the-years/>

- <https://www.redcrossblood.org/donate-blood/blood-donation-process/what-happens-to-donated-blood/blood-transfusions/history-blood-transfusion.html>
- <http://www.aabb.org/tm/Pages/highlights.aspx>
- <http://givingblood.org/about-blood/history-of-blood-banking.aspx>
- <https://www.blood.co.uk/the-donation-process/after-your-donation/the-journey-of-a-blood-donation/>

### 심장에 관한 정보

- <https://cvm.ncsu.edu/10-amazing-animal-heart-facts/>
- <https://www.youtube.com/watch?v=TmcXm-8H-ks>
- <https://www.youtube.com/watch?v=xWkeidr2T8o>
- <https://www.healthline.com/health/blood-cell-disorders>

### Drew 박사가 사용한 혈액 보관 용기에 관한 정보

- <https://patents.google.com/patent/US2301710A/en>

## 활동 리더 체크리스트:

해당 사항에 체크하세요 . . .

- Spark WiSTEM<sup>2</sup>D를 읽었나요? 청소년들과 함께 활동하는 데 관심이 있는 모든 자원봉사자들의 필독 자료입니다. STEM2D 원칙 및 철학을 정의하고 연구 기반 전략 및 팁을 제공하여 여학생들의 참여와 상호활동을 지원합니다. [www.STEM2D.org](http://www.STEM2D.org)에서 다운로드하세요.
- 진행 현장을 방문하여 청소년들을 관찰했나요? (선택 사항) 방문했다면 다음 사항에 대해 생각해 보세요.
  - 현장에서 질서 있는 참여를 장려하는 방법은 무엇인가요? 예를 들어, 청소년들이 질문에 대답하거나 토론할 때 손을 드나요? 방해 요소는 어떻게 처리하나요? 청소년들의 수업 관리에 잠재적인 문제가 있나요?
  - 각 학생이 중요한 존재라고 느끼고 편안할 수 있도록 현장에서는 무엇을 하고 있나요?
  - 강의실이 정돈되어 있나요? 프레젠테이션을 위해 책상이나 의자를 옮겨야 하나요?
  - 현장 담당자를 어떻게 프레젠테이션에 참여시킬 수 있을까요?
- 현장 담당자와 만나 실행 계획을 마무리했나요?
  - 활동의 날짜, 시간 및 위치를 확인했나요?
  - 학생 수를 확인했나요? 인원수를 알면 학생들을 팀으로 그룹화하는 방법과 구매할 자료를 결정하는 데 도움이 됩니다.
- 필요에 따라 자원봉사자를 다시 모집하시겠어요?
- 활동 준비:
  - 진행 전에 전체 활동 텍스트를 읽으셨나요?
  - 자신의 배경 및 경험은 물론 지역 사회 내 학생들의 문화적 규범과 언어를 반영하도록 맞춤식 활동을 구성했나요?
  - 내 이야기 말하기 양식을 작성해서 학생들에게 자신의 학력과 경력에 대해 이야기해줄 준비를 했나요?
  - 이 활동을 위해 팀이 필요한 경우, 사전에 교사에게 학생들을 팀으로 구성하도록 요청하세요.
- 실습, 사고 집중 활동을 포함한 프레젠테이션을 연습해보셨나요? 다음 사항을 확인하세요.
  - 활동을 수행하고, 필요에 따라 학생들에게 개념을 설명하고 정답을 알고 있는지 확인합니다.
- 필요한 자료(준비물 및 준비물 예상 비용 섹션 참조)를 확보하고, 준비 섹션에 요청된 경우 학생 배포 자료 및 재료 테스트 시트를 복사합니다. 또한,
  - 각 팀이 준비물 섹션에 나열된 모든 것을 확보할 수 있도록 자료를 구성합니다. 단, 일부 자료는 팀 간에 공유됩니다.
- 공간을 준비했나요? 특히, 다음 사항을 확인하세요.
  - 학생팀을 수용할 수 있도록 테이블과 의자를 배치합니다.
  - 필요한 경우 카메라를 가져와 사진을 찍습니다.
- 해당되는 경우, 활동을 수행하기 위해 동의서와 사진 권리포기각서 양식을 받아서 수집했나요?
- 즐거운 시간을 보내세요!

## “내 이야기 말하기” 양식

이 양식은 활동 리더로서 봉사하는 자원자들이 자신의 STEM<sup>2</sup>D 관심사, 교육 및 진로에 관해 이야기를 준비할 수 있도록 해줍니다.

### 자기소개

이름: \_\_\_\_\_

직함: \_\_\_\_\_

회사: \_\_\_\_\_

STEM<sup>2</sup>D에 관심을 두게 된 시기와 그 이유는 무엇인가요? \_\_\_\_\_

---

---

이 활동을 통해 어린 사람들, 특히 소녀들이 무엇을 얻기를 바라세요? \_\_\_\_\_

---

---

### 흥미를 끌 수 있는 이야기

자신의 배경 정보를 어느 정도 공유하세요. 아이디어:

- 처음 STEM에 “관심”이나 “흥미”를 느꼈던 어린 시절의 기억을 공유하세요.
- 그 과정을 상세히 설명하고, 시도하고 배운 내용, 성공을 위한 단계 등을 강조해 보세요.
- 실패나 좌절의 경험도 좋은 이야기거리입니다. 어려움 및/또는 도전과 극복해낸 방법을 이야기해 보세요.

### 학력 및 경력

중고등학교 및 학부에서 가장 도움이 되었거나 흥미로웠던 수업이나 강좌가 있나요? \_\_\_\_\_

처음 STEM<sup>2</sup>D 진로를 추구하고 싶다고 생각한 계기가 있나요?

---

다녔던 교육 기관이나 학위를 포함하여 고등학교 졸업 후 어떤 과정을 거쳤나요? 전공 분야를 바꿨다면 학생들에게 이유를 설명해주세요.

---

---

현재 직책에서 하는 일 평소 근무일에 STEM<sup>2</sup>D를 어떻게 사용하는지를 포함하세요.

---

---

## **Charles Drew 박사: 혈액 연구를 통한 생명 연장**

### **1. 활동 1: 밀도탑**

- 밀도정의:
- 가설은 무엇인가요?
- 관찰한 내용은 무엇인가요?

---

### **2. 활동 2: 액체 확산**

- 확산정의:
- 식용 색소는 찬물이나 뜨거운 물 중 어디에서 더 빠르게 퍼지나요? 그 이유는?
- 어떤 용기 형태에서 더 빠르게 평형 상태에 도달하나요? 그 이유는?

---

### **3. 활동 3: 적혈구의 확산**

- 가설은 무엇인가요?
- 체내에서 이 과정이 더 빠르게 일어나는 이유는 무엇일까요?



Smithsonian  
*Science Education Center*

Johnson & Johnson



NATIONAL MUSEUM  
of AFRICAN AMERICAN  
HISTORY & CULTURE

Smithsonian