

생활화학제품 노출사고 예방을 위한 실천 체크리스트

순천향대학교 구미병원 환경보건센터(환경독성 분야)는 2021년부터 「생활화학제품 노출사고 예방을 위한 실천 체크리스트」를 영·유아 보호자용과 일반인용 버전으로 제작하여 일반 국민에게 제공하고 있습니다. 화학제품안전법에 따라 환경부가 지정한 안전확인대상생활화학제품과 일반 소비자가 자주 사용하는 생활 밀착형 화학제품에 대한 노출 사고를 예방하기 위한 목적으로 제공하고 있습니다.

체크리스트 설문조사 개요

- 조사대상** 전국 영유아 가족의 보호자, 일반 성인(20~70대)
- 조사방법** 온라인 / 모바일 / 대면 설문조사
- 조사규모** 3,122명 (영유아 보호자 1,490명, 일반 성인 1,632명)
- 조사기간** 2021년 1월 ~ 2023년 11월
- 조사기관** 순천향대학교 구미병원 환경보건센터 (주)엠브레인퍼블릭
- 조사내용** 영유아 보호자용, 일반인용으로 구분하여 각 10개 문항

조사결과

- 영유아 보호자**는 '사고 예방조치' 문항의 실천율이 21년 도보다 6%p 상승하였으며, '안전지침 준수' 문항은 21년 도 대비 4%p 상승
- 일반인**은 '사고 예방조치' 문항의 실천율이 21년보다 3%p 감소하였으며, '안전지침 준수' 및 '오·남용 예방' 문항은 21년 대비 2%p 이상 실천율 상승
- 순천향대구미병원 환경보건센터는 체크리스트 결과 및 예방대책을 홈페이지(<http://schehc.or.kr/>)를 통해 제공

✓ 영유아 보호자용 체크리스트

보호자의 부주의로 영유아에게 노출될 수 있는 상황을 대처 및 예방할 수 있어요.

- 넘어지거나 떨어지는 제품
- 이물질을 삼키는 행위
- 화상이나 감전사고 등



✓ 일반인용 체크리스트

제품 설명서 및 사용방법 미숙으로 인한 사고와 고령 인구 증가로 인한 안전사고를 예방할 수 있어요.

- 순간접착제와 안약 오인 사용
- 락스+산성세제 혼합 사용 등

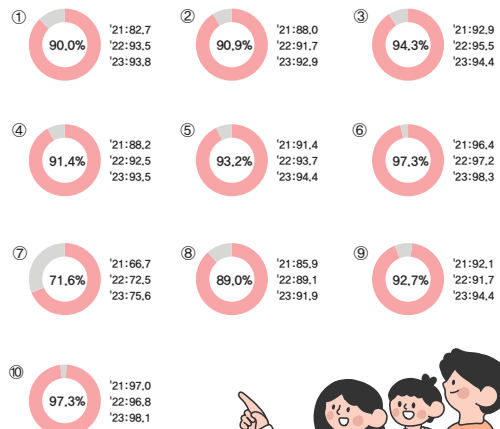


영유아 보호자용 실천 체크리스트 문항

- 영유아들이 방화제나 나프탈렌 등을 장난감으로 오인하여 가지고 놀지 않도록 예방조치를 하고 있습니까? 예 아니요
방화제와 나프탈렌에 고농도 노출시 쇼비만, 지능저하, 염색제 이상 등의 위험을 높입니다.
- 살충제(모기약, 모기기피제)는 영유아가 있는 장소에서 사용하지 않도록 하고 있습니까? 예 아니요
영유아들은 성인보다 더 자주 호흡을 하고, 바닥을 기어 다니기 때문에 잔류성 살충제 노출위험이 더 높습니다.
- 모기기피제 사용시, 영유아가 단독으로 사용하지 않도록 예방조치를 하고 있습니까? 예 아니요
모기기피제의 주성분인 디에틸루아미드의 지나친 사용은 두통, 발작 등을 포함한 신경장애를 유발할 가능성이 있습니다.
- 시럽 등의 약, 알콜 음료는 주스가 아니라는 것을 영유아에게 가르치고 있습니까? 예 아니요
영유아가 시럽 등의 약, 알콜음료를 주스로 착각하여 마신 사고사례가 있습니다.
- 세제류(섬유유연제, 세탁세제)는 영유아의 손이 닿지 않는 곳에 보관하고 있습니까? 예 아니요
먹는 젤리 제품과 색깔, 모양 등이 비슷한 캡슐형 세제를 영유아들이 삼킨 사고사례가 있습니다.
- 접착제 사용 후 뚜껑을 잘 닫고 주의해서 보관하고 있습니까? 예 아니요
뚜껑이 닫히지 않은 접착제가 쏟아지 눈이나 피부에 노출되는 사고사례가 있습니다.
- 장난감 외부표징에 표시되어있는 '대상연령'을 지키고 있습니까? 예 아니요
사용법 및 오용을 고려하여 안전 기준에 적합한 평균 연령을 설정하고 있습니다.
- 메니큐어, 아세트, 양수는 영유아 앞에서 사용하지 않도록 주의하고 있습니까? 예 아니요
휘발성 유기화합물은 피부점촉 시 자극을 줄 수 있고, 오랜 시간 노출되면 독성을 유발하여 영유아에게 특히 위험합니다.
- 가전제품의 리모컨이나 장난감 리모컨지 뚜껑은 확실하게 닫혀 있고, 뚜껑의 나사는 풀리지 않게 관리하고 있습니까? 예 아니요
영유아들이 리모컨지를 삼킨 이후 출혈과 심한 조직손상(화상, 계막, 천공) 등의 합병증 발생, 사망사고 사례가 있습니다.
- 자동차 전용제품(위서맥, 부동액) 및 구두약은 영유아의 손에 닿지 않는 장소에 보관하고 있습니까? 예 아니요
자동차 위서맥, 부동액 등을 푸른색 액체로 착각하여 마신 사고사례가 있습니다.

영유아 보호자용 실천 체크리스트 결과 ('21~'23)

- 사고 예방조치(1, 2, 3, 4문항) '21년: 88.0%, '22년: 93.3%, '23년: 93.7%
▶ 매년 0.4%p 이상 실천율 상승
- 안전지침 준수(5, 6, 7, 8, 9, 10문항) '21년: 88.3%, '22년: 90.2%, '23년: 92.1%
▶ 매년 1.9%p 이상 실천율 상승



'21년: 532명 '22년: 506명 '23년: 480명



일반인용 실천 체크리스트 문항

- ① 세제류나 살충제 등 생활화학제품을 사용할 때 사용방법, 주의사항을 반드시 읽고 지키고 있습니까? 예 아니요
- ② 주방용 세제는 주스나 식용유 등과는 구분하여 다른 곳에 보관하고 있습니까? 예 아니요
- ③ 주방용 세제를 주스, 식용유와 같이 보관하여 섭취한 후 구토, 복통 등의 중독증상이 발생한 사고사례가 있습니까. 예 아니요
- ④ 표백제 또는 섬유유연제를 물컵이나 페트병 등에 나누어 담아 사용하지 않도록 주의하고 있습니까? 예 아니요
- ⑤ 물컵에 있는 섬유유연제를 주스로 착각하여 마신 후 중독증상이 발생한 사고사례가 있습니까. 예 아니요
- ⑥ 두 종류 이상의 화학제품을 혼합하거나 병용하지 있습니까? 예 아니요
- ⑦ 락스와 세제를 섞어서 사용할 경우 유해가스가 발생할 수 있습니까. 예 아니요
- ⑧ 스프레이식 살충제를 사용할 때는 사용중인 것을 주위에 알리고, 충분히 환기하고 있습니까? 예 아니요
- ⑨ 분사되는 화학물질에 호흡기 노출시, 피부에 바르는 것보다 체내 흡수율이 높습니까. 예 아니요
- ⑩ 살균소독제품 구매 시 제품 뒷면 표기사항에 신고·승인된 번호가 있는지 확인하십니까? 예 아니요
- ⑪ 주방용 세제를 주스, 식용유와 같이 보관하여 섭취한 후 구토, 복통 등의 중독증상이 발생한 사고사례가 있습니까. 예 아니요
- ⑫ 외관이 비슷한 안약과 접착제, 방향제와 시탕 등은 보관용기와 장소를 구분하여 보관하고 있습니까? 예 아니요
- ⑬ 접착제를 안약으로 오인하여 발생한 사고, 방향제를 시탕으로 오인하여 섭취한 사고사례가 있습니까. 예 아니요
- ⑭ 방향제를 밀폐된 장소에서 사용하지 않도록 주의하고 있습니까? 예 아니요
- ⑮ 에탄올 증기를 흡입하면 기침, 목 통증 등이 생길 가능성이 있습니까. 예 아니요
- ⑯ 스프레이식 화학제품을 사용할 때는, 흡입하지 않도록 분사구와 풍향을 확인하여 사용하고 있습니까? 예 아니요
- ⑰ 영유아가 실수로 눈과 입에 분사하여 호흡근력이 발생한 사고사례가 있습니까. 예 아니요
- ⑱ 어두운 곳이나 안경을 쓰지 않는 등, 잘 보이지 않는 상황에서 화학제품을 사용하지 않도록 주의하고 있습니까? 예 아니요
- ⑳ 잘 보이지 않는 상황에서 화학제품 사용으로 인한 사고사례가 있습니까. 예 아니요

일반인용 실천 체크리스트 결과 ('21~'23)


● 사고 예방조치(1, 5, 6문항) '21년: 62.3%, '22년: 57.7%, '23년: 59.3%
▶'22년 대비 '23년 실천율 1.6%p 상승

● 오남용 예방(2, 3, 4, 7문항) '21년: 83.9%, '22년: 90.0%, '23년: 87.0%
▶'22년 대비 '23년 실천율 3.0%p 하락

● 안전지침 준수 (8, 9, 10문항) '21년: 83.1%, '22년: 85.6%, '23년: 85.4%
▶'21년 대비 '23년 실천율 2.3%p 상승

①	63.9%	'21:71.5 '22:59.9 '23:60.4
②	87.9%	'21:84.6 '22:91.3 '23:87.9
③	88.1%	'21:84.2 '22:91.8 '23:88.4
④	84.1%	'21:82.7 '22:87.1 '23:82.6
⑤	81.1%	'21:81.4 '22:79.3 '23:82.5
⑥	34.4%	'21:34.1 '22:33.9 '23:35.1
⑦	87.5%	'21:83.9 '22:89.5 '23:89.2
⑧	79.5%	'21:77.9 '22:79.5 '23:81.0
⑨	84.8%	'21:83.3 '22:85.7 '23:85.4
⑩	89.9%	'21:88.2 '22:91.7 '23:89.9

'21년: 533명 '22년: 551명 '23년: 533명



전문가 칼럼

영유아 보호자용 실천 체크리스트 10문항 중 대부분의 실천율이 80~90%를 상회하는 것으로 나타났습니다. 하지만 7번 문항 (장난감 외부포장의 '대상연령' 표시 기준을 지키고 있습니까?)은 전체 참여자 중 71.6%만 실천하는 것으로 조사되었습니다. 최근 슬라임(액체 괴물)과 같은 장난감이 어린이 사이에서 유행하고 있습니다. 이런 종류의 장난감은 파손될 시, 내용물이 아이들의 피부에 노출될 수도 있고, 영유아가 입으로 가져가는 노출사고가 발생할 수 있습니다. 따라서 아이들에게 장난감을 선물할 때는 '대상연령' 표시를 한번 더 확인하는 습관이 필요합니다.

일반 성인을 대상으로 조사한 결과 1번, 6번, 8번 문항의 실천율이 다른 문항에 비해 저조한 것으로 나타났습니다. 1번과 8번 문항의 실천율이 떨어지는 이유로는 평소 사용자가 경험적인 체득에 의한 안전불감증이 원인으로 판단됩니다. 6번 문항은 최근 코로나19와 관련하여 사용량이 증가하고 있는 살균·소독제품의 안전 사용법과 밀접한 관계가 있습니다. 살균·소독제품의 경우, 표준사용량과 사용법 등 제품 뒷면의 설명서에 따라 제품을 안전하게 사용해야 합니다. 앞으로 순천향대학교 구미병원 환경보건센터는 체크리스트의 실천율을 향상시키기 위해, 제품에 함유된 화학물질의 유·위해성 정보를 체계적으로 분석하여, 생활화학제품 노출에 의한 피해 예방 활동을 지속적으로 수행해 나가겠습니다.

윤성용 교수 순천향대학교 구미병원 환경보건센터 센터장

- 강원 강원대학교병원 환경보건센터
- 충북 충북대학교병원 환경보건센터
- 연세대 원주산학협력단 건강빅데이터 환경보건센터
- 충남 순천향대 천안병원 환경보건센터
- 제주 제주대학교 환경보건센터
- 가톨릭대학교 전문인력육성 환경보건센터
- 서울 서울대 의과대학 환경보건센터
- 경북 전북대학교 환경보건센터
- 서울시립대학교 전문인력육성 환경보건센터
- 인천 가천대학교 환경보건센터
- 경남 경상국립대학교 환경보건센터
- 인하대병원 전문인력육성 환경보건센터
- 대전 대전대학교 환경보건센터
- 순천향대 구미병원 환경독성 환경보건센터
- 한국환경연구원 환경빅데이터 환경보건센터
- 부산 동아대학교 환경보건센터
- 한국환경연구원 환경빅데이터 환경보건센터
- 울산 울산대학교병원 환경보건센터
- 서경대학교 환경보건 연구정보 환경보건센터

생활화학제품 관련 연구 동향

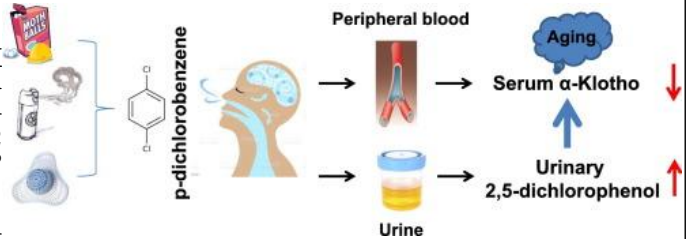
중년 및 장년기 미국인의 p-디클로로벤젠 및 혈청 α-Klotho 수준에 대한 노출

Exposure to p-dichlorobenzene and serum α-Klotho levels among US participants in their middle and late adulthood

(Jianmin Zhu *et al.*, 2022)

배경 및 목적

p-디클로로벤젠(p-DCB)은 가정 및 공공시설에서 해충 퇴치제 및 공기 탈취제로 흔히 사용되는 휘발성이 높은 유기화합물로 실내 환경에서 이 물질이 포함된 증기를 흡입함으로써 광범위하게 노출된다. p-DCB에 대한 노출은 주요 대사산물인 2,5-디클로로페놀(2,5-DCP)의 소변 중 농도를 측정하여 평가할 수 있는데 노출범위가 광범위하여 2015~2016년 NHANES(CDC, 2022 a)에서 3세 이상의 연구 참가자 중 97%의 소변에서 2,5-DCP가 검출되었다. p-DCB는 간, 신장, 폐, 신경계를 포함한 여러 기관계에 영향을 미칠 수 있다. p-DCB에 대한 노출이 성인의 비만, 당뇨병, 대사 증후군 및 심혈관 질환과도 관련이 있다는 근거가 증가하고 있으며, 이는 p-DCB가 심장 대사 기능에 잠재적인 영향을 미칠 수 있음을 시사한다.



성인의 내분비 기능과 노화에 대한 p-DCB의 정확한 메커니즘과 효과는 불분명하다. Klotho는 노화 과정에 관여하는 막횡단 단백질이며 가용성 형태의 Klotho는 혈액, 소변 및 뇌척수액에서 검출된다. Klotho는 노화 방지 효과가 있으며 그 농도는 나이가 들수록 감소하는 것으로 나타났다. 이전 보고서에서 p-DCB 노출이 노화 관련 심혈관 연구결과와 관련이 있는 것으로 밝혀졌으므로 p-DCB 노출이 중년 및 노년층 성인의 Klothos 수준을 변화시킬 수 있는지 여부를 밝히고자 하였다.

따라서 본 연구에서는 2013~2016 NHANES에 참여한 성인의 소변 중 p-DCB 노출 지표인 2,5-DCP의 농도와 혈청 용해성 α-Klotho 수준 사이의 관계를 조사하였다.

방법

2013~2016년 NHANES에서 40~79세 성인 참가자 중 α-Klotho 데이터의 가용성으로 인해 40~79세(n=7581)의 성인 참가자만 포함하였으며, 혈청 Klotho(n=2177), 2,5-DCP(n = 3627)에 대한 데이터가 없고 연구에 누락된 공변량이 포함된 참가자(n=276)를 추가로 제외시킨 후 표본 크기는 1501명이었다. 샘플링 가중치를 기준으로 이상값을 평가하고 범위를 크게 벗어난 값을 제외한 최종 1485명의 샘플을 대상으로 하였다. p-DCB의 주요 대사산물인 소변 중 2,5-DCP와 다중 선형 모델을 사용하여 잠재적 교란 요인을 조정한 혈청 α-Klotho 수준 사이의 연관성을 분석하였다.

결과

2013~2016년 연구 참가자의 소변 2,5-DCP의 가중 기하 평균은 2.43μg/L, 혈청 α-Klotho의 가중 평균은 831.97pg/mL였다. 잠재적 교란 요인과 소변 중 크레아티닌을 조정한 후 소변 중 2,5-DCP는 전체 연구 집단에서 α-Klotho의 혈청 수준 감소(회귀 계수 β=-9.88, p=0.0133)와 유의미한 연관이 있었다. 연령별, 성별별 분석을 실시한 결과, 60~79세 노인(β = -20.40; p = 0.0001)과 남성(β = -13.81; p = 0.0097)에서는 유의미한 역상관성이 발견되었지만, 중년(40~59세)이나 여성에서는 그렇지 않았다. 노인(60~79세) 남성 참가자에서 가장 강한 연관성이 관찰되었으며, 2,5-DCP 농도 1단위 증가당 α-Klotho 수준이 25.43pg/mL 감소하였다(p=0.0008).

결론

본 연구는 미국 성인 인구, 특히 노인 남성에서 p-DCB 노출과 가용성 α-Klotho의 혈청 수준 사이의 역상관성 처음으로 입증하였다. 이는 실내 환경에서의 p-DCB노출이 노화에 잠재적인 영향을 미친다는 사실을 시사한다. 본 연구의 결과는 α-Klotho가 심혈관 질환 및 신경 장애와 같은 노화 관련 질병에 중요한 영향을 미치는 것으로 알려지면서 이전에 보고된 p-DCB 노출과 관련된 심장 대사 장애를 설명할 수 있었다. 다음 단계의 연구를 위해서는 중재 분석이 필요하며 이러한 상관관계를 더 자세히 조사하기 위해서는 전향적 연구가 필요할 것으로 사료된다.

[출처: Jianmin Zhu, Yudan Wei, Exposure to p-dichlorobenzene and serum α-Klotho levels among US participants in their middle and late adulthood, Science of The Total Environment, Volume 858, Part 1, 2023, 159768, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159768.7.20>]

- 서경대학교 환경보건센터 편집 -

생활화학물질의 피부 흡수 및 동역학에 대한 생리학적 기반 모델링: 감열지에서 비스페놀 A에 노출된 사례 연구

Physiologically based modelling of dermal absorption and kinetics of consumer-relevant chemicals: A case study with exposure to bisphenol A from thermal paper

(Wiśniowska, Barbara, *et al.*, 2023)

배경 및 목적

Bisphenol A(BPA)는 에스트로젠 모방 화학물질로 잠재적 건강 위험 우려로 학계와 규제 기관의 조사를 받고 있다. 소비자는 여러 발생원과 경로를 통해 BPA에 노출된다. 2015년 유럽 식품 안전청(European Food Safety Authority, EFSA)의 위해성 평가에서 감열지는 BPA 노출의 10%를 차지한다. BPA는 독성뿐만 아니라 독성동태학, 즉 ADME*와 노출에 관해 많은 연구가 수행된 화학물질이다. BPA의 피부 노출 경로를 포함하는 PBPK model**은 많은 연구가 수행되었으나 대부분 피부에서 혈액으로 흡수되는 것을 예측하는 two-compartment structure를 활용하였다. 본 연구는 Simcyp 시뮬레이터의 MPML MechDermA model***을 사용하여 감열지에서 손 피부층을 통한 국소 및 전신 수준의 BPA 피부 독성동태학을 시뮬레이션하고 평가하는 것을 목표로 한다.

- * Absorption, distribution, metabolism, excretion
- ** Physiologically based pharmacokinetic model
- *** Multi-phase multi-layer mechanistic dermal absorption model

방법

PBPK 모델 구축에 필요한 BPA, BPAG 및 BPAS의 물리화학적 정보와 ADME 정보는 선행연구와 데이터베이스를 통해 수집하였으며, MarvinSketch 18.30.0를 활용하여 계산·예측하였다. BPA 정맥 내 투여는 full PBPK model, BPAG·BPAS 정맥 내 투여는 minimal PBPK model, BPA 경구 섭취는 first-order model, 장의 1차 통과 대사는 Q_{gut} model, 그리고 BPA 피부 흡수는 Simcyp MPML MechDermA model을 적용하였다. BPA 피부 흡수는 Simcyp MPML MechDermA model에 사용된 매개변수는 선행연구, QSAR모델 예측값을 활용하였으며, 제제 유형은 현탁액을 적용하였다. 개발된 PBPK model에 사용된 매개변수가 예측 결과에 미치는 영향을 확인하기 위해 정량적 측정 방법인 LSA*을 사용하여 SI**와 EI***를 계산하여 평가하였다.

- * Local sensitivity analysis
- ** Sensitivity index
- *** Elasticity index

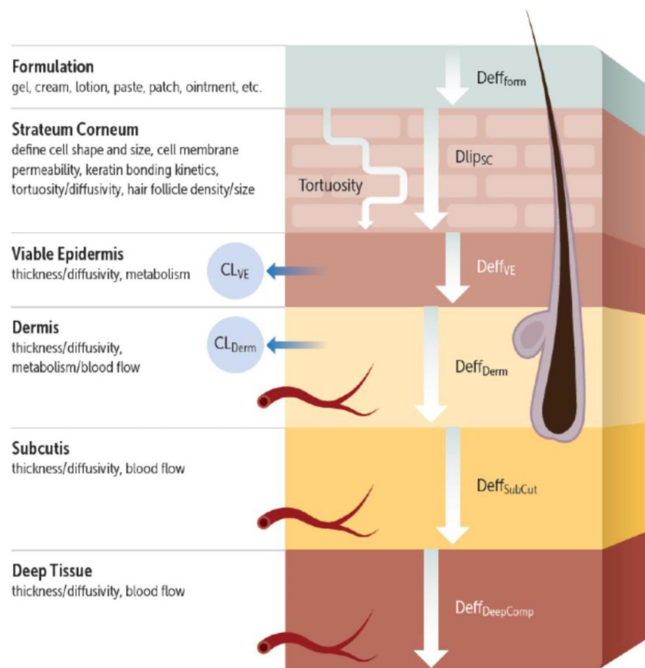


Figure 1. Structure of the multi-phase and multi-layer (MPML) mechanistic dermal absorption (MechDermA) model

결과

정맥 투여 modelling 결과 IVIVE*에 대한 recombinant human UDP-glucuronosyltransferases UGT1A9와 UGT2B15 동역학 자료에 의해 과소평가 되는 것으로 확인되었다. 경구 섭취 modelling 결과 초기 매개변수 추정치 사용시 BPA 혈장 수준이 과대평가 되는 것으로 확인되었다. 매개변수를 조정 후($f_{u,gut}$ 를 권장값 1로 수정, 흡수율계수(k_a) 조정) modelling 결과는 BP A, BPAS, BPAG 혈장 수준, 소변 내 총 BPA 예측값과 자료값이 일치하는 것을 확인되었다. LSA 분석 결과 매개변수 중 혈장 내 비결합 BPA 분획, UGT 관련 매개변수, 경구 흡수 매개변수가 가장 영향력이 큰 것으로 확인되었다. 이 결과는 BP A 분포 및 제거의 독성 동태 과정에서 혈장 결합의 중요성을 나타낸다. 피부 흡수 modelling 결과 SSFL** 두께가 증가하면 SSFL 내 BPA 농도가 감소했다. 2시간 피부 노출 후 총 BPA 혈장 농도는 1일 이상 경과한 시점에서 넓은 피크를 나타냈다. 피부 구획별 BPA의 예상 분포는 SC***, VE****, Dermis 순으로 나타났다. 이는 SC지질을 통해 BPA가 표피로 지연수송되고 진피를 통해 전신 순환됨을 설명한다. LSA 분석 결과 매개변수 중 SC 층 수, 부정확한 SC 지질 확산 경로, 세포간 SC 지질 두께 및 각질세포 투과성의 영향력이 큰 것으로 확인되었다.

- * In vitro to in vivo extrapolation
- ** : Skin surface film liquid
- *** : Stratum corneum
- **** : Viable epidermis

결론

본 연구에서는 사례 연구로 BPA의 피부 노출에 대한 PBPK 모델을 개발하여 BPA가 손바닥 피부의 SC 지질과 결합하여 B

PA를 SC지질로 우선적으로 분배되고, PBA가 SC지질을 통해 표피, 진피, 전신 순환됨을 확인하였다. 이는 통해 전신 흡수 전 SC 지질이 친유성 화학물질의 임시 저장고 역할을 수행하는 것을 확인하였다.

[출처: Wiśniowska, Barbara, et al. "Physiologically based modelling of dermal absorption and kinetics of consumer-relevant chemicals: A case study with exposure to bisphenol A from thermal paper." *Toxicology and Applied Pharmacology* 459 (2023): 116357.]

- 서경대학교 환경보건센터 편집 -