

천식 아동 및 청소년에서 원격모니터링 중재의 효과: 체계적 문헌고찰 및 메타분석

정유진^{1,2} · 김지민¹ · 박동아¹

¹한국보건건의료연구원, ²고려대학교 간호대학

Effectiveness of Telemonitoring Intervention in Children and Adolescents with Asthma: A Systematic Review and Meta-Analysis

Jung, Youjin^{1,2} · Kim, Jimin¹ · Park, Dong Ah¹

¹National Evidence-Based Healthcare Collaborating Agency, Seoul

²College of Nursing, Korea University, Seoul, Korea

Purpose: This review aimed to evaluate the effectiveness of telemonitoring (TM) in the management of children and adolescents with asthma. **Methods:** We searched Ovid-MEDLINE, Ovid-EMBASE, CENTRAL (Cochrane Central Register of Controlled Trials), CINAHL (Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature), and 5 domestic databases to identify randomized controlled trials (RCTs) published through December 2017. Two reviewers independently selected relevant studies, assessed methodological quality and extracted data. We performed a meta-analysis of TM versus usual care and summarized the intervention characteristics of included studies. **Results:** Of the 3,095 articles identified, 8 RCTs (9 articles) were included in this review. The type of TM intervention of included studies was varying across studies (transmitted data, transmission frequency, data review, etc.). The pooled asthma control score was not significantly different between TM and usual care (standardized mean difference 0.04, 95% confidence interval (CI) -0.20~0.28). Another pooled analysis demonstrated no statistically significant difference in asthma exacerbation between TM and usual care (odds ratio 0.95, 95% CI 0.43~2.09). Overall, the pooled results from these studies revealed that TM did not lead to clinically significant improvements in health outcomes, but some studies in our analysis suggested that TM increased patient medication adherence and intervention adherence. **Conclusion:** The current evidence base does not demonstrate any differences between TM intervention and usual care, but TM intervention might be considered a promising strategy for the delivery of self-management support for children and adolescents with asthma. Further well-designed studies are needed to assess the effects on clinical outcomes.

Key words: Asthma; Telemedicine; Review; Meta-analysis

서론

1. 연구의 필요성

천식은 전 세계적으로 3억 명 정도가 이환되어 있는 주요 만성질환으로 특히 아동기에 가장 흔한 만성질환이다[1,2]. 아동기의 천식은 정확한 치료 및 지속적인 관리가 이루어지지 않을 경우 불가역적

주요어: 천식, 원격의료, 문헌고찰, 메타분석

* 이 논문은 한국보건건의료연구원 연구비 지원에 의하여 연구되었음(NH16-002).

* This work was supported by the National Evidence-based Healthcare Collaborating Agency (NH16-002).

Address reprint requests to : Park, Dong Ah

National Evidence-Based Healthcare Collaborating Agency, Namsan Square 7F, 173 Toegy-ro, Jung-gu, Seoul 04554, Korea

Tel: +82-2-2174-2771 Fax: +82-2-747-4918 E-mail: pda124@neca.re.kr

Received: May 9, 2018 Revised: July 26, 2018 Accepted: August 1, 2018

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution NoDerivs License. (<http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0>)

If the original work is properly cited and retained without any modification or reproduction, it can be used and re-distributed in any format and medium.

인 기도 변형이 초래되어 성인기로 이행되는 위험이 있으며[3], 조절되지 않는 천식은 아동 자신은 물론 가족의 삶의 질을 저하시킬 수 있고, 천식 악화, 입원 및 사망과 같은 부작용을 초래할 수 있어 신체적, 심리적, 사회 경제적 부담을 초래하게 된다[4].

관련 임상진료지침에 따르면 천식 환자의 증상을 조절하기 위한 천식 자가관리(self-management)의 중요성이 언급되고, 이를 위한 교육 제공을 권고하고 있으며, 효과적인 자가관리의 핵심적인 구성 요소로 자가 모니터링, 개별화된 서면 행동지침(written asthma action plan), 의료진의 정기적인 재검토를 제시하였다[1,5]. 천식 자가관리가 충실히 이행될 때 천식과 관련된 이환율이 현저히 감소되고, 입원, 응급실 방문, 예정되지 않았던 외래 방문, 학교 결석 혹은 직장 결근, 야간 악화의 빈도를 줄일 수 있다고 보고하고 있지만[6], 현실적으로 환자가 일상생활에서 자가관리를 지속적으로 수행하기는 쉽지 않고, 실제 천식 자가관리의 수행 정도도 충분하지 않아 이를 해결하기 위한 새로운 접근법이 요구되어져 왔다[7].

최근 정보통신기술(information and communication technology [ICT])의 발달로 인해 이를 의료분야에 적용한 원격의료(telehealth)에 대한 관심이 높아졌으며, 많은 국가들에서 각국의 상황에 따라 다양한 형태의 원격의료 서비스를 적용하고 있다. 원격의료는 환자의 건강 향상을 위해 ICT를 사용하여 어떤 한 장소에서 다른 장소로 전달된 의료정보를 활용하는 것이라고 정의되어 있다[8]. 원격의료 서비스의 효과에 대한 연구결과들이 다수 보고되고 있으며, 당뇨, 심부전 등의 만성질환에서의 원격의료 서비스의 효과는 상당히 입증된 것으로 확인되며, 호흡기질환, 정신질환 등으로 중재의 적용 영역이 확장되고 있다[9].

선행 체계적 문헌고찰을 살펴보면, 일부 연구에서 천식을 포함한 다양한 만성질환에서의 원격의료 중재효과를 포괄적으로 평가하고 있으며[9-11], 천식 환자만을 대상으로 한 연구는 제한적이었다[12-15]. 또한, 해당 체계적 문헌고찰의 연구결과를 보면 천식 환자를 대상으로 한 근거의 양이 충분치 않으며, 원격의료 중재와 통상적 관리 간의 임상적 결과에도 차이가 없는 것으로 보고하고 있다. 특히 천식 관리에 있어 아동과 성인의 관리방법이 구별됨에도 불구하고, 이를 구분하여 평가하거나, 아동 및 청소년에 초점을 맞춘 체계적 문헌고찰은 확인되지 않는다. 원격의료 중재 측면에서 보면 다수의 체계적 문헌고찰[9,11,12,14]에서 다양한 형태의 원격의료 중재를 포괄적으로 평가하였으며, 일부 체계적 문헌고찰에서만 휴대전화 문자메시지[10], 스마트폰 앱(app) [13] 및 가정에서의 원격모니터링 중재[15] 등 특정 중재에 초점을 맞춰 중재효과를 평가하였다. 이 중 Kew와 Cates [15]의 연구는 보건의료 전문가의 개별화된 투입이 없는 자동화된 원격의료 중재는 배제하고서 천식 환자에서의 원격모니터링 중재 효과에 대해 검토하였으나, 평가에 포함된 문헌 중 아동을 대상

으로 한 연구가 5편으로 적었고, 구체적인 중재 내용 및 아동에서의 중재 효과에 대한 구별된 내용을 확인하기도 어려웠다.

이처럼 최근 관심이 증가하고 있는 원격의료 중재의 효과에 대한 연구는 만성질환의 영역에서 다수 보고되고 있으나, 천식 아동 및 청소년의 효과적인 자가관리의 핵심적인 요소로서 원격모니터링 중재 효과에 초점을 맞춘 체계적 문헌고찰은 미비한 실정이며[16], 스마트 흡입기(smart inhaler)와 같은 최신의 기술이 천식 환자 관리에 적용되는 등 빠르게 변화하고 있는 상황에서[17] 최신의 근거에 대한 종합적 분석이 필요하리라 본다. 이에 본 체계적 문헌고찰에서는 아동 및 청소년 천식 환자에서 적용한 원격모니터링 중재의 세부적 내용 및 임상적 효과를 면밀히 분석하여, 근거기반 실무에 효과적인 중재 방안 및 중재연구의 방향을 제시하고자 한다.

2. 연구목적

본 연구의 목적은 아동 및 청소년 천식 환자에서 증상 조절을 위해 적용한 원격모니터링 중재의 임상적 효과를 보고한 국내·외 논문들을 대상으로 증상 조절, 천식 악화, 삶의 질 등에 미치는 효과를 확인하고, 원격모니터링 중재의 세부적인 내용을 확인하는 것이다.

연구 방법

1. 연구설계

본 연구는 아동 및 청소년 천식 환자에게 시행한 원격모니터링 중재의 임상적 효과를 검증한 무작위배정 비교임상연구(randomized controlled trials [RCT])에 대한 체계적 문헌고찰 연구이다. 본 연구는 코크란 연합(Cochrane collaboration)의 중재법에 대한 체계적 문헌고찰 핸드북[18] 및 PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) 그룹이 제시한 체계적 문헌고찰 보고지침[19]에 따라 수행되었다.

2. 핵심질문(Key question)

본 연구의 핵심질문을 PICO-SD (patient, intervention, comparison, outcome, study design) 형식에 따라 구체적으로 제시하면 다음과 같다. 1) 연구대상(patient)은 천식이 있는 아동 및 청소년이며, 질환 중증도는 제한하지 않았다. 2) 본 연구의 관심 중재(intervention)는 질환 관리를 주목적으로 ICT를 이용하여 환자의 정보(생체 정보, 증상, 약물 복용 정보)가 전송되고, 이를 바탕으로 환자 상태를 모니터링하여 환자에게 필요한 피드백 등이 제공되는 중재이다. 3) 비교중재(comparator)는 천식 환자에게 제공되는 외래 기반의 통상적 관리(usual care)이다. 4) 원격모니터링 중재의 일차결과(primary outcomes)로 천식조절점수, 천식 악화(asthma exacerbation)를 선

정하였으며, 이차결과(secondary outcomes)로는 입원, 응급실 방문, 계획되지 않은 외래 방문, 천식 관련 삶의 질, 활동 제한, 1초간 노력성 호기량(forced expiratory volume in 1 second [FEV₁], 노력성 폐활량(forced vital capacity [FVC]), 최대호기유량(peak expiratory flow [PEF]), 약물 순응도, 중재순응도를 선정하였다. 5) 연구 유형(study design)은 RCT로 하였다.

3. 문헌검색전략

1) 문헌검색 데이터베이스

문헌검색은 전자 데이터베이스(electronic database)를 활용하여 2017년 12월 5일에 검색하였다. 국외 문헌검색은 Ovid-MEDLINE, Ovid-EMBASE, CENTRAL (Cochrane Central Register of Controlled Trials), CINAHL (Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature)을 활용하였으며, 국내 문헌검색은 KoreaMed, 의학논문데이터베이스(KMbase), 한국학술정보(KISS), 한국교육학술정보원(RISS), 과학기술학회마을(KISTI)를 이용하였다. 추가적으로 선행 문헌의 참고문헌을 토대로 수기검색을 시행하였다.

2) 검색어(search terms)

국외 DB에서의 검색어는 Ovid-MEDLINE에서 사용된 검색어(Appendix 2)를 기본으로 각 DB별 특성에 맞게 수정하여 사용하였으며, MeSH 용어, text word, 논리연산자, 절단검색 등의 검색기능을 적절히 활용하였다. 국내 문헌 검색전략은 국외 검색 시 사용한 검색전략을 기본으로 하되 국내 DB의 검색 기능을 고려하여 이를 적절히 수정 및 간소화하여 사용하였으며 각 DB 특성에 맞추어 영문 및 국문을 혼용하였다. 연구대상은 asthma를 사용하였으며, 중재는 다양한 형태의 원격모니터링 중재를 모두 포함할 수 있도록 exp telemedicine/, tele*.mp., mhealth, uhealth, ehealth, emedicine, smartcare 등의 개념적 용어와 더불어 smartphone, internet, web, mobile, videoconference 등의 구체적 중재도구 관련 용어를 포함하여 검색하였다. 검색 기간에는 제한을 두지 않았으며, 연구유형에 따른 검색 필터(search filter)는 SIGN (Scottish Intercollegiate Guidelines Network)의 웹사이트에 제시된 RCT 검색전략을 활용하였다.

4. 문헌 선택 및 배제기준

문헌의 선택기준은 1) 아동 및 청소년 천식 환자를 대상으로 한 연구, 2) 사전에 정의된 원격 모니터링 중재를 수행한 연구, 3) 사전에 정의한 중재결과가 하나 이상 보고된 연구, 4) 무작위배정 비교임상연구(RCT)이다. 문헌의 배제기준은 1) 원저가 아닌 연구, 2) 초록만 발표된 연구, 3) 한국어나 영어로 출판되지 않은 문헌, 4) 대조군

이 적절하지 않은 연구, 5) 중복 문헌이다.

분석문헌 선택의 전 과정은 두 명의 연구자에 의해 독립적으로 수행되었으며, 의견의 불일치가 있는 경우에는 전체 연구진 논의를 통해 최종 논문을 결정하였다.

5. 문헌의 비뚤림 위험 평가

문헌의 비뚤림 위험은 코크란 연합의 'Cochrane's risk of bias' 도구를 사용하여 평가하였다. 이는 RCT에 대한 비뚤림 위험 평가 방법으로 '무작위 배정순서 생성', '배정순서 은폐', '연구참여자 및 연구자 눈가림', '결과 평가자의 눈가림', '불충분한 결과자료', '선택적 결과 보고', '타당도를 위협하는 다른 잠재적 비뚤림 위험'의 7가지 영역을 평가하도록 구성되어 있으며, 평가 결과 비뚤림의 위험이 낮음(low), 높음(high), 불확실(unclear)로 평가하게 된다[20]. 본 연구에서는 타당도를 위협하는 다른 잠재적 비뚤림 위험으로 '기저 특성 불균형' 및 '민간연구비 지원'을 고려하여 8가지 영역으로 비뚤림 위험을 평가하였다. 최종 선택된 문헌을 대상으로 연구자 2인이 독립적으로 평가를 실시하였으며, 의견이 일치되지 않는 경우 전체 연구진 논의를 통해 일치된 결과를 도출하였다.

6. 자료추출

체계적 문헌고찰에 포함된 문헌의 특성을 분석한 후 자료추출 양식에 따라 정리하였다. 자료추출 양식은 문헌의 일반적 특성으로 저자, 출판연도, 연구설계, 연구국가, 대상자 수, 대상자 특성(평균 연령, 성별, 천식 중증도 등), 중재 특성(중재명, 중재내용, 전송 지표, 전송 장비, 전송 주기, 중재자, 피드백 방식, 피드백 주기 등), 추적기간 등을 포함하였으며, 중재 효과 분석을 위해 결과지표(조작적 정의, 단위, 결과값, 그룹 간 차이) 및 저자의 결론 등을 포함하였다.

7. 자료분석

연구결과는 해당 결과지표에 대한 양적 합성이 가능할 경우 메타분석을 수행하였으며, 불가능할 경우 질적 검토 방법을 적용하였다. 메타분석은 RevMan 5.3 software [21]을 이용하였다. 본 연구에서는 각 연구들 간에 대상자 및 중재방법 간 이질성을 고려하여 변량 효과 모형(random-effects model)으로 분석하였다. 이 모형을 사용한 이유는 변량효과 모형이 연구 내, 연구 간의 변동성을 고려하고, 보다 보수적인 결과를 제공하기 때문이다[20]. 중재결과의 효과 추정치는 연속형 변수인 경우 측정도구 및 측정단위가 동일한 경우 가중 평균차(weighted mean difference [MD]), 측정도구 또는 측정단위가 다른 경우 표준화된 평균차(standardized mean difference [SMD])로 계산하였으며, 이분형 자료의 경우 오즈비(odds ratio [OR])로 계산하였다. 연속형 변수인 경우에는 논문에서 추적관찰 중

료 시점에서의 두 군 간의 평균차(mean difference)가 제시된 경우, 이 결과값을 자료추출하여 역분산 방법(inverse variance method)을 이용하여 메타분석을 수행하였다. 또한, 천식 조절 점수 측정도구 중 결과의 방향성이 다른 경우, 평균을 음수로 처리하여 메타분석을 수행함으로써 효과에 대한 방향성을 일치시킨 후 합성하였다. 이질성의 확인은 forest plot을 통해 개별 연구들의 치료 효과값의 방향성과 신뢰구간이 겹치는지를 시각적으로 확인하였고, Higgin의 I^2 통계량을 통해 정량적으로 확인하였다. I^2 값은 0%에서 100% 사이의 값을 가지며 연구들 간에 관찰되는 이질성이 없을 때 0%가 된다. I^2 값이 50% 초과일 경우 실제로 이질성이 있다고 판단하였다[18]. 또한, 본 연구에서는 대상자의 질환 중증도 및 중재 특성에 따른 하위군 분석과 비뚤림 위험 평가 결과에 따른 민감도 분석을 계획하였다.

연구 결과

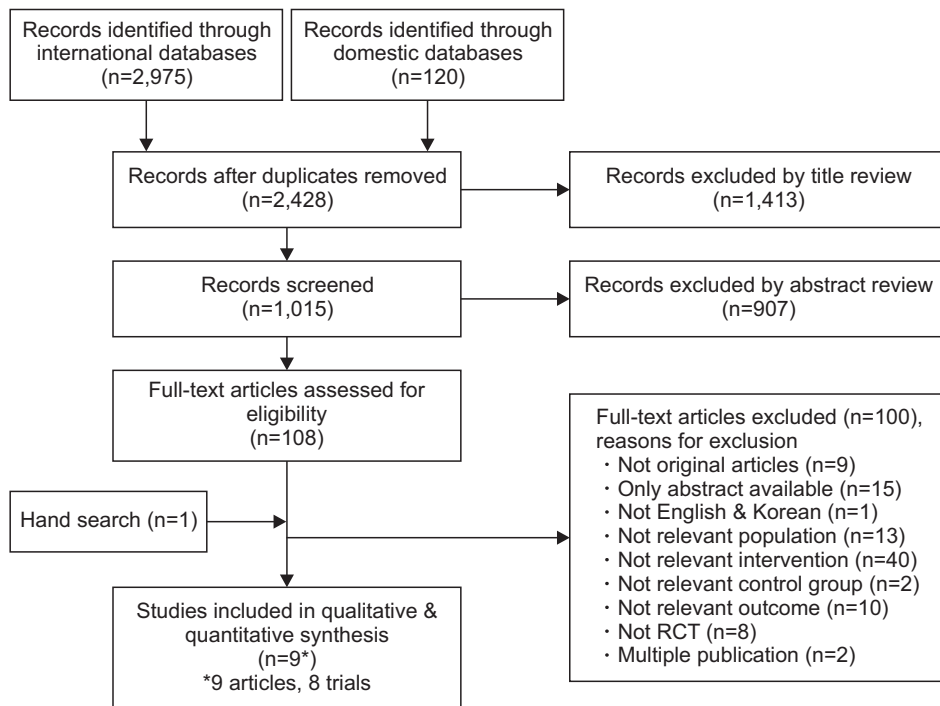
1. 문헌선정 개요

본 연구에서는 천식 아동 및 청소년에서 시행되는 원격 모니터링 중재의 효과에 대해 평가하고자 기존 출판된 문헌을 체계적으로 고찰하였다. 국내외 주요 전자 데이터베이스를 통해 총 3,095건(국내

120, 국외 2,975)을 검색하였으며, 중복 검색된 문헌은 EndNote 프로그램을 사용하여 제거하였다. 중복 제거 후 실제 문헌 선택 과정을 거친 문헌은 총 2,428건(국내 111, 국외 2,317)이었다. 1차로 제목을 검토하여 1,015건을 선별하였고, 2차로 초록을 확인하여 108건이 선정되었다. 이후 3차 원문 검토 과정을 통해 8건의 문헌을 선택하였으며 수기검색을 통해 1건의 문헌이 추가 선택되어 최종 9건의 문헌(국내 0건, 국외 9건)이 선정되었다. 선택된 문헌 중 Guendelman 등[22,23]의 문헌은 동일 연구로 확인되어 최종 선정된 연구는 8편(문헌 기준 9건)이었다(Figure 1, Appendix 1).

2. 문헌의 비뚤림 위험 평가

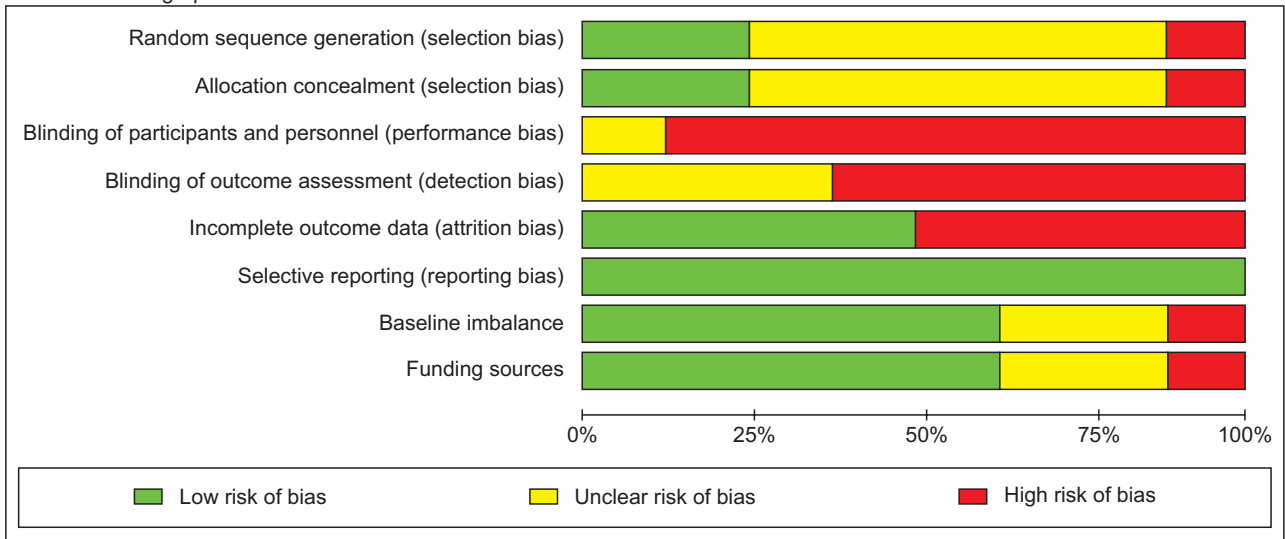
최종 선택된 연구 8편(trial 기준)의 비뚤림 위험 평가 결과는 Figure 2와 같다. 무작위 배정순서 생성 영역의 평가 결과 비뚤림 위험이 낮은 연구는 25.0%이고, 비뚤림 위험이 불확실한 연구가 62.5%로 높게 나타났다. 배정순서 은폐 영역은 대부분의 연구에서 구체적인 방법에 대한 내용이 기술되지 않아 75.0%의 연구에서 비뚤림 위험이 불확실한 것으로 평가되었다. 연구참여자와 연구자 눈가림 영역은 87.5%의 연구에서 비뚤림의 위험이 높은 것으로 평가되었다. 결과 평가자의 눈가림 영역은 비뚤림 위험이 불확실한 연구가 37.5%, 높은 연구가 62.5%로 나타났다. 불충분한 결과자료 영역



RCT= randomized controlled trial

Figure 1. Flow diagram of the study selection process.

2A Risk of bias graph



2B Risk of bias summary

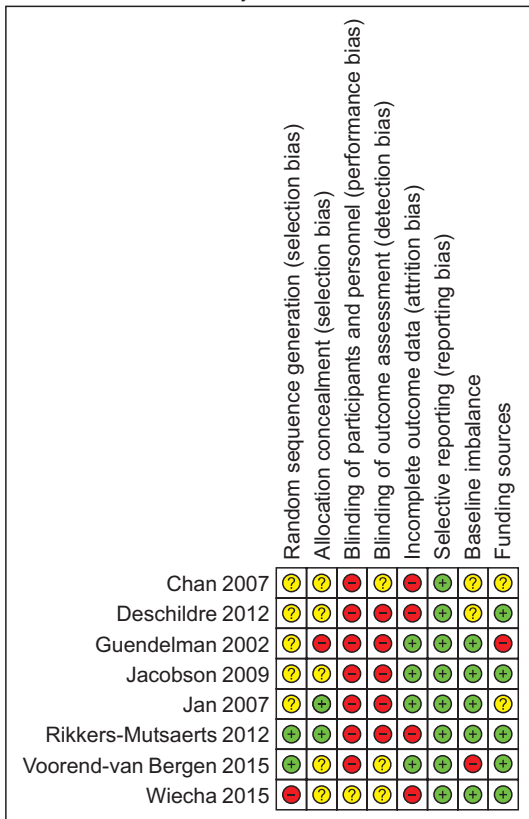


Figure 2. Assessment risk of bias in included studies.

은 비풀림 위험이 낮은 연구가 50%, 높은 연구가 50%로 평가되었다. 선택적 결과 보고 영역은 모든 연구에서 비풀림의 위험이 낮은 것으로 평가되었다. 기저 특성 불균형과 민간연구비 지원 영역에서는 비풀림 위험이 낮은 연구가 각각 62.5%인 것으로 평가되었다.

전체 8편의 RCT에 대한 비풀림 위험 평가 결과는 무작위 배정,

배정순서 은폐, 눈가림, 불충분한 결과 자료 영역에서 비풀림의 위험이 낮은 연구가 전체의 50% 미만으로 평가되어, 평가에 포함된 RCT의 전반적인 비풀림 위험이 높은 것으로 나타났다.

Table 1. Characteristics of Included Studies

Study	Country	No. of patients (I/C)	Age (mean)		Female (%)	Intervention	Control	Asthma severity	FEV ₁ (%pred)		Study duration
			I	C					I	C	
Voorend-van Bergen 2015	Netherlands	180 (91/89)	10.3	10.2	32.8	Web-based monthly monitoring	Usual care	NR	98.1	93.9	12 months
Wiecha 2015	USA	58 (37/21)	11.9	12.9	41.4	Web-based interactive asthma education, monitoring	Usual care	NR	NR	NR	6 months
Deschildre 2012	France	50 (25/25)	11.0	11.2	26.0	Home telemonitoring	Conventional treatment	Severe	87.4	83.3	12 months
Rijkers-Mutsaerts 2012	Netherlands	90 (46/44)	13.4	13.8	50.0	Internet-based self-management	Usual care	Mild-severe	88	92	12 months
Jacobson 2009	USA	59 (29/30)	NR	NR	50.8	Electronic monitoring	Paper asthma diary	NR	NR	NR	2 months
Chan 2007	USA	120 (60/60)	10.2	9.0	37.5	Internet-based home monitoring and education	Office-based care, traditional in-person education and case management	Mild-severe	104.1	96.8	12 months
Jan 2007	Taiwan	164 (88/76)	10.9	9.9	61.6	Internet-based interactive telemonitoring	Traditional asthma care (written asthma diary supplemented with instructions for self-management)	Mild-severe	NR	NR	3 months
Guendelman 2002	USA	134 (66/68)	12.0	12.2	42.5	Healthy Buddy & asthma diary	Paper asthma diary	Mild-severe	NR	NR	3 months
Guendelman 2004											

C=Control; I=Intervention; NR=Not Reported.

*272 participants were randomized to a telemonitoring group using ACT (Asthma Control Test) scores (n=91), to a control group (usual care) based on ACT without web feedback (n=89) and to a group for which FeNO (Fractional exhaled nitric oxide) and the ACT were used to monitor asthma (n=92). We chose not to include the FeNo group, as the comparison between telemonitoring and control groups was a purer comparison of the effect of telemonitoring than of use of FeNO.

3. 문헌의 일반적 특성

체계적 문헌고찰에 포함된 RCT 8편의 일반적 특성은 다음과 같다(Table 1). 포함된 연구에서의 총 대상자수는 855명(중재군 442명, 대조군 413명)이었다. 출판연도별로 보면 2002년 1편, 2007년 2편, 2009년 1편, 2012년 2편, 2015년 2편으로 꾸준히 관련 연구가 출판되고 있는 것으로 보여진다. 연구국가는 미국이 4편으로 가장 많았고, 네덜란드 2편, 프랑스 1편, 대만 1편 확인되었고, 국내 연구는 확인되지 않았다. 대상자의 천식 중증도는 5편의 연구에서만 보고하였으며, 대부분 경증(mild)부터 중증(severe) 환자를 모두 포함하여 대상자를 모집하였고, Deschildre 등[24]의 연구에서만 중증 환자만을 모집하였다. 중재기간은 12개월 4편, 6개월 1편, 3개월 2편, 2개월 1편이었다.

4. 원격모니터링 중재의 특성

체계적 문헌고찰에 포함된 총 8편 연구의 원격모니터링 중재의 특성은 매우 다양하였다(Table 2). 첫째, 연구별 모니터링 지표가 다양하며, 이는 크게 세 가지 유형으로 구분할 수 있다: (1) 폐기능을 객관적으로 반영하는 지표로서 폐활량측정기(spirometer)를 사용하여 측정된 폐기능 검사 결과(주로 FEV₁ 또는 PEF); (2) 환자의 주관적 증상을 모니터링하는 지표로서 신뢰도 및 타당도가 검증된 도구를 사용하여 측정된 천식조절점수(예, ACQ (asthma control questionnaire), ACT (asthma control test) 등) 또는 천식 일기(asthma diary) 상에 기록된 천식증상; (3) 약물 복용 여부. 평가에 포함된 8편의 연구 중 대부분에서는 상기 언급된 모니터링 지표를 단독으로 모니터링 하기 보다 복합하여 모니터링하는 것으로 확인되었다. 각 모니터링 지표별 포함된 연구 수를 살펴보면, 폐기능 검사 결과를 포함하는 연구가 6편(75.0%), 환자의 주관적 증상을 포함하는 연구가 7편(87.5%), 약물 복용 여부를 포함한 연구는 3편(37.5%)이었다. 연구별 모니터링 지표를 살펴보면, 폐기능 검사 결과 또는 천식조절점수 등의 생체정보(biological information)를 모니터링한 연구가 5편(62.5%), 생체정보에 추가하여 약물 복용 여부까지 모니터링한 연구가 3편(37.5%)이었다. 둘째, 환자 정보의 전송장비는 모든 연구에서 웹에 기반하여 전송하였으며, 웹 또는 휴대전화를 동시에 이용하는 경우도 1개 연구[25]에서 확인되었다. 또한, 폐활량측정기를 통해 환자 정보가 자동으로 전송되는 형태의 원격 장비를 적용하는 경우는 1편의 연구[24]에서 확인되었다. 셋째, 환자 정보의 전송 주기는 매일 전송한다고 보고한 연구가 5편(62.5%), 주 1회 1편(12.5%), 월 1회 1편(12.5%), 전송 주기에 제한이 없으나, 평균 7회/월 전송하였다고 보고한 연구가 1편(12.5%)이었다. 넷째, 환자 정보를 원격으로 주고받는 타이밍에 따라 비동시적(asynchronous)과 동시적(synchro-

nous) 원격모니터링으로 구분할 수 있으며, 8편의 연구 모두에서 환자의 정보를 저장한 후 전송하는 비동시적 원격모니터링의 형태로 확인되었다. 다섯째, 거의 모든 연구에서 환자 정보에 대한 검토자가 모니터링 결과에 따라 피드백을 제공하는 중재자의 역할을 동시에 수행하였다. 환자 정보의 검토자 및 중재자로 간호사가 참여한 연구는 4편(50.0%), 의사가 참여한 연구는 4편(50.0%), 사례관리자가 참여한 연구 2편(25.0%)이었다. 여섯째, 피드백의 방식으로는 중재자가 이메일, 전화 등을 통해 치료에 대한 조언을 제공하거나 또는 원격장비를 통해 사전에 정의된 알고리즘에 따라 즉각적인 피드백을 제공하는 방식으로 이루어졌다.

5. 원격모니터링 중재의 효과

원격모니터링 중재의 효과는 결과의 특성에 따라 천식 증상 관련 결과(천식조절점수, 천식 악화, 천식 증상, 무증상 일수), 의료 이용 관련 결과(입원, 응급실 방문, 계획되지 않은 외래 방문), 삶의 질 관련 결과(천식 관련 삶의 질, 활동 제한), 폐기능 검사 결과(FEV₁, FVC, PEF), 기타 결과(약물 순응도, 중재 순응도)로 구분하여 제시하였다.

1) 천식 증상 관련 결과

(1) 천식조절점수

천식조절점수는 2편의 연구[25,26]에서 보고되었다. 천식 조절의 정도를 객관적으로 평가하기 위해 ACQ (asthma control questionnaire), C-ACT (childhood asthma control test) 또는 ACT (asthma control test) 도구가 사용되었다. ACQ는 점수가 높을수록 증상 조절이 안 되는 것을 의미하며, 반대로 C-ACT와 ACT는 점수가 높을수록 증상이 잘 조절되고 있다고 판단할 수 있다. 이에 방향성을 통일시킨 후 2편의 연구에 대하여 메타분석 결과, 두 군 간 통계적으로 유의한 차이가 없었다(SMD 0.04, 95% CI -0.20~0.28, I²=0%) (Figure 3A).

(2) 천식 악화

천식 악화의 경우, 연구마다 악화에 대한 정의 및 결과 보고 형식이 다양하였다. 본 연구에서는 일차연구들에서 천식 악화로 명시한 경우 외에 최소 3일 이상 전신(경구) 스테로이드 사용이 필요한 경우, 천식으로 인한 계획되지 않은 외래 방문/응급실 치료/입원이 필요한 경우를 포함하여 조작적으로 정의하였으며, 이에 해당하는 천식 악화 관련 결과를 보고한 연구는 5편[24-28]이었다. 이 중 양적 합성이 가능한 경우는 2편이었으며, 메타분석 결과, OR 0.95 (95% CI 0.43~2.09)으로 두 군 간 통계적으로 유의한 차이가 없었고, 연구 간 통계적 이질성은 없었다(I²=0%) (Figure 3B).

Table 2. Intervention Characteristics of Included Studies

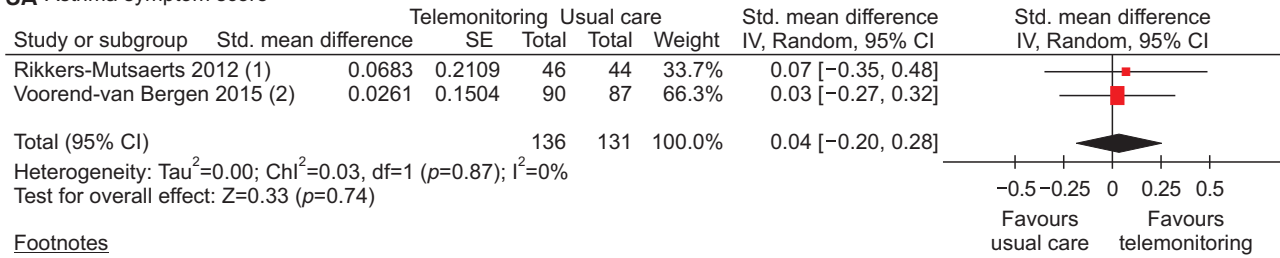
Study	Transmitted Data	TM Equipment	Transmission Frequency	TM Type (Data review/ Response or Action)	Intervention Type				
					Self-monitoring	Asthma information, self-care education	Asthma action plan	Interactive/ immediate feed-back from device	Messages/alerts to patients from device
Voorend-van Bergen 2015	ACT or C-ACT	Web	monthly	Asynchronous - Data review: the researcher or asthma nurse - Response: treatment advice by email (within three working days)	√	x	√	x	x
Wiecha 2015	PEF, symptoms, medication use	Web	NR	Asynchronous - Data review: every two months (project's participating pediatric asthma specialist, asthma nurse specialist) - Response: A summary of their conclusions and treatment recommendations was posted to the private discussion board.	√	√	√	√	x
Deschildre 2012	FEV ₁	Spirometer, web	daily	Asynchronous - Data review: spirometry data (once a day) by a physician - Response: physician contact the parents of the child (treatment adjustment, referral)	√	x	x	x	x
Rikkers-Mutsaerts 2012	ACQ, FEV ₁	Web, phone (text message, reminder)	weekly	Asynchronous - Data review: weekly assessment - Response: instant feedback on their level of asthma control, advice, contact the asthma nurse through the web or by phone	√	√	√	x	x
Jacobson 2009	Asthma symptoms, use of medications	Hand-sized electronic device (electronic asthma monitoring system), web	daily	Asynchronous - Data review: the data are uploaded to a central site, then clinician or case manager review the data - Response: telephone the home to assess the child's status, adjust the child's medications if necessary, or have the child come in to see the physician	√	x	x	√	√

Table 2. Continued

Study	Transmitted Data	TM Equipment	Transmission Frequency	TM Type (Data review/ Response or Action)	Intervention Type				
					Self-monitoring	Asthma information, self-care education	Asthma action plan	Interactive/ immediate feedback from device	Messages/alerts to patients from device
Chan 2007	Peak flow meter readings, inhaler use, symptom scores (in electronic diary)	A home computer system, camera, web	daily	Asynchronous - Data review: 2 times per week for 6 weeks and then once-weekly thereafter by the case managers - Response: e-mail contact between patients and case managers (unclear how the case manager intervened)	√	√	√	x	x
Jan 2007	PEF, FEV ₁ , symptoms (in electronic diary)	Web (Internet-based paediatric asthma monitoring programme)	daily	Asynchronous - Data review: the data can be shared with the patient's physician - Response: patient's physician give feedback via telephone or e-mail	√	√	√	x	x
Guendelman 2002	Peak flow readings, symptoms,	Home based interactive device (Health Buddy),	daily	Asynchronous - Data review: nurse coordinator sends a set of queries each day according patients' questions and information - Response: immediate feedback from device	√	√	x	√	√
Guendelman 2004	medication use, functional status	telephone line, web							

ACT=Asthma Control Test; ACQ=Asthma Control Questionnaire; C-ACT=Childhood Asthma Control Test; FEV₁=Forced Expiratory Volume in 1 second; NR=Not Reported; PEF=Peak Expiratory Flow; TM=Telemonitoring.

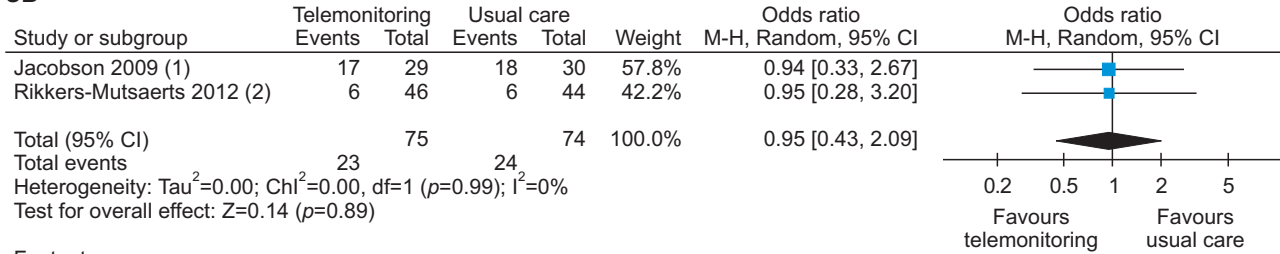
3A Asthma symptom score



Footnotes

- (1) ACQ; at 12 months
- (2) C-ACT or ACT; at 12 months

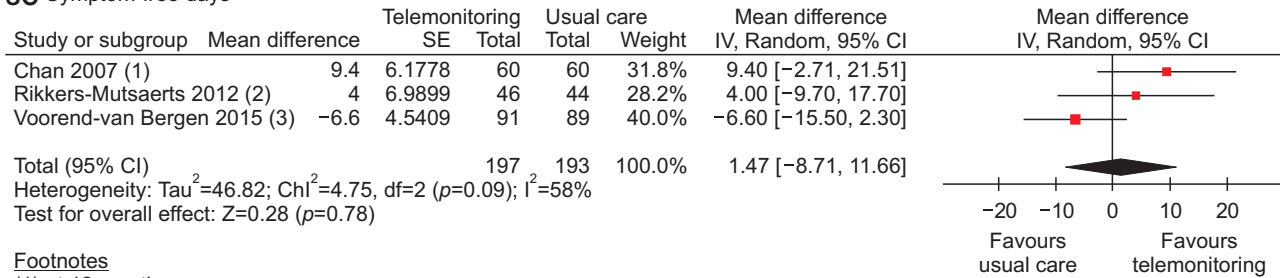
3B Asthma exacerbation



Footnotes

- (1) ED visits for asthma; at 2 months
- (2) deterioration in asthma that required oral steroids for 3 days or more; at 12 months

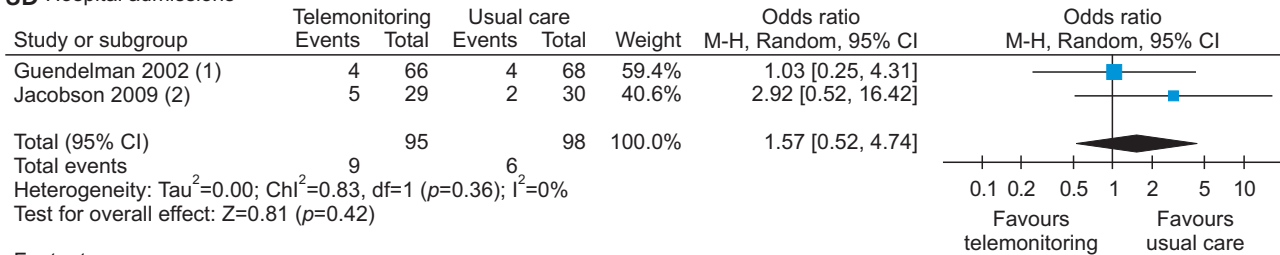
3C Symptom-free days



Footnotes

- (1) at 12 months
- (2) at 12 months
- (3) at 12 months

3D Hospital admissions



Footnotes

- (1) at 3 months
- (2) at 2 months

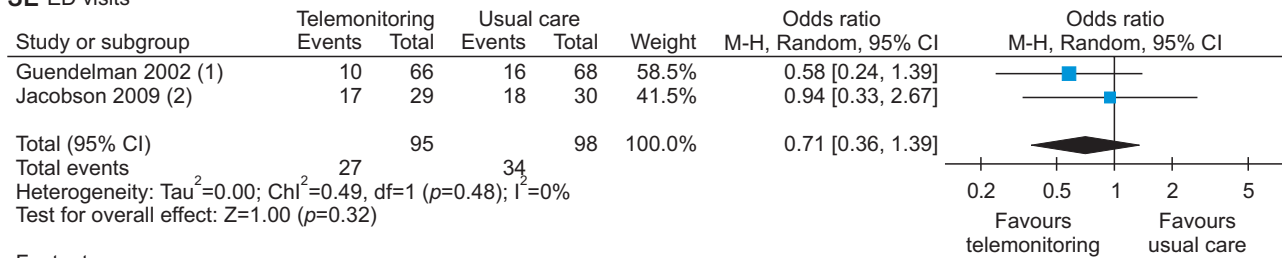
Figure 3. Forest plot of meta-analysis on effects of telemonitoring and usual care.

(3) 천식 증상

천식 증상 관련 결과는 3편[22,26,29]의 연구에서 보고되었다. 연구마다 여러 종류의 천식 증상(기침, 가래, 천명음, 야간 기상 등)을 다양한 결과 형태로 보고하고 있어 양적 합성은 불가능하였다. 3편의 연구 모두에서 중재군과 대조군 간 증상 관련 결과의 차이가 유의하지 않은 것으로 보고되었다. Voorend-van Bergen 등[26]의 연

구에서는 웹 기반 ACT 모니터링 중재군(90명)과 대조군(87명)을 비교하였으며, 중재 후 1년 시점에서의 매일 증상 점수는 두 군 간 차이가 없는 것으로 보고되었다(MD 0.06, 95% CI -0.34-0.46, p=.77). Wiecha 등[29]의 연구에서는 웹을 통한 천식 자가관리의 일환으로 PEF과 증상을 모니터링 한 중재군(28명)과 통상적 관리를 제공한 대조군(14명)을 비교하였으며, 중재 후 6개월 시점에 지난 2

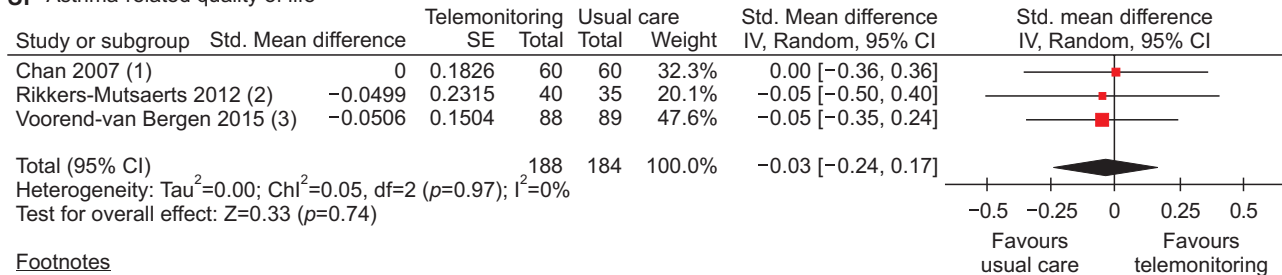
3E ED visits



Footnotes

- (1) at 3 months
- (2) at 2 months

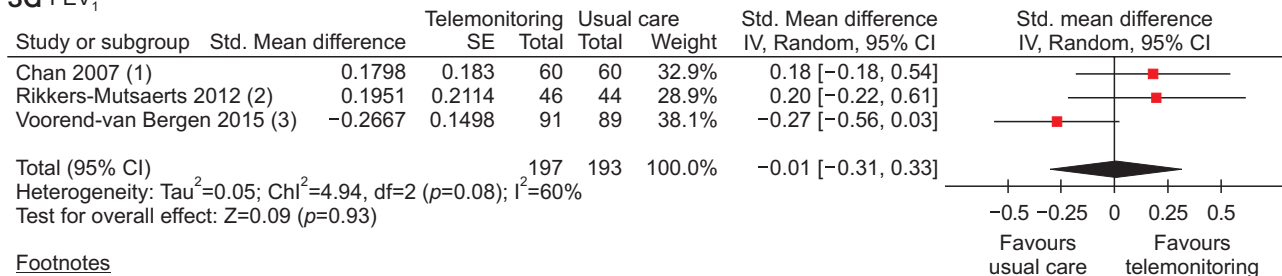
3F Asthma-related quality of life



Footnotes

- (1) PAQLQ; at 12 months
- (2) PAQLQ; at 12 months
- (3) PAQLQ or PACQLQ; at 12 months

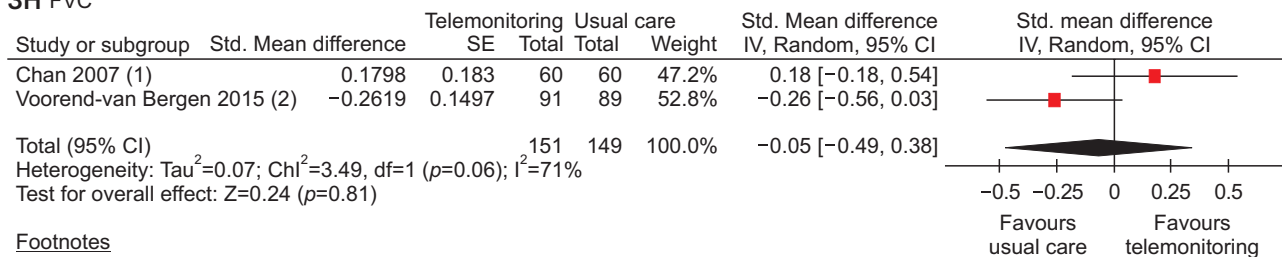
3G FEV₁



Footnotes

- (1) % pred; at 12 months
- (2) L; at 12 months
- (3) z-score; at 12 months

3H FVC



Footnotes

- (1) % pred; at 12 months
- (2) z-score; at 12 months

Figure 3. Continued.

주 이내 기간 동안 천명음($p=.10$) 또는 야간 기상 증상($p=.66$)이 있었던 일수를 비교한 결과 두 군 간 차이가 없는 것으로 보고되었다. Guendelman 등[22]의 연구에서는 컴퓨터 상호작용 자가관리 프로그램을 통해 PEF, 천식증상, 약물 복용 및 기능 상태를 모니터링한 중재군(62명)과 종이 천식 일기를 사용한 대조군(60명)을 비교하였

다. 중재 후 3개월 시점에 기침 또는 천명음의 발생(OR 0.68, 95% CI 0.36~1.27, $p=.23$) 및 수면 방해를 받은 경우(OR 1.07, 95% CI 0.57~2.01, $p=.83$)는 두 군 간 통계적으로 유의한 차이가 없다고 보고하였다.

(4) 무증상 일수(symptom-free days) (%)

무증상 일수는 3편[25,26,28]의 연구에서 보고되었다. 메타분석 결과, 두 군 간 통계적으로 유의한 차이가 없었다(MD 1.47, 95% CI -8.71~11.66, $I^2=58%$) (Figure 3C).

2) 의료 이용 관련 결과

(1) 입원

입원 관련 결과를 보고한 연구는 3편[22,27,28]이었다. 첫째, 입원율(환자수 기준)을 보고한 연구는 2편이었다. 메타분석 결과, 입원율은 두 군 간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다(OR 1.57, 95% CI 0.52~4.74, $I^2=0%$) (Figure 3D). 둘째, 입원횟수를 보고한 연구는 1편으로 Chan 등[28]의 연구에서 12개월 시점의 입원횟수는 중재군이 1회, 대조군 1회로 두 군 간 차이는 통계적으로 유의하지 않았다(p 값 보고되지 않음).

(2) 응급실 방문

응급실 방문 관련 결과를 보고한 연구는 3편[22,27,28]이었다. 첫째, 응급실 방문율(환자수 기준)을 보고한 연구는 2편으로 메타분석 결과, 응급실 방문율은 두 군 간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다(OR 0.71, 95% CI 0.36~1.39, $I^2=0%$) (Figure 3E). 둘째, 응급실 방문횟수를 보고한 연구는 1편으로 Chan 등[28]의 연구에서 12개월 시점에 응급실 방문 횟수는 중재군 4회, 대조군 2회로 두 군 간 차이는 통계적으로 유의하지 않은 것으로 보고하였다(p 값 보고되지 않음).

(3) 계획되지 않은 외래 방문

천식으로 인한 외래 방문 횟수는 1편[28]의 연구에서 보고되었다. Chan 등[28]의 연구에서 12개월 시점에 천식으로 인한 외래 방문 횟수는 중재군 44회, 대조군 47회로 두 군 간 차이는 통계적으로 유의하지 않은 것으로 보고하였다(p 값 보고되지 않음).

3) 삶의 질 관련 결과

(1) 천식 관련 삶의 질

천식 관련 삶의 질을 보고한 연구는 4편[24-26,28]이었다. 메타분석 결과, 삶의 질은 두 군 간의 통계적으로 유의한 차이가 없었다(SMD -0.03, 95% CI -0.24~0.17, $I^2=0%$) (Figure 3F). 메타분석에 포함되지 않은 1편[24]에서도 12개월 시점에 측정된 삶의 질은 중재군(21명)과 대조군(23명) 간 차이가 통계적으로 유의하지 않은 것으로 보고되었다($p=.61$).

(2) 활동 제한

활동 제한 관련 결과를 보고한 문헌은 총 3편[22,26,29]이었다. 문헌마다 '활동 제한'의 정의가 신체적 활동 제한(운동, 놀이)에서부터 결석까지 다양하였으며, 결과의 보고 형식도 다양하였다. 이에 양적 합성은 불가능하였다. 전체적으로 활동 제한을 보고한 문헌 3편에서 원격모니터링 중재군과 대조군 간의 활동 제한 관련 결과에서는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 보고하였다. 개별연구들의 구체적인 결과는 다음과 같다. Guendelman 등[22]의 연구에서는 3개월 시점에 원격모니터링 중재군(62명)과 대조군(60명)의 지난 6주 동안 천식으로 인해 발생한 활동 제한 및 결석 대상자 수를 비교하였다. 활동 제한(예, 운동 또는 놀이)은 대조군에 비해 중재군이 통계적으로 유의하게 낮은 것으로 보고되었다(OR 0.29, 95% CI 0.29~0.94, $p=.03$). 다만, 천식으로 인해 학교에 결석한 대상자 수는 중재군과 대조군 간의 유의한 차이가 확인되지 않았다(OR 0.74, 95% CI 0.31~1.50, $p=.41$). Voorend-van Bergen 등[26]의 연구에서는 12개월 시점에 중재군(90명)과 대조군(87명)의 평균치 변화량의 차이가 유의하지 않은 것으로 보고되었다(MD 0.06, 95% CI -0.34~0.46). Wiecha 등[29]의 연구에서는 6개월 시점에 원격모니터링 중재군(28명)과 대조군(14명)의 지난 6주 동안 천식으로 인해 발생한 활동 제한 및 결석 대상자 수를 비교하였으며, 활동 제한 및 결석 모두에서 두 군 간 평균치 변화량의 차이가 유의하지 않은 것으로 보고되었다.

4) 폐기능 검사 결과

(1) 1초간 노력성 호기량(forced expiratory volume in 1 second [FEV₁])

FEV₁을 보고한 연구는 4편[24-26,28]으로 이 중 양적합성이 가능한 연구는 3편이었다. 메타분석 결과, FEV₁은 두 군 간 차이가 유의하지 않았다(SMD 0.01, 95% CI -0.31~0.33, $I^2=60%$) (Figure 3G).

(2) 노력성 폐활량(forced vital capacity [FVC])

FVC를 보고한 연구는 2편[26,28]으로 메타분석 결과, 두 군 간의 차이가 통계적으로 유의하지 않았다(SMD -0.05, 95% CI -0.49~0.38, $I^2=71%$) (Figure 3H).

(3) 최대호기유량(peak expiratory flow [PEF])

PEF를 보고한 연구는 3편[22,28,30]이었으며, 문헌별 결과 보고의 형식이 달라 양적합성은 불가하였다. Chan 등[28]의 연구에서는 12개월 시점에 peak flow 측정 결과, 중재군(60명)과 대조군(60명)의 차이가 통계적으로 유의하지 않았다. Jan 등[30]의 연구에서는

아침 또는 저녁에 측정된 PEF의 변화량(중재 후 3개월 시점 측정값-기저시점 측정값) 확인 결과, 대조군(71명)에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었으나(아침 $p=0.072$; 저녁 $p=0.070$), 중재군(82명)에서는 통계적으로 유의하게 향상된 것으로 보고하였다(아침 $p=0.017$; 저녁 $p=0.010$). Guendelman 등[22]의 연구에서는 peak flow 측정 결과, 황색 또는 적색 구역에 1회 이상 해당된 환자의 비율이 중재군 28.8% (19/66명), 대조군 38.2% (26/68명)으로 대조군에 비해 중재군에서 황색 또는 적색 구역에 해당할 오즈가 감소하였다고 보고하였다(OR 0.43, 95% CI 0.23~0.82, $p=0.01$).

5) 기타 결과

(1) 약물 순응도

약물 순응도를 보고한 연구는 2편[26,29]이었다. 결과지표인 약물 순응도는 문헌마다 정의 및 보고 형식이 다양하며, 연구 대상자의 기저 특성(조절제 사용/필요 여부)이 달라 단순 양적 합성은 불가능하였다. Voorend-van Bergen 등[26]의 연구에서는 4~18세의 아토피 천식으로 연구 시작 전 3개월 내에 ICS (inhaled corticosteroids) 사용 경험이 있는 환자 272명을 대상으로 원격모니터링 중재(웹 기반의 ACT 모니터링)와 통상적 관리를 제공하였다. 중재 후 12개월 시점에 자가 보고한 약물 순응도는 중재군 94.1%, 대조군 91.4%로 두 군 간 통계적으로 유의한 차이가 없다고 보고하였다. Wiecha 등[29]의 연구에서는 지속성 천식 또는 조절제 투여 중인 9~17세 아동 58명을 대상으로 원격 모니터링 중재(웹 기반 상호작용 천식 교육, 모니터링, 의사소통)와 통상적 관리를 비교하였다. 전체 대상자에서 조절제 사용 관련 순응도를 살펴보면, 중재군은 기저시점 38.0%에서 6개월 후 11.2% 증가한 반면에 대조군은 기저시점 45.9%에서 6개월 후 4.4%가 감소하였다. 특히, 고위험군(기저시점에 조절제 사용 순응도가 75% 미만인 대상자: 중재군 15명, 대조군 8명)에서 중재군은 기저시점 16.3%에서 6개월 후 29.8% 증가한 반면에 대조군은 기저시점 39.2%에서 6개월 후 5.0%가 감소하였다. 군 내 변화량의 차이는 고위험군 원격모니터링 중재군에서만 그 차이가 유의한 것으로 보고되었으며, 두 군 간 차이는 유의하지 않은 것으로 보고되었다. 상기 결과를 보면 약물 순응도에 대한 군 간 비교(between group)는 어려웠으나, 군 내(within group) 전-후 비교 시 일부 연구에서 원격 모니터링 중재군이 대조군에 비해 약물 순응도가 향상되는 경향을 확인할 수 있었다.

(2) 중재 순응도

원격모니터링 중재 관련 순응도를 보고한 연구는 총 3편[26-28]이었다. Voorend-van Bergen 등[26]의 연구에 따르면 중재군에서의 웹 기반 ACT 작성률은 중위값 88.0%, 천식 일기 전체 항목 작성

률 43.0%, 천식 일기 75% 이상 작성률 85.0%로 보고하였다. Jacobson 등[27]의 연구에서는 웹 로그인 횟수 또는 천식 일기 작성에 있어 환자 당 평균 횟수가 중재군 211회, 대조군 136회로 대조군에 비해 중재군이 더 많았다고 보고하였다. Chan 등[28]의 연구에서도 천식 일기 작성 순응도가 중재군이 35.4%, 대조군이 20.8%로 통계적으로 유의하게 높게 나타났다($p<0.01$).

6) 하위군 분석 및 민감도 분석

본 연구에서는 하위군 분석 및 민감도 분석을 시행하고자 하였으나, 각 메타분석에 포함된 연구 수의 부족으로 수행하지 못하였다.

논 의

본 연구에서는 천식 아동 및 청소년을 관리하는데 있어 적용되고 있는 원격모니터링 중재의 방법을 확인하고, 그 효과를 통합하기 위하여 체계적 문헌고찰 및 메타분석을 시행하였다. 본 체계적 문헌고찰에 포함된 연구는 2002년 이후 보고된 RCT 연구 총 8편(문헌 9건)으로 연구 대상자수는 총 855명(중재군 442명, 대조군 413명)이며, 대부분의 연구는 천식 중증도의 제한 없이 경증부터 중증의 환자를 모두 포함한 것으로 확인되었다.

본 연구에 포함된 8편의 연구에서 제시된 원격모니터링 중재의 방식은 매우 다양하였다. 먼저, 연구마다 다양한 형태의 모니터링 지표가 활용되고 있었는데, 모니터링 지표별 비중을 살펴보면, ACQ, ACT 등의 천식조절점수 또는 천식 일기를 활용한 천식 증상을 모니터링 하는 경우가 87.5%로 가장 많았으며, FEV₁ 또는 PEF와 같은 폐기능 검사 결과를 모니터링한 연구가 75.0%, 약물 복용 여부를 모니터링 하는 연구가 37.5% 순으로 확인되었다. 이들은 다시 연구별 모니터링 지표로 살펴보면, 두 편의 연구[24,26]를 제외하고는 모두 복수의 지표를 모니터링에 활용하였으며, 세 편의 연구[22,27,29]에서 천식 조절 점수 또는 폐활량측정기를 통한 생체정보(biological information)에 추가하여 약물 복용 여부까지 모니터링하는 것으로 확인되었다. 이처럼 아직까지는 천식 자가관리를 위한 여러 가지 모니터링 지표가 다양하게 사용되고 있는 실정이며, 가장 효과적인 모니터링 지표에 대해서는 추후 연구를 통해 규명되어야 하겠다. 둘째, 원격모니터링의 유형은 선택문헌 모두에서 환자의 정보를 저장 후 전송하는 비동시적 원격모니터링의 형태로, 정보를 주고받는 개인들이 실시간으로 상호작용에 참여하여 즉각적인 정보교환을 하는 동시적 원격모니터링은 확인되지 않았다. 또한, 환자 정보 전송을 위해 사용된 원격모니터링 기기는 대부분 웹에 기반하였으며, 환자 정보가 자동으로 전송되는 형태의 최신의 원격장비를 적용한 연구는 1편[24]에 불과하였다. 최근 천식 자가관리에 있어 모바일 기술과 연계

된 스마트 흡입기 및 스마트폰에 설치되어 흡입기와 연동된 앱 등을 통한 천식 관리에 새로운 방식들이 모색되고 있으나[17], 이러한 기술에 대한 검증이 이루어지기에는 아직까지 관련 근거가 매우 제한적이었다.

본 연구의 메타분석 결과에 따르면, 원격모니터링 중재와 통상적 관리를 비교했을 때 천식조절점수 향상에 있어 통계적으로 유의한 차이는 확인되지 않았으며(SMD 0.04, 95% CI -0.20~0.28, $I^2=0\%$), 천식 악화에 있어서도 두 군 간 통계적으로 유의한 차이는 없었다(OR 0.95, 95% CI 0.43~2.09, $I^2=0\%$). 그 외 입원, 응급실 방문, 천식 관련 삶의 질, 폐기능 검사 결과에 대한 메타분석에서도 원격모니터링 중재의 임상적 효과가 유의미하게 분석된 결과변수는 없었다. 이러한 결과는 천식 환자를 대상으로 원격의료 서비스의 임상적 효과를 분석했던 선행 체계적 문헌고찰[12,14,15]과도 일치하는 결과이다. Kew와 Cates [15]의 체계적 문헌고찰 연구에서는 가정에서의 원격 모니터링 중재와 통상적 관리의 비교 시 천식 악화, 천식 조절 등의 결과에 있어 유의한 차이를 확인하지 못하였으며, 해당 근거만으로는 원격모니터링 중재의 임상적용을 제안하기에는 근거가 부족하다고 언급하였다. 해당 체계적 문헌고찰에서는 평가에 포함된 원격모니터링 중재를 의료인이 피드백을 제공하는 경우로 한정하였으며, 전체 18편의 선택문헌 중 아동을 대상으로 한 문헌은 5편으로 적었고, 구체적인 중재 내용 및 아동에서의 중재 효과에 대한 구별된 내용을 확인하기는 어려웠다. Zhao 등[12]의 연구에서는 18세 이상의 성인 천식 환자에서 문자메세지, 전화, 인터넷 또는 휴대전화를 활용한 원격의료 중재가 천식 조절에 미치는 효과를 평가하였으며, 6편의 선택문헌에 대한 메타분석 결과 천식 조절 점수는 중재군과 대조군 간의 유의한 차이를 보이지 않았다. McLean 등[14]의 연구는 성인 또는 아동을 포함한 천식 환자를 대상으로 원격의료 중재의 효과에 대한 체계적 문헌고찰로 최종 선택된 21편의 연구 중 천식 관련 삶의 질을 보고한 9편의 문헌에 대해 메타분석에서 임상적으로 유의한 향상은 확인하지 못하였다고 보고하였다. 다만 천식으로 인한 입원에 있어 경증이 아닌 중증의 천식 환자에서 원격의료 가 천식 관련 입원의 위험을 감소할 잠재가능성이 있다고 제시하였다.

본 연구에서는 선택연구들의 중재결과 중 약물 순응도 및 중재 순응도에 대한 메타분석이 불가능하여 질적 검토를 수행하였다. Wiecha 등[29]의 연구에서 기저시점에 조절제 사용 순응도가 낮았던 고위험군 환자에서 원격모니터링 중재 적용 전-후의 차이가 통계적으로 유의하게 향상된 것으로 보고되었다. 천식 질환 관리에 있어 약물 순응도의 향상은 환자의 건강결과와 밀접하게 연관되어 있으며, 상기 결과는 약물 복용 여부를 포함한 환자 정보의 모니터링이 약물 순응도를 높이고, 천식 아동의 자가관리 전략으로 원격모니터링 중

재법을 적용해 볼 가치가 있음을 시사한다. 또한, 원격모니터링 중재 순응도를 보고한 3편[26-28]의 연구에서 모두 대조군에 비해 원격 모니터링 중재군의 중재 순응도가 통계적으로 유의하게 높은 것으로 확인되었다. 이처럼 웹 기반의 천식 일기와 같은 새로운 기술의 적용은 기존의 종이를 사용한 천식 일기에 비해 중재 적용을 편리하게 만들고, 중재 순응도를 향상시키는 것으로 확인되어, 천식 자가관리의 향상에 있어 효과적인 접근 전략으로 활용될 수 있는 가능성을 제시하였다고 생각된다. 이러한 결과는 선행 체계적 문헌고찰에서도 현 시점의 근거만으로 원격의료 가 천식 조절에 효과적이지 않을 것이라고 단정하는 것은 부적절하며, 원격의료 서비스의 잠재적 이득을 기대해 볼 수 있다는 주장과 일치한다[12,15]. 이처럼 현재까지의 아동 및 청소년의 천식 관리에 있어 원격모니터링 중재에 대한 문헌적 근거는 매우 제한적이며, 원격모니터링 중재가 천식 자가관리 전략의 일환으로 통상적 관리에 비해 천식 증상 조절, 천식 악화 감소, 삶의 질 향상 측면에서 추가적 이득이 있는지 결론을 내리기에는 관련 근거가 부족하지만, 아동 및 청소년 천식 환자에서 효과적인 자가관리 중재 전략으로 원격모니터링 중재가 활용될 수 있는 잠재적 가치가 있다고 생각된다.

본 연구의 결과해석에 있어 몇 가지 제한점이 있다. 첫째, 본 연구에 포함된 원격모니터링 중재는 질환 관리를 '주' 목적으로 ICT를 이용하여 환자의 생체정보, 증상 및 약물 복용 정보가 전송되고 이를 바탕으로 환자 상태를 모니터링 하여 환자에게 필요한 피드백 등이 이루어지는 중재로 구체적으로 정의하였음에도 불구하고, 실제 연구에서 적용되고 있는 중재법의 특성(모니터링 지표, 전송 장비, 전송 주기, 피드백 방식 등)이 다양하여 분석 결과는 이들이 혼재된 결과이며, 해당 문헌의 수가 충분치 않아 중재 특성에 따른 추가 분석은 불가능하였다. 향후 어떤 중재 유형 및 프로토콜이 가장 효과적인지에 대한 추가 규명이 필요할 것이다. 둘째, 결과변수 측면에서 문헌마다 보고하고 있는 지표의 종류 및 보고 형식이 매우 다양하여 통합분석 결과를 제시하는데 어려움이 존재하였다. 천식 악화의 경우, 문헌에서 악화를 정의하고 있는 경우와 그 외 결과변수로 보고하는 경우 등으로 다양하여 본 연구에서는 이를 조작적으로 정의하여 문헌 간 변수 정의의 차이를 최소화하고자 하였으나 여전히 이질적인 특성을 나타냈다. 따라서 추후 임상시험 연구에서는 동 영역에서의 주요 결과 지표 및 보고 형식에 대한 합일을 이루는 것이 필요하리라 생각된다. 셋째, 본 연구에서 최종 평가에 포함되었던 8편의 RCT에 대한 비뚤림 위험 평가 결과, 무작위 배정, 배정순서 은폐, 눈가림, 불충분한 결과 자료 영역에서 비뚤림의 위험이 낮았던 연구는 전체의 50% 미만으로 평가에 포함된 RCT의 질은 높지 않았다. 이로 인해 결과변수의 효과 추정치가 과대 추정될 가능성이 존재할 수 있어 연구 결과 해석 시 주의를 요한다.

본 연구의 의의는 다음과 같다. 아동 및 청소년 천식 환자에 초점을 맞춰 원격모니터링 중재의 효과를 평가한 첫 번째 연구이며, 원격모니터링 중재에 대한 조작적 정의를 통해 ICT 기술과 접목되어 환자 정보가 전송되고 이를 모니터링 함으로써 질환 관리를 목적으로 하는 원격모니터링 중재법에 초점을 맞추어 임상 효과를 평가하였다. 둘째, 선행 체계적 문헌고찰이 원격의료 또는 원격모니터링 중재의 효과 평가에 초점을 두었던 반면에 본 연구는 최신의 근거자료를 기반으로 다양한 형태의 원격모니터링 중재의 상세내용을 구체적으로 파악함으로써 추후 원격모니터링을 활용한 중재방안 및 중재연구의 방향을 계획하는데 도움이 되고자 하였다. 더불어, 질환 관리에 있어 원격모니터링 중재는 상당 부분 간호사의 참여가 요구되는데, 본 연구에 포함된 일차연구들 중 모니터링한 환자 정보의 검토 및 중재자로 간호사가 원격모니터링 중재에 직접적으로 참여한 연구는 절반 정도에 해당하였고, 그 외에도 원격모니터링과 연계하여 제공되는 자가관리 교육 내용의 개발 등 직·간접적으로 원격모니터링 중재의 개발, 관리, 조정에 있어 간호사의 역할이 중요한 것으로 기대된다. 이에 본 연구를 기반으로 추후 효과적인 중재 개발의 기초 근거로 활용될 수 있다는 점에서 연구의 의의가 있다고 생각된다.

결론

본 연구는 원격모니터링 중재연구 중 아동 및 청소년 천식 환자 대상의 원격모니터링 중재의 효과를 확인하고, 중재의 구체적인 내용을 파악하고자 하였다. 검토에 포함된 무작위배정 비교임상연구는 총 8편으로, 천식 조절, 천식 악화, 입원, 응급실 방문, 천식 관련 삶의 질, 폐기능 검사 결과에 대한 메타분석 결과, 원격모니터링 중재와 통상적 관리 간의 통계적으로 유의한 차이는 확인되지 않았다. 이에 천식 아동의 자가관리 전략의 일환으로 원격모니터링 중재를 적용하는 것이 추가적 이득이 있다는 결론을 내리기에는 기존 문헌적 근거가 부족한 것으로 확인되었다. 다만, 일부 연구에서 원격모니터링 중재를 적용 후 약물 순응도 및 중재 순응도 향상을 보고하고 있어, 추후 천식 환자의 자가관리 향상을 위해 적용해 볼 수 있는 잠재적 가치가 있는 전략으로 고려될 수 있을 것이다. 최근 ICT의 발전과 인터넷의 확산을 통해 만성질환자들을 대상으로 활용할 수 있는 다양한 형태의 관리시스템이 개발되고 있으며, 스마트폰 등의 원격모니터링에 활용할 수 있는 장비의 보급률이 높아지는 현실을 감안하여, 향후 잘 설계된 임상연구를 통해 원격모니터링 중재의 어떠한 요인이 더 효과적인지에 대한 지속적 규명 및 중재 효과에 대한 추가 연구가 필요하다. 또한, 국내 임상 현실을 반영한 국내 연구 및 해당 중재가 실제 임상 현장에서 효과적으로 적용될 수 있도록 대상자 및 중재 제공자의 선호도와 요구를 규명하기 위한 질적 연구도

필요할 것으로 생각된다. 향후 원격모니터링 중재의 효과를 평가할 수 있는 질 높은 연구들이 축적되어 환자 및 보호자, 의료인, 정책결정자들이 천식의 효과적인 관리방법을 고려할 때 보다 과학적인 정보를 바탕으로 합리적인 의사결정을 내릴 수 있게 되기를 기대한다.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declared no conflict of interest.

REFERENCES

1. Global Initiative for Asthma (GINA). Global Strategy for Asthma Management and Prevention [Internet]. c2016 [cited 2016 Oct 12]. Available from: <https://ginasthma.org/wp-content/uploads/2016/04/wms-GINA-2016-main-report-final.pdf>.
2. World Health Organization (WHO). World Health Organization Asthma Fact sheet No. 307 [Internet]. Geneva: WHO; c2017 [cited 2018 Jan 17]. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs307/en/>.
3. Fuchs O, Bahmer T, Rabe KF, von Mutius E. Asthma transition from childhood into adulthood. *The Lancet Respiratory Medicine*. 2017;5(3):224-234. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(16\)30187-4](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(16)30187-4)
4. Dean BB, Calimlim BC, Sacco P, Aguilar D, Maykut R, Tinkelman D. Uncontrolled asthma: Assessing quality of life and productivity of children and their caregivers using a cross-sectional Internet-based survey. *Health and Quality of Life Outcomes*. 2010;8:96. <https://doi.org/10.1186/1477-7525-8-96>
5. Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN). British guideline on the management of asthma [Internet]. Edinburgh: SIGN; c2016 [cited 2018 Jan 25]. Available from: <http://www.sign.ac.uk/sign-153-british-guideline-on-the-management-of-asthma.html>.
6. The Korean Academy of Asthma, Allergy and Clinical Immunology, The Korean Academy of Pediatric Allergy and Respiratory Disease, National Strategic Coordination Center for Clinical Research. Korean Guideline for Asthma [Internet]. [place unknown: publisher unknown]; c2015 [cited 2016 Oct 12]. Available from: http://www.allergy.or.kr/file/150527_01.pdf.
7. Pinnock H, Slack R, Pagliari C, Price D, Sheikh A. Understanding the potential role of mobile phone-based monitoring on asthma self-management: Qualitative study. *Clinical and Experimental Allergy*. 2007;37(5):794-802. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2222.2007.02708.x>
8. Tuckson RV, Edmunds M, Hodgkins ML. Telehealth. *New England Journal of Medicine*. 2017;377(16):1585-1592.

- <https://doi.org/10.1056/NEJMSr1503323>
9. Flodgren G, Rachas A, Farmer AJ, Inzitari M, Shepperd S. Interactive telemedicine: Effects on professional practice and health care outcomes. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2015;(9):CD002098.
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD002098.pub2>
 10. de Jongh T, Guroi-Urganci I, Vodopivec-Jamsek V, Car J, Atun R. Mobile phone messaging for facilitating self-management of long-term illnesses. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2012;12:CD007459.
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD007459.pub2>
 11. Paré G, Moqadem K, Pineau G, St-Hilaire C. Clinical effects of home telemonitoring in the context of diabetes, asthma, heart failure and hypertension: A systematic review. *Journal of Medical Internet Research*. 2010;12(2):e21.
<https://doi.org/10.2196/jmir.1357>
 12. Zhao J, Zhai YK, Zhu WJ, Sun DX. Effectiveness of telemedicine for controlling asthma symptoms: A systematic review and meta-analysis. *Telemedicine Journal and e-Health*. 2015;21(6):484-492. <https://doi.org/10.1089/tmj.2014.0119>
 13. Marcano Belisario JS, Huckvale K, Greenfield G, Car J, Gunn LH. Smartphone and tablet self management apps for asthma. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2013;(11):CD010013. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010013.pub2>
 14. McLean S, Chandler D, Nurmatov U, Liu J, Pagliari C, Car J, et al. Telehealthcare for asthma. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2010;(10):CD007717.
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD007717.pub2>
 15. Kew KM, Cates CJ. Home telemonitoring and remote feedback between clinic visits for asthma. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2016;(8):CD011714.
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD011714.pub2>
 16. Pijnenburg MW, Baraldi E, Brand PL, Carlsen KH, Eber E, Frischer T, et al. Monitoring asthma in children. *European Respiratory Journal*. 2015;45(4):906-925.
<https://doi.org/10.1183/09031936.00088814>
 17. Clift J. Connected asthma: How technology will transform care. *Asthma UK Report*. London: Asthma UK; 2016.
 18. Higgins JPT, Green S. *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*. Chichester: John Wiley & Sons; 2011.
 19. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *Journal of Clinical Epidemiology*. 2009;62(10):1006-1012.
<https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2009.06.005>
 20. Kim SY, Park JE, Seo HJ, Lee YJ, Jang BH, Son HJ, et al. NECA's guidance for undertaking systematic reviews and meta-analyses for intervention. Seoul: National Evidence-Based Healthcare Collaborating Agency; 2011. p. 65-91.
 21. Cochrane Collaboration. Review Manager (RevMan) [Computer Program]. Version 5.3. Copenhagen: The Nordic Cochrane Centre; 2014. Available from: <https://community.cochrane.org/help/tools-and-software/revman-5>.
 22. Guendelman S, Meade K, Benson M, Chen YQ, Samuels S. Improving asthma outcomes and self-management behaviors of inner-city children: A randomized trial of the Health Buddy interactive device and an asthma diary. *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine*. 2002;156(2):114-120.
<https://doi.org/10.1001/archpedi.156.2.114>
 23. Guendelman S, Meade K, Chen YQ, Benson M. Asthma control and hospitalizations among inner-city children: Results of a randomized trial. *Telemedicine Journal and e-Health*. 2004;10 Suppl 2:S-6-14.
 24. Deschildre A, Béghin L, Salleron J, Iliescu C, Thumerelle C, Santos C, et al. Home telemonitoring (forced expiratory volume in 1 s) in children with severe asthma does not reduce exacerbations. *European Respiratory Journal*. 2012;39(2):290-296. <https://doi.org/10.1183/09031936.00185310>
 25. Rikkers-Mutsaerts ERVM, Winters AE, Bakker MJ, van Stel HF, van der Meer V, de Jongste JC, et al. Internet-based self-management compared with usual care in adolescents with asthma: A randomized controlled trial. *Pediatric Pulmonology*. 2012;47(12):1170-1179. <https://doi.org/10.1002/ppul.22575>
 26. Voorend-van Bergen S, Vaessen-Verberne AA, Brackel HJ, Landstra AM, van den Berg NJ, Hop WC, et al. Monitoring strategies in children with asthma: A randomised controlled trial. *Thorax*. 2015;70(6):543-550.
<https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2014-206161>
 27. Jacobson JS, Lieblein A, Fierman AH, Fishkin ER, Hutchinson VE, Rodriguez L, et al. Randomized trial of an electronic asthma monitoring system among New York City children. *American Journal of Managed Care*. 2009;15(11):809-814.
 28. Chan DS, Callahan CW, Hatch-Pigott VB, Lawless A, Profitt HL, Manning NE, et al. Internet-based home monitoring and education of children with asthma is comparable to ideal office-based care: Results of a 1-year asthma in-home monitoring trial. *Pediatrics*. 2007;119(3):569-578.
<https://doi.org/10.1542/peds.2006-1884>
 29. Wiecha JM, Adams WG, Rybin D, Rizzodepaoli M, Keller J, Clay JM. Evaluation of a web-based asthma self-management system: A randomised controlled pilot trial. *BMC Pulmonary Medicine*. 2015;15:17.
<https://doi.org/10.1186/s12890-015-0007-1>
 30. Jan RL, Wang JY, Huang MC, Tseng SM, Su HJ, Liu LF. An internet-based interactive telemonitoring system for improving childhood asthma outcomes in Taiwan. *Telemedicine Journal and e-Health*. 2007;13(3):257-268.
<https://doi.org/10.1089/tmj.2006.0053>

Appendix 1. List of Studies included in a Systematic Review

1. Chan DS, Callahan CW, Hatch-Pigott VB, Lawless A, Proffitt HL, Manning NE, et al. Internet-based home monitoring and education of children with asthma is comparable to ideal office-based care: results of a 1-year asthma in-home monitoring trial. *Pediatrics*. 2007;119(3):569–578. <https://doi.org/10.1542/peds.2006-1884>.
2. Deschildre A, B éghin L, Salleron J, Ilescu C, Thumerelle C, Santos C, et al. Home telemonitoring (forced expiratory volume in 1 s) in children with severe asthma does not reduce exacerbations. *European Respiratory Journal*. 2012;39(2):290–296. <https://doi.org/10.1183/09031936.00185310>.
3. Guendelman S, Meade K, Benson M, Chen YQ, Samuels S. Improving asthma outcomes and self-management behaviors of inner-city children: a randomized trial of the Health Buddy interactive device and an asthma diary. *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine*. 2002;156(2):114–120.
4. Guendelman S, Meade K, Chen YQ, Benson M. Asthma control and hospitalizations among inner-city children: results of a randomized trial. *Telemedicine Journal and e-Health*. 2004;10. Supplement 2: S-6-S-14.
5. Jacobson JS, Lieblein A, Fierman AH, Fishkin ER, Hutchinson VE, Rodriguez L, et al. Randomized trial of an electronic asthma monitoring system among New York City children. *American Journal of Managed Care*. 2009;15(11):809–814.
6. Jan RL, Wang JY, Huang MC, Tseng SM, Su HJ, Liu LF. An internet-based interactive telemonitoring system for improving childhood asthma outcomes in Taiwan. *Telemedicine Journal and e-Health*. 2007;13(3):257–268. <https://doi.org/10.1089/tmj.2006.0053>.
7. Rikkers-Mutsaerts ER, Winters AE, Bakker MJ, van Stel HF, van der Meer V, de Jongste JC, et al. Internet-based self-management compared with usual care in adolescents with asthma: a randomized controlled trial. *Pediatric Pulmonology*. 2012;47(12):1170–1179. <https://doi.org/10.1002/ppul.22575>.
8. Voorend-van Bergen S, Vaessen-Verberne AA, Brackel HJ, Landstra AM, van den Berg NJ, Hop WC, et al. Monitoring strategies in children with asthma: a randomised controlled trial. *Thorax*. 2015;70(6):543–550. <https://doi.org/10.1136/thorax-jnl-2014-206161>.
9. Wiecha JM, Adams WG, Rybin D, Rizzodepaoli M, Keller J, Clay JM. Evaluation of a web-based asthma self-management system: a randomised controlled pilot trial. *BMC Pulmonary Medicine*. 2015;15(1):17. <https://doi.org/10.1186/s12890-015-0007-1>.

Appendix 2. Search strategy to identify relevant trials from Ovid-MEDLINE

1. exp Asthma/
2. asthma*.mp.
3. 1 or 2
4. exp Telemedicine/
5. tele*.mp.
6. (mhealth* or m-health* or m?health*).mp.
7. (uhealth* or u-health* or u?health*).mp.
8. (ehealth* or e-health* or e?health*).mp.
9. (emedicine* or e-medicine* or e?medi*).mp.
10. (smartcare or smart care or smarthomecare or smart homecare or smart home care).mp.
11. (videoconferen* or video-conferen* or video*conferen* or video* phone* or videophone* or video-phone*).mp.
12. (phone? or cellphone or cell*phone? or smartphone or internet or web).mp.
13. (ubiquit* or mobile* or electronic or remote* or virtual* or online or on-line or real time or real?time* or interactive).mp.
14. 4 or 5 or 6 or 7 or 8 or 9 or 10 or 11 or 12 or 13

15. 3 and 14
16. Randomized Controlled Trials as Topic/
17. randomized controlled trial/
18. Random Allocation/
19. Double Blind Method/
20. Single Blind Method/
21. clinical trial/
22. clinical trial, phase i.pt.
23. clinical trial, phase ii.pt.
24. clinical trial, phase iii.pt.
25. clinical trial, phase iv.pt.
26. controlled clinical trial.pt.
27. randomized controlled trial.pt.
28. multicenter study.pt.
29. clinical trial.pt.
30. exp Clinical Trials as topic/
31. 16 or 17 or 18 or 19 or 20 or 21 or 22 or 23 or 24 or 25 or 26 or 27 or 28 or 29 or 30
32. (clinical adj trial\$.tw.
33. ((singl\$ or doubl\$ or treb\$ or tripl\$) adj (blind\$3 or mask\$3)).tw.
34. PLACEBOS/
35. placebo\$.tw.
36. randomly allocated.tw.
37. (allocated adj2 random\$.tw.
38. 31 or 32 or 33 or 34 or 35 or 36 or 37
39. 31 or 38
40. case report. tw.
41. letter/
42. historical article/
43. 40 or 41 or 42
44. 39 not 43
45. 15 and 44