바이오피드백을 이용한 심부목굽힘근운동이 목 질환에 미치는 영향: 메타분석

박주희¹, 전해선^{1,2}, 김지현³, 김예진³, 문경아³, 임원빈¹

¹연세대학교 보건과학대학 물리치료학과, ²연세대학교 보건환경대학원 인간공학치료학과, ³연세대학교 일반대학원 물리치료학과

Effects of Biofeedback Based Deep Neck Flexion Exercise on Neck Pain: Meta-analysis

Joo-Hee Park¹, PT, PhD, Hye-Seon Jeon^{1,2}, PT, PhD, Ji-hyun Kim³, BPT, PT, Ye Jin Kim³, BPT, PT, Gyeong Ah Moon³, BPT, PT, One-bin Lim¹, PT, PhD

¹Department of Physical Therapy, College of Health Science, Yonsei University, ²Department of Ergonomic Therapy, The Graduate School of Health and Environment, Yonsei University, ³Department of Physical Therapy, The Graduate School, Yonsei University, Wonju, Korea

Article Info

Received December 29, 2020

Revised January 13, 2021

Accepted January 14, 2021

Corresponding Author

Hye-Seon Jeon

E-mail: hyeseonj@yonsei.ac.kr

<https://orcid.org/0000-0003-3986-2030>

Key Words

Biofeedback

Deep neck flexor exercise

Meta-analysis

Neck pain

Previous studies have reported that deep neck flexor (DNF) exercise can improve neck problems, including neck pain, forward head posture, and headache, by targeting the deep and superficial muscles of the neck. Despite the prevailing opinion across studies, the benefits of DNF can vary according to the type of neck problems and the outcome measures adopted, ranging from positive outcomes to non-significant benefits. A meta-analysis was conducted in this study to assess conclusive evidence of the impact of DNF exercise on individuals with neck problems. We used PUBMED, MEDLINE, NDSL, EMBASE, and Web of Science to search for primary studies and the key terms used in these searches were "forward head posture (FHP)," "biofeedback," "pressure biofeedback unit," "stabilizer," "headache," and "neck pain." Twenty-four eligible studies were included in this meta-analysis and were coded according to the type of neck problems and outcome measures described, such as pain, endurance, involvement of neck muscle, craniovertebral angle (CVA), neck disability index (NDI), cervical range of motion (CROM), radiographs of the neck, posture, strength, endurance, and headache disability index. The overall effect size of the DNF exercise was 0.489. The effect sizes of the neck problems were 0.556 (neck pain), -1.278 (FHP), 0.176 (headache), and 1.850 (mix). The effect sizes of outcome measures were 1.045 (pain), 0.966 (endurance), 0.894 (deep neck flexor), 0.608 (superficial neck flexor), 0.487 (CVA), 0.409 (NDI), and 0.252 (CROM). According to the results of this study, DNF exercise can effectively reduce neck pain. Thus, DNF exercise is highly recommend as an effective exercise method for individuals suffering from neck pain.

INTRODUCTION

코로나19 시대 언택트 문화가 확산되면서 스마트폰과 같은 전자기기는 편리하게 의사소통을 할 수 있는 중요한 수단으로 자리매김 하였다. 하지만, 과도한 사용으로 오랜 시간 같은 자세로 앉아 있는 시간이 증가하면서 거북목 증후군과 목 통증, 목 디스크 등 다양한 목 질환이 증가하고 있다. 건강보험 심사평가원에 따르면, 2016년 목 질환자의 수는 2011년 대비 16.6% 증가했으며, 이전에는 60대 이상에서 주로 발병하였으나 최근에는 10-40대 젊은 층에도 급증하여 전 연령대

에 걸쳐 대표적인 건강 문제로 대두되고 있다[1].

목 질환을 해결하려는 노력은 오래전부터 이루어지고 있다. 하지만, 대다수의 목 질환의 경우 원인이 불명확하거나 여러 원인이 중첩되어서 나타나는 경우가 많으므로 완벽하게 치료하는 것이 매우 어렵고 재발할 가능성이 많다[2,3]. 따라서 미국 물리치료사협회에서 편찬한 임상 지침(clinical guideline)에서는 목 질환자들에게 일생 동안 지속적으로 보전적 중재 방법을 사용하도록 권유하고 있다[4].

보전적 중재 방법 중 가장 많이 권유되는 것은 운동(active exercise)이며, 주로 근육의 불균형을 해소하는 것을 목표로 한다[5]. 목 질

환자들의 목 근육은 대체로 얇은 근육은 강해지고, 깊은 근육은 약화된 근 불균형 상태이며, 깊은 목 근육은 목뼈 가까이에 위치해 있고 길이가 짧아 척추에 안정성을 제공하고 척추 분절 움직임에 중요한 역할을 하므로, 목 질환자들의 깊은 근 약화는 심각한 통증과 장애를 유발할 수 있다[6-9]. 또한, 정상인에 비해 목 질환자들은 움직임 시 깊은목 굽힘근육의 근활성도는 더 작고 얇은목굽힘근육의 근활성도는 더 큰 비정상적인 근수축 패턴이 나타나므로, 목 질환이 오래될 경우 깊은 목 근육이 지속적으로 약화되어 근력과 지구력이 모두 감소되고, 심지어 위축될 수 있다[7,8,10].

바이오피드백을 이용한 깊은목굽힘(deep neck flexion, DNF) 운동은 임상현장에서 가장 널리 사용하고 있는 운동방법으로 방법은 다음과 같다. 먼저 똑바로 누운자세에서 압력바이오피드백장치(pressure biofeedback unit, PBU)를 목 중앙에 위치시켜 얼굴이 지면과 수평이 되도록 한 후, 공기를 주입하여 PBU의 압력이 20 mmHg에 도달할 때까지 공기를 주입한다. 그 후 대상자에게 턱을 당기게 함으로써 PBU의 압력을 2 mmHg 증가시키면서 실시한다. 이렇듯 DNF 운동은 피드백을 통해 부하가 조절되고 2 mmHg의 낮은 부하로 운동하므로 얇은목굽힘근의 수축 없이 깊은목굽힘근만을 선택적으로 강화시킬 수 있는 효과적인 치료법으로 알려져 있다[11,12]. 최근 20년 동안 DNF 운동의 효과를 확인한 많은 논문들이 국제 및 국내 학회지에 투고되었으며, 이 연구들은 DNF 운동이 다양한 목 질환을 해결하고, 통증을 감소시켜 삶의 질을 향상시킨다고 주장하였다[13,14].

하지만 DNF 운동의 효과 크기는 각 논문마다 상이하다. 이는 목 질환의 종류에 따라, 그리고 어떤 종속변수를 사용할 지에 따라 DNF 운동의 효과가 영향을 받을 수 있기 때문이다[15]. 따라서 본 연구는 메타 분석을 통하여 현재까지 출판된 DNF 운동 관련 논문들을 분석하고, 어떤 목 질환에 효과적인지, 어떤 종속변수에 영향을 가장 많이 미치는지 확인하려 한다.

MATERIALS AND METHODS

1. 문헌 검색

2020년 1월 2일을 기준으로 국내외 DNF 운동의 효과와 관련된 연구 문헌을 수집하였다. 데이터베이스는 Pubmed, Google scholar, Medline, Web of Science, NDSL을 이용하였으며, 키워드는 “forward head posture”, “biofeedback”, “pressure biofeedback unit”, “stabilizer”, “headache”, “neck pain”으로 2020년 7월 1일까지의 자료를 검색하였다. 처음에는 제목과 초록을 통해 본 연구에서 분석할 논문을 선별하였으며, 그 후 추려진 논문들을 자세히 읽으면서 최종 분석할 논문을 선정하였다. 논문 선정의 정확성을 높이기 위해 두 명의 석사, 한 명의 박사 과정 연구원들이 본 연구에 참여하였으며 각각 독립적으로 논문을 선정 후 만약 불일치가 있을 경우 논의해서 최종 자료를 선정하였다.

2. 논문 선정 기준

모든 실험 연구는 다음 기준에 맞춰 선정되었다. 첫 번째, PBU를 이용한 DNF 운동 연구만을 포함시켜 바이오피드백 없이 DNF 운동만 수행한 연구는 제외하였다. 두 번째, 목 질환의 종류에 따른 DNF 운동의 효과를 확인하기 위해 목 통증, 거북목, 두통이 있는 대상자를 모집한 연구만을 포함시켰다. 세 번째, 단일집단 검사 전-검사 후 설계와 두 집단 검사 전-검사 후 설계를 사용한 연구들만을 포함시켰다. 네 번째, 한국어와 영어로 쓰여진 연구를 포함시켰다.

제외 기준은 다음과 같다. 첫 번째, 사례연구, 학술발표, 체계적 고찰, 책, 잡지는 제외하였다. 두 번째, 효과 크기를 계산할 때 필요한 평균과 표준편차 등의 데이터를 제시하지 않는 논문들은 제외하였다. 세 번째, 변수 중 근골격계 관련 변수 즉 통증이나 근활성도, 근력, 지구력, 및 자세를 제시하지 않는 논문은 제외하였다.

3. 논문 선정

10,683개의 논문을 5개의 데이터베이스에서 검색하였으며, 3,665개의 중복 논문은 제외하였다. 남은 7,018개 연구에서 논문 선정 기준에 맞지 않는 논문들을 제외하여 24개의 논문을 최종적으로 선정하였다(Figure 1).

4. 논문의 질

논문의 질을 평가하기 위해 국제 심장, 폐, 혈액 기관(National Heart, Lung, and Blood Institute, NHLBI)에서 제공하는 논문의 질 평가 방법을 사용하였다[16]. NHLBI에서 제공되는 논문의 질 평가 매뉴얼에 따라 각 논문은 설계된 디자인(단일집단 검사 전-검사 후 설계 또는 두 집단 검사 전-검사 후 설계)에 따라 다른 평가 기준을 따랐다. 단일집단 검사 전-검사 후 설계의 경우 12점이 만점이며, 두 집단 검사 전-검사 후 설계의 경우 14점이 만점이다. 두 명의 연구원들이 독립적으로 논문의 질을 평가하였으며, 만약 결과가 다를 경우 논의를 통해서 최종적인 논문의 질 평가를 수행하였다.

5. 자료 분석과 코딩

각 논문의 특성은 설계 디자인에 따라 Tables 1, 2에 기술되었다. 자료분석과 코딩은 크게 목 질환의 종류와 종속변수로 나눌 수 있다. 목 질환의 종류는 목 통증, 거북목, 두통, 그리고 앞선 세 가지 목 질환 중 두 가지 이상의 혼합 질환으로 설정하였으며, 종속변수는 목 통증, 목 장애, 목 관절가동범위, 목의 자세, 목 엑스레이 자세, 지구력, 근력, 얇은목굽힘근, 깊은목굽힘근, 두통으로 설정하였다. 목 통증은 시각아날로그척도(visual analog scale), 통증수치평가척도(numeric rating scale) 두 가지를 혼합하여 설정했다. 목 장애는 경부장애지수(neck disability Index)로 나타냈으며, 목 관절가동범위는 굽힘과 편, 돌림과 바깥쪽 기울임 각도를 혼합하여 제시하였다. 목의 자세는 목 굽음각도(craniovertebral angle)를 나타내며 이주, 7번째 목뼈 가시돌기, 바닥과 평행한 선의 각도이다. 목 엑스레이 자세의 경우 엑스레이를 사

Figure 1. Flow chart of the study.

용하여 목 굽음 정도를 측정된 변수를 나타낸다. 얇은목굽힘근과 깊은목굽힘근은 초음파상의 근육 두께와 근전도를 이용한 근활성도의 값을 혼합하여 나타내었다. 얇은목굽힘근은 근두께와 근활성도가 감소하는 것이 본 연구의 긍정적인 결과이므로 감소값이 양의 효과 크기로 나타나도록 코딩을 하였으며, 깊은목굽힘근은 증가하는 것이 본 연구의 긍정적인 결과이므로 증가값이 양의 효과 크기가 되도록 코딩하였다. 두통의 경우 두통을 측정하는 설문지인 두통자가진단표(headache disability index)로 나타내었다.

6. 효과 크기 분석

본 연구에서는 자료의 통계분석을 위해 Comprehensive Meta-Analysis software v. 3 (Biostat, Englewood, NJ, USA)을 이용하였다. 효과 크기는 표준화된 평균의 차이(standardized mean differ-

ences; Cohen's d)로 제시하였으며[17], 결과 분석 모형을 선정하기 위해 선정된 논문에서 사용된 표본 추출의 동질성을 검정하였다. 동질성 검증은 효과 크기의 이질성을 나타내기 위한 지수인 Q와 I^2 값을 이용하여 측정하였으며, Q값이 유의하거나 I^2 값이 75보다 크면 랜덤효과 모형을 사용한다. 본 연구에서 Q값은 150.123 (df = 23, $p < 0.001$)이며, I^2 값은 84.679로 나타나 본 연구의 대상자는 동일한 모집단에서 추출되지 않았다고 판정하여 랜덤효과모형을 이용하여 전체 효과 크기를 추정하였다.

7. 출판 오류

출판 오류를 확인하기 위해 funnel plot과 Egger의 회귀분석, Trim & Fill 방법을 이용하여 분석을 수행하였다. Funnel plot의 경우 X축에는 효과 크기를, Y축에는 표준 오차로 구성된 그래프에 선정된 연구

Table 1. Overview of study characteristics of the meta-analysis (two group pretest posttest design)

Study	Year	Patients	Experimental group	Control group	Outcomes	Duration/total treatment session/total treatment time	Study quality
Islam et al. [33]	2013	Headache	DNF + conventional exercise	Conventional exercise (moist heat, manual traction, passive stretching)	VAS, HDI	3 weeks/9/15 minutes	7
Park et al. [37]	2017	Headache	DNF + cervical stretching	Cervical stretching	CVA	3 weeks/NA/NA	7
Park and Yoon [35]	2019	Headache	DNF	Cervical stretching	SCM activation, Neck X-ray angle	4 weeks/NA/NA	7
Nambi et al. [34]	2014	Headache	DNF	Mobilization exercise	VAS, HDI	4 weeks/40/66 minutes	6
Park et al. [36]	2019	Headache	DNF + transcranial direct current stimulation (tDCS)	DNF	NDI, SCM activation	4 weeks/NA/NA	7
Kang and Yang [31]	2019	FHP	Modified chin tuck exercise	DNF	CVA, strength, endurance	6 weeks/24/960 minutes	7
Kim et al. [32]	2017	FHP	shoulder stabilization exercise	DNF	CVA, Neck X-ray angle, NDI	8 weeks/24/222 minutes	9
Kim and Kwag [29]	2016	Neck pain	DNF	General strengthening exercise	CROM, NDK, NRS, Neck X-ray angle	4 weeks/12/30 minutes	4
Gallego Izquierdo et al. [28]	2016	Neck pain	Cervical proprioception training	DNF	NDI	8 weeks/112/2,240 minutes	13
Chung et al. [27]	2012	Neck pain	DNF	Cervical proprioception training	NDI, LCM CSA, Neck X-ray angle	8 weeks/24/720 minutes	8
Chung and Jeong [26]	2018	Neck pain	DNF	Neck isometric exercise	NDI, Neck X-ray angle, VAS, endurance, CROM	8 weeks/24/792 minutes	13
Javanshir et al. [30]	2015	Neck pain	DNF	Cervical flexion exercise	NRS, NDI, SCM thickness, LCM CSA	10 weeks/30/900 minutes	12
Ghaderi et al. [25]	2017	Neck pain	DNF	Progressive resistive exercise	VAS, NDI, endurance	10 weeks/30/1,350 minutes	8
Kim [24]	2013	Neck pain	DNF	No exercise	NDI	6 weeks/18/43.5 minutes	8
Karathi et al. [20]	2019	Neck pain	DNF	Chin tuck exercise	NRS, CROM, NDI	2 weeks/NA/NA	6
Mohamed et al. [19]	2019	Neck pain	DNF	Thermal agent + Therapeutic ultrasound	NDI, VAS, endurance	4 weeks/12/108 minutes	8
O'Leary et al. [5]	2012	Neck pain	DNF	Isometric craniocervical flexor strength and endurance	CROM, strength, endurance, NDI, VAS	10 weeks/140/233 minutes	11
Lee [21]	2020	Neck pain	DNF	SNAGs (sustained natural apophyseal glides)	NDI	4 weeks/8/160 minutes	9
Kim and Lee [39]	2016	Headache + Neck pain	DNF	Stretching group	CVA, HDI	4 weeks/NA/NA	9
Cho et al. [13]	2019	FHP + neck pain	DNF	Upper cervical and upper thoracic spine mobilization	CVA, NRS	4 weeks/10/100 minutes	11
Deepa et al. [22]	2014	Neck pain	DNF + Maitland thoracic mobilisation	DNF	CROM, NDI, NRS	4 weeks/NA/NA	7

DNF, deep neck flexion; FHP, forward head posture; CROM, cervical range of motion; NDI, neck disability index; NRS, numeric rating scale; CVA, craniocervical angle; HDI, headache disability index; VAS, visual analog scale; LCM, longus colli muscle; CSA, cross sectional area; NA, not applicable.

Table 2. Overview of study characteristics of the meta-analysis (one group pretest posttest design)

Study	Year	Patients	Intervention	Outcomes	Duration/total treatment session/total treatment time	Study quality
Kim and HwangBo [23]	2019	Neck pain	DNF	VAS, CVA	8 weeks/24/1,200 minutes	8
Lluch et al. [18]	2013	Neck pain	DNF	NDI	6 weeks/84/840 minutes	8
Karthikeyan et al. [38]	2017	Neck pain + FHP	DNF	CVA, NDI, NRS	5 weeks/25/750 minutes	6

DNF, deep neck flexion; FHP, forward head posture; VAS, visual analog scale; CVA, craniovertebral angle; NDI, neck disability index; NRS, numeric rating scale.

들이 시각적으로 대칭이 되는지 확인하는 방법이며, Egger의 회기 분석은 Funnel plot이 대칭인지 가설검정하는 방법으로 p값이 유의수준 0.05보다 크다면 출판 오류가 없다고 할 수 있다. Trim & Fill 기법은 Funnel plot에 비대칭이 있다면 교정값을 제시하며, 교정값이 0일 경우 출판 오류가 없다고 볼 수 있다.

RESULTS

총 24개의 논문을 선정하여 분석하였으며, 랜덤효과모형으로 DNF 운동의 효과 크기를 계산하였을 때 전체 효과 크기는 0.489 ($Q = 141.394$; $p = 0.000$; $I^2 = 83.733$)로 DNF 운동은 목질환자들에게 중간 정도의 효과가 있다고 해석할 수 있다(small effect ≥ 0.20 , medium effect ≥ 0.50 , large effect ≥ 0.80) [17].

1. 목 질환의 종류에 따른 효과 크기 분석

1) 목 통증 환자에 대한 효과 크기 분석

목 통증 환자를 대상으로 DNF 운동의 효과를 분석한 연구는 총 14개[5,18-30]이며, 효과 크기는 랜덤효과모형에서 0.555로 나타났다. 이는 목 통증 환자들에게 DNF가 중간 정도의 효과가 있다고 해석할 수 있다(Table 3).

2) 거북목 환자에 대한 효과 크기 분석

거북목 환자를 대상으로 DNF 운동의 효과를 분석한 연구는 총 2개[31,32]이며, 효과 크기는 랜덤효과모형에서 -1.278로 나타났다. 효과 크기가 음의 수인 경우는 두 집단 검사 전-검사 후 설계 시 DNF 운동을 적용한 집단이 다른 증재를 적용한 집단보다 효과가 작았음을 나타낸다. Kang과 Yang [31]의 논문의 경우 기존의 DNF 운동과 PBU 없이 수정된 DNF 운동을 수행하였으며, 기존의 DNF 운동보다 수정된 DNF 운동이 더 효과가 있다고 보고하였다. Kim 등[32]의 경우 DNF 운동과 견부안정화운동 프로그램을 비교했는데, 견부안정화 운동은 탄성밴드를 이용한 어깨 당김운동과, 견갑골 세팅 운동, 하부 승모근 운동을 혼합한 운동법을 말하며, 견부안정화 운동이 DNF 운동보다 효과적인 것으로 보고하였다(Table 3).

3) 두통 환자에 대한 효과 크기

두통 환자를 대상으로 DNF의 효과를 분석한 연구는 총 5개[33-37]

Table 3. Effect sizes by neck problems

Type	N	Effect size	95% confidence interval	Standard error
Neck pain	14	0.556	0.182 to 0.930	0.191
FHP	2	-1.278	-2.824 to 0.268	0.788
Headache	5	0.176	-0.708 to 1.061	0.451
Mix	3	1.850	0.688 to 3.012	0.593

FHP, forward head posture; N, number of studies.

이며, 효과 크기는 0.176으로 나타났다. 이는 두통 환자들에게 DNF 운동의 효과가 작다고 해석할 수 있다. Park 등[36], Park 등[37], Islam 등[33]의 경우 효과 크기가 양의 방향인 반면, Nambi 등[34]과 Park과 Yoon [35]은 효과 크기가 음의 방향임을 확인할 수 있다. Nambi 등[34]은 경추 가동성 운동과 DNF 운동을 비교하였으며, Park과 Yoon [35]은 DNF 운동 그룹과 DNF 운동 경두개의 직류 자극을 함께 수행한 그룹을 비교하였다(Table 3).

4) 두 가지 이상의 목 질환을 가진 대상자들의 효과 크기

두 가지 이상의 목 질환을 가진 혼합 목 질환 환자를 대상으로 DNF의 효과를 분석한 연구는 총 3개[13,38,39]이며, 효과 크기는 1.849로 나타났다. 이는 혼합 목 질환을 환자들에게 DNF가 큰 효과가 있다고 해석할 수 있다(Table 3).

2. 종속변수에 따른 효과 크기 분석

통증을 종속변수로 이용한 DNF 운동 연구는 총 13개[5,13,19,20,22,23,25,26,29,30,33,34,38]이며, 효과 크기는 1.045로 DNF 운동이 통증에 큰 효과가 있다고 해석할 수 있다. 지구력을 종속변수로 이용한 DNF 운동 연구는 총 6개[5,19,20,25,26,31]이며, 효과 크기는 0.966로 DNF 운동이 목 근육의 지구력에 큰 효과가 있다고 해석할 수 있다. 깊은목굽힘근의 근활성도 및 근두께를 종속변수로 이용한 DNF 운동 연구는 총 2개[25,27]이며, 효과 크기는 0.894로 DNF 운동이 깊은목굽힘근의 근활성도 및 근두께 변화에 큰 효과가 있다고 해석할 수 있다. 얇은목굽힘근의 근활성도 및 근두께를 종속변수로 이용한 DNF 운동 연구는 총 3개[25,35,36]이며, 효과 크기는 0.608로 DNF 운동이 얇은목굽힘근의 근활성도 및 근두께 변화에 중간 정도의 효과가 있다고 해석할 수 있다. 목의 자세를 이용한 연구는 총 7개[13,23,31,32,37-39]이며, 효과 크기는 0.487로 DNF 운동이 목의 자

세에 중간 정도의 효과가 있다고 해석할 수 있다. 목 장애와 목의 관절 가동범위의 경우 각각 0.409, 0.252으로 작은 효과가 있었으며, 목 엑스레이 자세, 근력, 두통의 경우는 음의 효과 크기를 가졌다(Table 4).

3. 출판 오류

Figure 2의 Funnel plot에 따르면 시각적으로 대칭되는 것을 확인할 수 있다. 또한, Egger의 회귀분석은 p값이 유의수준 0.502이며, Trim & Fill 기법은 교정값이 0이므로 출판 오류가 없다고 볼 수 있다.

4. 논문의 질 평가

논문의 질 평가 결과, 단일집단 검사 전-검사 후 설계 논문의 경우 12점 만점에 6-8점으로 분포하고, 두집단 검사 전-검사 후 설계 연구의 경우에는 14점 만점에 4-13점으로 분포하였다(Table 1).

DISCUSSION

목 질환은 전체인구의 50%가 살면서 한 번 이상 경험하는 흔한 질병이며, 환자의 삶의 질에 심각한 영향을 미쳐 환자의 가족이나 회사뿐 아니라 사회 전반 그리고 건강보험 시스템에 사회경제학적 악영향을 줄 수 있다[40,41]. 따라서 목 질환을 해결하려는 다양한 노력들이 이루어지고 있는데, 목 운동 방법이 많이 연구되고 있다. 그 중 DNF 운동은 깊은 목 근육만 선택적으로 강화시켜 목 근육의 불균형을 해결할 수 있는 운동방법으로 목 질환 치료에 효과적이라고 알려져 왔다. 하지만, 이전 DNF 운동 관련 연구들을 살펴보면 종속변수에 따라 실험 대상자의 특성에 따라 다른 효과 크기를 보이는데, 이는 DNF 운동의 효과가 어떤 종속변수를 측정하는 지와 어떤 목 질환자에게 적용하는 지에 따라 영향을 받을 수 있기 때문으로 생각된다[15]. 따라서 본 연구는 메타 분석을 통해 DNF 운동의 전체 효과 크기를 확인하고, DNF 운동이 목 질환에 따라 종속변수에 따라 어떻게 달라지는지 확인하였다.

본 연구의 결과, 통증이 DNF 운동의 종속변수 중 가장 큰 효과 크

기를 가졌으며, 목 질환 중 목 통증 환자에게 중등도 효과 크기를 가져 DNF 운동이 목 통증 감소에 매우 효과적인 것을 확인하였다. 이전 DNF 운동 연구들에서는 DNF 운동이 다른 목 운동 방법에 비해 목 통증 감소에 더 효과적이라고 보고하였다[5,11,12]. DNF 운동이 통증 감소에 효과적인 이유는 여러가지가 있는데, 그 중 가장 설득력 있는 이유는 DNF 운동이 근 불균형을 해소하여 근육 간 협응(coordination) 능력을 강화했기 때문으로 보인다. Hoffman과 Gabel [42]의 연구에 따르면 움직임 시 안정성 확보를 위해 얇은 근육(superficial muscle)이 과하게 작동하게 되면 깊은 근육에 기능저하가 유발되고, 이러한 경우가 지속되면 근육 간 협응 능력이 떨어지게 되어 결국 통증이 발생한다고 보고하였다. DNF 운동은 선택적으로 깊은목굽힘근 강화 함으로써 깊은목굽힘근의 기능저하를 예방하고, 얇은목굽힘근의 활성도는 줄여 근육 간 협응 능력을 높이고, 이에 따라 통증 감소가 나타난 것으로 사료된다[25,43,44]. 이러한 DNF 운동을 통한 근육의 변화는 본 연구의 종속변수 중 깊은목굽힘근과 얇은목굽힘근의 효과 크기를 통해 확인할 수 있다. 종속변수에 따른 효과 크기 중 깊은목굽힘근의 근활성도 및 근두께 변화는 0.894로 높은 효과 크기를, 얇은목굽힘근의 근활성도 및 근 두께 변화는 0.608로 중등도 이상의 효과 크기를 가졌다. 이는 DNF 운동이 깊은목굽힘근의 근두께와 근활성도는 높이고, 얇은목굽힘근의 근두께와 근활성도는 낮춰 근육 간 협응 능력을 증가시켰다고 볼 수 있다.

DNF 운동은 거북목 환자에게 매우 큰 효과 크기를 가졌다. 하지만 종속변수에서 목 자세와 목 엑스레이 자세와 같은 자세변화와 관련된 변수는 큰 효과 크기를 가지지 못했다. 목 자세는 중등도 효과 크기를 보였지만, 목 엑스레이 자세의 경우는 효과 크기가 매우 작은 것을 확인할 수 있다. 이는 거북목 환자의 통증, 목 장애 등의 종속변수들은 향상되었지만, 자세 자체의 변화는 크게 없었기 때문에 종속변수 중 자세 변화와 관련된 변수에서는 큰 효과 크기를 보이지 않은 것으로 해석할 수 있다. 따라서 DNF 운동만으로는 목의 구조 변화를 유도하는 것이 어렵고, 자세의 변화를 위해서는 평상시 좋은 자세를 유지하는 등 추가적인 교정이 필요하다고 해석할 수 있다. 거북목 자세를 교정하기 위해 이전 연구들에서는 자세교정 디바이스나 피드백 장치를 이용하여 잘못된 자세를 교정하고 올바른 자세를 유지하게 하였다[45,46].

Table 4. Effect sizes by outcome measure

Outcome	N	Effect size	95% confidence interval	Standard error
Pain	13	1.045	0.491 to 1.599	0.283
Endurance	6	0.966	-0.150 to 2.081	0.569
Longus colli muscle	2	0.894	0.469 to 1.319	0.217
SCM	3	0.608	-0.963 to 2.179	0.801
CVA	7	0.487	-0.410 to 1.383	0.457
NDI	16	0.409	0.018 to 0.799	0.199
CROM	5	0.252	-0.401 to 0.906	0.334
X-ray	5	-0.070	-0.881 to 0.740	0.414
Strength	2	-0.711	-1.198 to -0.224	0.248
HDI	3	-0.090	-2.261 to 2.081	1.108

SCM, sternocleidomastoid muscle; CVA, craniovertebral angle; NDI, neck disability Index; CROM, cervical range of motion; HDI, headache disability index; N, number of studies.

Figure 2. Funnel plot.

본 연구에서는 DNF 운동이 두통에 작은 효과 크기를 보였다. 두통을 야기하는 원인이 다양하므로 근육의 불균형을 해소하는 것만으로는 제한적인 효과를 보였을 것으로 생각된다. 또한, 이전 체계적 고찰 연구에서는 DNF 운동이 두통 환자의 목 관절가동범위를 변화시켰다고 보고하였는데[14], 목 통증 환자, 거북목 환자, 두통 환자 모두를 대상으로 포함한 본 연구의 결과에서는 목 관절가동범위의 효과 크기가 작은 것을 확인할 수 있다. 이는 두통 환자에게는 목 관절가동범위가 좋아졌으나, 목 통증, 거북목, 두통 환자를 모두 봤을 때 목 관절가동범위 보다는 근육 간 협응 능력과 같은 다른 요소들에 더 효과가 있을 것이라는 가능성을 나타낸다.

본 연구에는 몇 가지 제한점이 있다. 신뢰도 높은 메타분석 논문을 작성하기 위해서는 논문 선정 시 무작위 임상대조군으로 연구를 설계하고, 질적 평가를 통해 높은 질의 연구만을 선정하는 경우가 많다. 하지만, 무작위 임상 대조군 설계와 높은 질의 연구만을 선택할 경우에는 선택된 논문들의 수가 적게 되어 파워가 낮아지고, 이로 인해 정확한 결과가 나오지 못할 수 있다[47]. 본 연구는 DNF의 효과를 제시하고 선정 기준과 제외 기준에 충족하는 논문들을 모두 선정하여 분석하였으므로 과학적 준거를 제시하기에는 제한적이라고 할 수 있다. 하지만 24개의 논문을 통해 DNF 운동에 따른 목 질환 별 효과 크기와 종속 변수에 따른 효과 크기를 제시하여 임상에서 근무하는 물리치료사들에게 DNF 운동이 어느 환자에게 어떤 부분에 효과적인지를 수치로 제시할 수 있어 의미 있는 연구라고 생각한다. 앞으로의 연구에서는 질적으로 우수하고, 무작위 임상 대조군 연구만을 선정하여 메타 분석을 수행하면 의미 있는 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구는 목 질환자에게 주로 적용되는 운동치료 방법인 DNF 운동의 효과를 검증하기 위해 메타 분석을 수행하였다. 총 24개 논문을 분석하였으며 전체 효과 크기는 0.489로 중등도의 효과 크기를 보이는 것을 확인하였다. 또한, DNF 운동은 목 통증 환자에게 중등도의 효과 크기를 가지며, 종속변수 중 통증이 가장 큰 효과 크기를 가져 DNF 운동이 통증 감소에 매우 효과적이라고 볼 수 있다. 이는 DNF 운동이 깊은목굽힘근과 얇은목굽힘근의 근육 간 협응 능력을 강화했기 때문으로 생각되며, 실제로 본 연구의 결과 깊은목굽힘근의 근활성도 및 근두께 변화는 높은 효과 크기를, 얇은목굽힘근의 근활성도 및 근 두께 변화는 중등도 이상의 효과 크기를 가져 DNF 운동을 통해 깊은목굽힘근이 강화되고 얇은목굽힘근은 약화된 것을 확인할 수 있다. 하지만 거북목 환자의 자세교정이나 두통 환자의 경우 다른 중재와 함께 적용하는 것이 효과적일 것으로 보인다.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by the “Brain Korea 21 FOUR Project”, the Korean Research Foundation for Department of Physical Therapy in the Graduate School of Yonsei University.

CONFLICTS OF INTEREST

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization: JHP, HSJ. Data curation: JHP, JK, YJK, GAM, HSJ. Formal analysis: JHP, JK, YJK, GAM, HSJ. Funding acquisition: JHP, HSJ. Investigation: JHP, JK, YJK, GAM, HSJ. Methodology: JHP, JK, YJK, GAM, HSJ. Project administration: JHP, JK, YJK, GAM, HSJ. Resources: JHP, JK, YJK, GAM, HSJ. Software: JHP, HSJ. Supervision: JHP, HSJ. Validation: JHP, HSJ. Visualization: JHP, JK, OL, HSJ. Writing - original draft: JHP, HSJ. Writing - review & editing: JHP, OL, HSJ.

ORCID

Joo-Hee Park, <https://orcid.org/0000-0001-9545-1362>

Ji-hyun Kim, <https://orcid.org/0000-0003-2701-4317>

Ye Jin Kim, <https://orcid.org/0000-0003-0802-6195>

Gyeong Ah Moon, <https://orcid.org/0000-0001-7906-811X>

One-bin Lim, <https://orcid.org/0000-0002-5281-3463>

REFERENCES

1. **Health Insurance Review & Assessment Service, National Health Insurance Service.** National health insurance statistical yearbook. Wonju: Health Insurance Review & Assessment Service; 2016.
2. **Falla D.** Unravelling the complexity of muscle impairment in chronic neck pain. *Man Ther* 2004;9(3):125-33.
3. **Jull GA, Söderlund A, Stemper BD, Kenardy J, Gross AR, Côté P, et al.** Toward optimal early management after whiplash injury to lessen the rate of transition to chronicity: discussion paper 5. *Spine (Phila Pa 1976)* 2011;36(25 Suppl):S335-42.
4. **Blanpied PR, Gross AR, Elliott JM, Devaney LL, Clewley D, Walton DM, et al.** Neck pain: revision 2017. *J Orthop Sports Phys Ther* 2017;47(7):A1-83.
5. **O'Leary S, Jull G, Kim M, Uthakhip S, Vicenzino B.** Training mode-dependent changes in motor performance in neck pain. *Arch Phys Med Rehabil* 2012;93(7):1225-33.
6. **Kristjansson E, Leivseth G, Brinckmann P, Frobin W.** Increased sagittal plane segmental motion in the lower cervical spine in

- women with chronic whiplash-associated disorders, grades I-II: a case-control study using a new measurement protocol. *Spine (Phila Pa 1976)* 2003;28(19):2215-21.
7. Mayoux-Benhamou MA, Wybier M, Revel M. Strength and cross-sectional area of the dorsal neck muscles. *Ergonomics* 1989;32(5):513-8.
 8. Falla D, Bilenkij G, Jull G. Patients with chronic neck pain demonstrate altered patterns of muscle activation during performance of a functional upper limb task. *Spine (Phila Pa 1976)* 2004;29(13):1436-40.
 9. Hayashi N, Masumoto T, Abe O, Aoki S, Ohtomo K, Tajiri Y. Accuracy of abnormal paraspinal muscle findings on contrast-enhanced MR images as indirect signs of unilateral cervical root-avulsion injury. *Radiology* 2002;223(2):397-402.
 10. Javanshir K, Amiri M, Mohseni-Bandpei MA, Rezasoltani A, Fernández-de-las-Peñas C. Ultrasonography of the cervical muscles: a critical review of the literature. *J Manipulative Physiol Ther* 2010;33(8):630-7.
 11. Blomgren J, Strandell E, Jull G, Vikman I, Røijezon U. Effects of deep cervical flexor training on impaired physiological functions associated with chronic neck pain: a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord* 2018;19(1):415.
 12. Martin-Gomez C, Sestelo-Diaz R, Carrillo-Sanjuan V, Navarro-Santana MJ, Bardon-Romero J, Plaza-Manzano G. Motor control using crania-cervical flexion exercises versus other treatments for non-specific chronic neck pain: a systematic review and meta-analysis. *Musculoskelet Sci Pract* 2019;42:52-9.
 13. Cho J, Lee E, Lee S. Upper cervical and upper thoracic spine mobilization versus deep cervical flexors exercise in individuals with forward head posture: a randomized clinical trial investigating their effectiveness. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2019;32(4):595-602.
 14. Anarte E, Ferreira Carvalho G, Schwarz A, Luedtke K, Falla D. Can physical testing be used to distinguish between migraine and cervicogenic headache sufferers? A protocol for a systematic review. *BMJ Open* 2019;9(11):e031587.
 15. Fernandez-de-las-Peñas C, Pérez-de-Heredia M, Molero-Sánchez A, Miangolarra-Page JC. Performance of the craniocervical flexion test, forward head posture, and headache clinical parameters in patients with chronic tension-type headache: a pilot study. *J Orthop Sports Phys Ther* 2007;37(2):33-9.
 16. National Heart, Lung, and Blood Institute. Study quality assessment tools [Internet]. Bethesda [cited 2020 Oct 28]. Available from: <https://www.nhlbi.nih.gov/health-topics/study-quality-assessment-tools>.
 17. Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2nd ed. Abingdon-on-Thames: Routledge; 2013;377-86.
 18. Lluch E, Arguisuelas MD, Coloma PS, Palma F, Rey A, Falla D. Effects of deep cervical flexor training on pressure pain thresholds over myofascial trigger points in patients with chronic neck pain. *J Manipulative Physiol Ther* 2013;36(9):604-11.
 19. Mohamed SS, Hagag AA, Shendy MA, El-Batanony MM. Ventilatory function response to training of cervical muscles in mechanical neck pain: a randomized controlled study. *IJRAMR* 2019;6(2):4617-22.
 20. Karthi M, Gopalswami AD, Aseer AL. Efficacy of endurance training on deep cervical flexor muscles using pressure feedback in mechanical neck pain. *Int J Physiother* 2019;6(3):95-101.
 21. Lee ES. The effect of SNAGs and biofeedback training on the integrative proprioception and function of the patients with cervical disorder. *J Korea Acad Ind Soc* 2020;21(1):284-90.
 22. Deepa A, Dabholkar TY, Yardi S. Comparison of the efficacy of Maitland thoracic mobilization and deep neck flexor endurance training versus only deep neck flexor endurance training in patients with mechanical neck pain. *Indian J Physiother Occup Ther* 2014;8(3):77-82.
 23. Kim GC, HwangBo PN. Effects of cervical stabilization exercise using pressure biofeedback on neck pain, forward head posture and acoustic characteristics of chronic neck pain patients with forward head posture. *J Korean Soc Phys Med* 2019;14(1):121-9.
 24. Kim Y. The effect of the deep neck flexor exercise for the proprioception in the neck. *J Korean Acad Orthop Man Ther* 2013;19(2):23-9.
 25. Ghaderi F, Jafarabadi MA, Javanshir K. The clinical and EMG assessment of the effects of stabilization exercise on nonspecific chronic neck pain: a randomized controlled trial. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2017;30(2):211-9.
 26. Chung S, Jeong YG. Effects of the craniocervical flexion and isometric neck exercise compared in patients with chronic neck pain: a randomized controlled trial. *Physiother Theory Pract* 2018;34(12):916-25.
 27. Chung SH, Her JG, Ko T, You YY, Lee JS. Effects of exercise on deep cervical flexors in patients with chronic neck pain. *J Phys Ther Sci* 2012;24(7):629-32.
 28. Gallego Izquierdo T, Pecos-Martin D, Lluch Gírbés E, Plaza-

- Manzano G, Rodríguez Caldentey R, Mayor Melús R, et al. Comparison of cranio-cervical flexion training versus cervical proprioception training in patients with chronic neck pain: a randomized controlled clinical trial. *J Rehabil Med* 2016;48(1):48-55.
29. Kim JY, Kwag KI. Clinical effects of deep cervical flexor muscle activation in patients with chronic neck pain. *J Phys Ther Sci* 2016;28(1):269-73.
30. Javanshir K, Amiri M, Mohseni Bandpei MA, De las Penas CF, Rezasoltani A. The effect of different exercise programs on cervical flexor muscles dimensions in patients with chronic neck pain. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2015;28(4):833-40.
31. Kang H, Yang H. The effects of modified chin tuck exercise on the cervical curvature, the strength and endurance of the deep cervical flexor muscles in subjects with forward head posture. *J Korean Soc Integr Med* 2019;7(2):189-95.
32. Kim Y, Lee S, Jeon B, Jeong S, Kim B. The effects of shoulder stabilization and thoracic extensor exercises combined with deep neck flexor exercise on posture and pressure pain threshold of physical therapist and occupational therapist with turtle neck syndrome. *J Korean Acad Orthop Man Ther* 2017;23(1):45-53.
33. Islam R, Quddus N, Miraj M, Anwer S. Efficacy of deep cervical flexor strength training versus conventional treatment in cervicogenic headache. *IJCRR* 2013;5(8):84-90.
34. Nambi SG, Pancholi DP, Trivedi PS, Momin SM, Patel S. Comparative effect between C1-C2 self-sustained natural apophyseal glide (SNAG) and deep cervical flexors strength training in the management of cervicogenic headache. *Int J Pharmacol Screen Methods* 2014;4(2):69-73.
35. Park S, Yoon J. Effects of neck stabilizing exercise on muscle characteristics, muscle activity and posture in patients with cervicogenic headache. *J Korean Soc Integr Med* 2019;7(4):301-9.
36. Park SK, Yang DJ, Kim JH, Heo JW, Park SH, Uhm YH, et al. Effects of cranio-cervical flexion with transcranial direct current stimulation on muscle activity and neck functions in patients with cervicogenic headache. *J Phys Ther Sci* 2019;31(1):24-8.
37. Park SK, Yang DJ, Kim JH, Kang DH, Park SH, Yoon JH. Effects of cervical stretching and cranio-cervical flexion exercises on cervical muscle characteristics and posture of patients with cervicogenic headache. *J Phys Ther Sci* 2017;29(10):1836-40.
38. Karthikeyan T, Anupam G, Bhadri Narayan V. Efficacy of craniocervical flexor training on sitting neck posture in patients with chronic non specific neck pain among athletes-single group experimental study. *Int J Med Health Sci* 2017;3(11):1-11.
39. Kim CK, Lee ES. The changes of in headache due to postural improvement in patients with tension headache with forward head posture. *Neurotherapy* 2016;20(3):27-32.
40. Min D, Baek S, Park HW, Lee SA, Moon J, Yang JE, et al. Prevalence and characteristics of musculoskeletal pain in Korean farmers. *Ann Rehabil Med* 2016;40(1):1-13.
41. Ris I, Søgaard K, Gram B, Agerbo K, Boyle E, Juul-Kristensen B. Does a combination of physical training, specific exercises and pain education improve health-related quality of life in patients with chronic neck pain? A randomised control trial with a 4-month follow up. *Man Ther* 2016;26:132-40.
42. Hoffman J, Gabel P. Expanding Panjabi's stability model to express movement: a theoretical model. *Med Hypotheses* 2013;80(6):692-7.
43. Beer A, Treleaven J, Jull G. Can a functional postural exercise improve performance in the cranio-cervical flexion test?—a preliminary study. *Man Ther* 2012;17(3):219-24.
44. Jull GA, Falla D, Vicenzino B, Hodges PW. The effect of therapeutic exercise on activation of the deep cervical flexor muscles in people with chronic neck pain. *Man Ther* 2009;14(6):696-701.
45. Park J, Kang S, Cynn H, Jeon H. Effect of tactile feedback on trunk posture and EMG activity in people with postural kyphosis during VDT work. *Phys Ther Korea* 2016;23(3):48-56.
46. Park JH, Kang SY, Lee SG, Jeon HS. The effects of smart phone gaming duration on muscle activation and spinal posture: pilot study. *Physiother Theory Pract* 2017;33(8):661-9.
47. Borenstein M, Hedges LV, Higgins JPT, Rothstein HR. Introduction to meta-analysis. Chichester: Wiley; 2010.