관절낭 패턴의 임상적 적용과 한계

임우택^{1,2}¹우송대학교 보건복지대학 물리치료학과, ²우송대학교 부설 재활과학연구소

Clinical Application and Limitations of the Capsular Pattern

Wootae Lim^{1,2}, PT, PhD¹Department of Physical Therapy, College of Health and Welfare, Woosong University, ²Woosong Institute of Rehabilitation Science, Woosong University, Daejeon, Korea

Article Info

Received January 18, 2021

Accepted January 21, 2021

Corresponding Author

Wootae Lim

E-mail: wootaelimpt@wsu.ac.kr

<https://orcid.org/0000-0002-5523-6294>

Key Words

Joint capsule

Joint range of motion

Soft tissue injury

A normal range of motion is essential for performing activities of daily living. The capsular pattern is the proportional motion restriction in range of motion during passive exercises due to tightness of the joint capsule. Although the capsular pattern is widely referred to in clinical practice, there is no scientific evidence to support the concept. In this review, the appropriateness of the capsular pattern for evaluation of joint pathology was assessed. In the *Textbook of Orthopaedic Medicine* written by Cyriax, the capsular pattern did not specify how much reduction in angular motion is considered motion restriction. As the definition proposed initially was unclear, different methods have been used in previous studies investigating capsular pattern. In addition, the capsular pattern described all the major joints of the human body, but only the hip joint, knee joint, and shoulder joint were studied in experimental studies. Sensitivity and specificity were reported in one study and were meaningful in specific pathologies (loss of extension to loss of flexion). There was no consensus on the reliability and validity. In summary, the capsular pattern suggested by Cyriax or Kaltenborn is not supported or applies only to certain conditions. Various components around a joint complement each other and provide stability to the joint. It is recommended that the therapist perform multiple assessments rather than rely on a single assessment when evaluating joints.

INTRODUCTION

정상 관절가동범위(normal range of motion)는 일상생활을 하는 동안 기능적 움직임을 수행하기 위한 필수적 요소이다[1]. 관절 주위 구조물 또는 관절 움직임을 만들어 내는 근육 손상 시 종종 관절가동범위는 감소할 수 있다[2]. 손상 평가 시 관절가동범위는 능동관절가동범위(active range of motion)와 수동관절가동범위(passive range of motion)로 구분되어 측정된다. 능동관절가동범위는 근육의 수축력에 의해 결정된다. 근력 약화 시 끝 범위(end range)에서 불완전한 관절 폼 또는 굽힘이 발생할 수 있다. 예를 들어, 앉은 자세에서 하지의 넓다리근(quadriceps femoris muscle) 약화 시 폼 지연(extensor lag)이 발생하여 불완전한 무릎관절 폼이 발생할 수 있다[3]. 수동관절가동범위는 연부조직 및 관절 주위를 감싸고 있는 관절낭(joint capsule), 인대(ligament), 윤활낭(bursa), 근막(fascia)과 같은 비수축성

조직에 의해 결정된다[4]. 동일한 조건에서 일반적으로 수동관절가동범위는 능동관절가동범위보다 크다[5]. 대항근(antagonistic muscle)의 수축으로 인한 저항을 받지 않고, 끝 범위에서 치료사에 의한 외적 힘이 추가적 움직임을 만들어 내기 때문이다[6]. 수동관절가동범위는 손상 후 구축 발생 시 짧아진 조직에 발생한 수동장력(passive tension)이 끝 범위에서의 움직임을 제한한다. 특히 관절낭은 관절마다 고유의 특성을 지니고 있으며, 이에 따라 손상 후 특정 방향으로의 움직임을 제한한다고 알려져 있다. 이와 같은 관절에서의 선택적 움직임 제한은 관절낭 패턴(capsular pattern)이라 하고, 최근에는 전관절 패턴(full articular pattern)으로 명명되고 있기도 하다[7].

관절낭 패턴 검사는 양적, 질적 관절가동범위에 관한 정보를 기초로 하므로, 관절염 또는 관절낭염의 진단 및 효과적 치료 계획을 수립하는데 도움을 줄 수 있다. 실제 일부 연구에서는 모집기준(inclusion criteria)으로 관절낭 패턴을 사용하여 대상자를 선별하고 있다[8]. 또한,

임상에서는 정형도수물리치료 수행 시 관절가동범위의 감소가 관찰되는 환자의 재활프로그램 구성을 위해 Cyriax의 개념에 기초한 관절낭 패턴 평가를 수행할 것을 권고하고 있으며[9,10], 대학에서는 이를 위해 도수치료 과정에서 Cyriax 개념을 보편적으로 교육하고 있다[11]. Cyriax는 “*Textbook of Orthopaedic Medicine*”에서 골관절염 또는 퇴행성 관절 변화가 있는 경우 관절움직임이 방향에 따라 고유의 비율적 움직임 제한(proportional motion restriction)을 보일 수 있음을 제안하였으며, Kaltenborn도 유사한 이론을 제시하였다[12-15]. 이에 따라 임상에서는 도수물리치료 수행 전 개별 관절의 병리적 문제를 검사 및 평가하기 위해 관절낭 패턴 개념을 널리 사용하고 있다. 다만, 최근 실제 관절 움직임의 제한이 기술된 패턴과 일치하지 않는다는 연구 결과가 일부 보고되고 있다[16-19].

관절낭 패턴은 임상에서 오랜 시간 널리 사용되고 있지만, 평가에 대한 명확한 근거가 이론과 함께 제시되지 못하고 있는 한계를 가진다. 관련 임상 연구 역시 다른 정형도수물리치료 분야에 비해 그 수가 상대적으로 적다. 경험과 추론에 기반한 치료 개념이 측정 기술과 과학적 분석 기법의 발전과 함께 최근 검증되고 있으며, 일부는 수정이 요구되고 있다[20,21]. 도수물리치료가 효과적으로 환자의 관절움직임을 개선하기 위해서는 검사와 평가가 과학적 근거를 기반으로 명확해야 한다. 본 총설에서는 임상에서 널리 사용되고 있는 관절낭 패턴이 치료계획 수립을 위한 평가로써 적절한지 검토하였다.

CAPSULAR PATTERN: CONCEPT AND PRINCIPLES

Cyriax는 “*Textbook of Orthopaedic Medicine*”에서 통증/저항 순서(pain/resistance sequence) 개념을 통해 관절가동범위의 끝 범위에 도달하기 전 통증이 나타난다면 급성 염증 반응을 의심할 수 있다고 제안하였으며[22,23], 더 나아가 수동관절검사를 이용한 임상검사로 골관절염을 진단할 수 있다고 주장하였다[12]. 개정 과정을 거치며 움직임의 제한은 비율적 특성을 보인다고 보다 구체적으로 기술하였으며[13], 추가 개정에서는 엉덩관절을 예로 들어 굽힘, 벌림, 안쪽돌림의 제한은 크지만, 펴는 제한은 상대적으로 적으며 바깥돌림의 제한은 약간 발생하거나 없을 것이라고 움직임의 제한을 세부적으로 구분하여 기술하였다[14]. 또한, 측정 가능한 수준의 관절움직임 제한은 안쪽돌림에서 가장 먼저 발생하고, 약간의 굽힘 제한이 따라 발생한다고 적었다. 주요 움직임 제한 중 하나인 안쪽돌림의 경우 미국류마티스학회(American College of Rheumatology)에서도 동작 중 발생하는 통증을 엉덩관절의 골관절염 분류를 위한 임상 기준 요소로 제시하고 있다[24]. Kaltenborn 역시 Cyriax와 유사한 개념을 제시하고 있으나, 두 저자가 명시한 관절낭 패턴은 일부 일치하지 않는 부분이 있다[15]. 예를 들어, Kaltenborn은 Cyriax와 달리 엉덩관절 안쪽돌림의 손실에 이은 두 번째로 엉덩관절 펴는 손실을 포함하고 있다.

Cyriax는 관절 움직임의 제한은 관절낭 패턴 외 다른 원인으로 나

타날 수 있지만, 이 경우 관절 전체가 아닌 국소적 문제에서 기인한다고 하였다. 이는 비관절낭 패턴(noncapsular pattern)으로 별도로 지칭하고, 인대 유착(ligamentous adhesion), 관절 내 이상(internal derangement), 관절 외 병변(extra-articular lesion)으로 구분하였다(Figure 1). 움직임의 제한 정도를 정량적 수치로 제공하지는 않았지만, 관절낭 패턴에서는 굽힘의 큰 제한과 함께 펴는 작은 제한이 동시에 나타나지만, 비관절낭 패턴에서는 특정 방향에서의 제한만 있다고 설명하였다. 관절낭 패턴의 경우 적극적 관절 가동술(joint mobilization)을, 비관절낭 패턴의 경우 문제를 일으키는 조직에 선택적 교차-마찰 마사지(cross-friction massage) 또는 스트레칭을 적용할 것을 제안하였다[25,26].

LIMITATIONS OF THE CAPSULAR PATTERN

1. Definition of Capsular Pattern

관절낭 패턴은 정의에서 어느 정도의 각 움직임(angular motion) 감소를 움직임 제한으로 판단할 것인지를 제시하지 않고 있다[14]. 관절가동범위는 관절마다 다르며, 같은 관절도 방향에 따라 움직임의 허용 범위가 다르므로, 절대적 감소량이 같더라도 서로 다른 수준의 제한으로 판단될 수 있다. 모호한 초기 정의로 인하여 실험 연구들은 조금씩 다른 개별 정의를 바탕으로 관절낭 패턴 검사를 수행하고 있다. 참 또는 거짓(true or false)처럼 극단적 이분법을 적용하여 관절가동범위를 제한적 움직임 또는 완전 움직임(limited or full range) 중 하나만을 선택하게 강제한 예가 있으며[27], 지정된 방향에 대응하는 반대 방향의 관절가동범위 감소를 상대적 비율(ratio)로 계산하여 사용한 예도 있다[16]. 상대적 비율이 보다 합리적으로 판단되지만, 비율도 굽힘과 펴는 관절가동범위가 큰 차이를 갖는다면 평가 및 해석에 주의가 요구될 수 있다. 무릎관절의 펴는 굽힘보다 약 10배 정도 작은 관절가동범위를 갖기 때문에, 감소 폭이 작더라도 기능적 제한에 미치는 영향이 굽힘과 다를 수 있다[18]. 즉, 측정된 절대적 수치를 방향 간 비교에 직접 적용할지, 각 움직임 내에서 전 범위(full range) 대비 손실 정도를 비율적으로 선행 계산 후 다른 방향과 비교할지를 고민해 봐야 할 것이다. 마지막으로, 질환과 세부 조건에 대한 분류가 더욱 명확할 필

Figure 1. Schematic diagram of Cyriax's capsular and noncapsular pattern.

요가 있다. 관절 질환은 골관절염으로 한정하더라도 다양한 상황과 조건이 존재한다. 같은 환자라도 수술 여부, 손상 정도(mild, moderate, severe), 진행 단계(acute, subacute, chronic), 염증 유무에 따라 관절 완전성(joint integrity) 및 생리학적 반응이 다를 수 있으므로 이에 대한 구분이 필요하다[17,28]. 일부 연구에서 Cyriax의 관절낭 패턴은 골관절염 시기에 따라 다를 수 있음이 이미 증명되었다[18].

2. Prior Studies: The Number of Studies and the Scope of the Studies

관절낭 패턴 개념은 매우 오랜 시간 임상에서 널리 사용됐지만, 그에 대한 검증은 제한적으로 이루어졌다(Table 1). 연구의 절대적 양도 부족하지만, 수행된 연구 중 일부는 연구 대상자 수가 매우 적어 연구 결과의 일반화를 어렵게 한다. 또한, 관절낭 패턴은 인체 주요 관절을 모두 기술하고 있지만, 실제 연구는 엉덩관절, 무릎관절, 어깨관절 정도만 연구되었다.

3. Measurement Properties: Reliability, Validity, Sensitivity, and Specificity

측정 도구가 특정 질환 유무를 선별하고 진단하기 위해서는 일정 수준 이상의 민감도(sensitivity), 특이도(specificity), 신뢰도(reliability), 타당도(validity)가 확보되어야 한다. 이학적 검사는 질환이 없는 환자를 종종 양성으로 감별할 수 있으므로, 참 양성(true positive) 수치가 높다는 것이 측정 도구로서의 가치가 높음을 의미하지는 않는다[29]. 이를 보완하기 위해 임상에서는 이학적 검사 수행 시 해당 검사의 민감도(sensitivity)와 특이도(specificity) 수치를 포함한 종합적 해석이 요구된다. 높은 민감도는 특정 질환을 배제할 때 유용하며, 높은 특이도는 실제 질환의 양성을 판단할 때 유용하다[29]. 선행 연구 중 오직 Fritz 등[25]의 연구에서 관절낭 패턴의 민감도와 특이도를 확인할 수 있었다. 152명을 대상으로 골관절염 또는 관절증(arthrosis) 유무에 따른 관절낭 패턴과 비관절낭 패턴을 기존 Cyriax의 방식이 아닌 상대적 비율을 이용하여 계산하였다. 엉덩관절 펴에 대한 굽힘 손실 비율로 수치가 낮으면 펴 손실이 상대적으로 큼을 의미한다. 실험 결과 특정 구간(0.03–0.50)에서 일정 수준 이상의 민감도와 특이도가 관찰되

었다. 다만, 구간의 범위가 한정적이고, 구간 내에서 비관절염(non-arthritis)과 비관절증(non-arthrosis) 환자가 일부 포함된 것이 제한점으로 남는다. 또한, 비손상 측 펴 각도는 4°, 손상 측 펴 각도는 0°로 그 차이가 크지 않아 측정 및 해석 시 주의가 요구된다.

민감도, 특이도와 함께 신뢰도와 타당도 역시 중요 지표이며 반복적 측정에서 검사 결과가 동일하게 나타나는지, 측정하고자 하는 것을 정확히 측정하는지를 보여준다[29]. Klässbo 등[18]의 연구에 따르면, 엉덩관절 안쪽돌림과 굽힘에서는 0.90, 0.92의 높은 평가자 내 신뢰성(intra-rater reliability)을 보였지만, 바깥돌림, 펴, 모음은 0.58, 0.56, 0.62로 그 수치가 낮았다. 또한, 감소한 관절가동범위가 굽힘과 안쪽돌림은 12°, 펴와 바깥돌림은 5°, 7°로 차이가 크지 않았다. 이것은 부주의함 또는 잘못된 측정 방법과 같이 측정 중 발생할 수 있는 무작위오차(random error)에 의해 충분히 간과될 수 있는 차이이다[30]. 실제 실험에 참여한 대상자의 약 21%에서 모든 방향에서 관절움직임 제한이 발생하였다고 Klässbo 등[18]은 보고하였다. Pellecchia 등[27]의 연구에서는 평가자 간 신뢰성(inter-rater reliability)이 측정되었으며, 상당히 높은 수준의 결과가 관찰되었다. 하지만 선택자가 통증 유무, 관절가동범위제한 유무와 같이 두 가지 조건 중 하나만을 선택하게끔 제공되어 각도계(goniometer)를 이용하여 관절가동범위 소실 정도를 수치로 기록하는 임상현장에는 맞지 않을 수 있다. 관절낭 패턴의 타당성은 Bijl 등[16]의 연구에서 200명의 골관절염 환자를 대상으로 이루어졌다. 엉덩관절의 굽힘, 펴, 벌림, 보임, 안쪽돌림, 바깥돌림을 측정하였으며, 손상 측 관절의 전체 평균을 비손상 측 관절의 전체 평균과 비교하였다. 손상 측에서 상대적으로 펴 대비 굽힘, 바깥돌림 대비 안쪽돌림의 가동범위 감소가 크기는 했지만, 굽힘 4.7°, 펴 2.6°, 안쪽돌림 4.5°, 바깥돌림 3.5°로 모두 유의한 감소가 관찰되었다. 결과적으로 관절낭 패턴을 기반으로 골관절염을 진단하는 것은 타당하지 않았다.

ADDITIONAL CONSIDERATIONS

관절 가동성은 개인에 따라 크게 차이가 날 수 있다. 이 때문에 일반 인과의 비교보다는 환자의 비손상 측을 손상 측의 소실 정도와 비교하는 것이 추천되나, 골관절염은 때때로 양쪽(bilateral arthritis)에 발생

Table 1. Experimental studies investigating Cyriax's or Kantenborn's capsular patterns

Authors	Year	Samples	Joints	Results
Bijl et al. [16]	1998	200	Hip, Knee	No capsular pattern was found in patients with osteoarthritis
Fritz et al. [25]	1998	152	Knee	It was only valid in ratios (extension loss/flexion loss) ranging from 0.3 to 0.5
Greenwood et al. [31]	1998	5	Hip	The capsular pattern was useful for differentiating hip pathology
Hayes et al. [17]	1994	79	Knee	The use of the capsular pattern as an indicator of osteoarthritis was questionable
Klässbo et al. [18]	2003	168	Hip	Only few individuals with osteoarthritis showed Cyriax's and Kantenborn's capsular pattern
Pellecchia et al. [27]	1996	19	Shoulder	The intertester reliability was high, but examiners had to choose one of the two conditions; limited or full range, painful or painless, and weak or strong
Rundquist and Ludewig [19]	2004	25	Shoulder	Individuals with idiopathic loss of shoulder range of motion did not show Cyriax's capsular pattern

한다[32]. 선행 연구에서도 엉덩관절에서는 118명 중 41명, 어깨관절에서는 19명 중 2명에서 관절염이 양쪽에서 관찰되었다[18,27]. 양쪽 침범 시 별도로 분리하여 비교하는 것이 더욱 명확할 수 있으나, 현재는 관절염이 발생한 관절을 모두 개별 대상(case)으로 간주하여 비손상 측 대비 손상 측을 비교 분석하는 것이 일반적이다.

환자의 경우 손상 측의 비정상적 움직임 패턴이 비손상 측의 움직임 패턴 변화를 유도할 수 있으며, 반복적 노출 시 비정상 움직임 패턴이 비손상 측에 고착화될 수 있다[33,34]. 이 경우 동일한 연령대의 일반인과의 비교가 추천되어 질 수 있다. 하지만 일반인의 정상 관절가동범위와 비교 시, 실험 대상군의 관절 가동성이 낮다면 실제 관절가동범위의 감소가 없음에도 유의한 차이로 나타날 수 있다. Bijl 등[16]의 연구에서 측정된 엉덩관절 가동범위는 미국정형외과의학회(American Academy of Orthopedic Surgeons)에서 제시하는 정상적 엉덩관절 가동범위와의 비교에서 유의하게 작았지만, 골관절염이 없는 대상자에게서도 유의한 감소가 관찰되었다. 즉, 골관절염의 특성보다는 관절 가동성이 상대적으로 낮은 대상자의 특성이 반영된 것으로 해석될 수 있다.

마지막으로, 신체적 특성은 나이, 인종, 성별 간 차이가 있을 수 있다[18,35,36]. 이에 대한 광범위한 연구가 관절낭 패턴에 반영되지 않았다. 정확한 평가 및 진단을 위해서는 개인의 특성이 고려된 세부 규정이 필요하며, 관절가동범위 외 추가적 검사 또한 필요할 것이다. 최근 개정된 류마티스관절염 분류 기준을 보면, 단순 이학적 검사에만 의존하지 않고 아침 뻣뻣함(morning stiffness), 안쪽회전 통증, 115° 미만의 굽힘 제한, 20 mm/h 미만의 적혈구 침강 속도(erythrocyte sedimentation rate)를 복합적으로 사용하고 있다[37].

CONCLUSIONS

관절낭 패턴 개념은 Cyriax와 Kaltenborn에 의해 제시된 후, 오랜 기간 임상에서 널리 사용되고 있다. 하지만 당시 과학적 근거가 함께 제시되지는 않았기에, 그에 대한 검증 노력이 이어지고 있다. 연구수와 범위가 제한적이기는 하지만, 현재 도출된 기존 선행 연구 결과를 종합하자면 관절낭 패턴을 바탕으로 임상에서 환자를 평가하고 치료 계획을 수립하는 것은 특정 조건에서 부분적으로만 지지가 된다고 볼 수 있다. 관절은 다양한 조직들이 상호 보완적으로 안정성을 제공하고 있기 때문에, 치료사는 환자 평가 시 단일 평가에 의존하기보다는 복합적 평가를 수행해야 한다. 물론 일부 연구에서는 관절낭 패턴과 일치하는 결과가 관찰되기도 했지만, 실험 설계상의 보완 및 추가적 연구가 요구되는 부분이 적지 않다. 임상에서 더욱 효율적 평가 및 치료계획 수립을 위해서는, 다양한 조건에서의 광범위한 연구를 토대로 표준화된 정의 및 측정방법이 세부적으로 제공되어야 할 것이다.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was supported by the 2020 Woosong Univer-

sity Academic Research Funding.

CONFLICTS OF INTEREST

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

REFERENCES

1. Oosterwijk AM, Nieuwenhuis MK, van der Schans CP, Mouton LJ. Shoulder and elbow range of motion for the performance of activities of daily living: a systematic review. *Physiother Theory Pract* 2018;34(7):505-28.
2. McClelland JA, Feller JA, Menz HB, Webster KE. Patients with total knee arthroplasty do not use all of their available range of knee flexion during functional activities. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2017;43:74-8.
3. Dabadghav R, Potdar A, Patil V, Sancheti P, Shyam A. Additional effect of neuromuscular electrical stimulation on knee extension lag, pain and knee range of motion in immediate postsurgical phase (0-2 weeks) in primary total knee arthroplasty patient. *Ann Transl Med* 2019;7(Suppl 7):S253.
4. Hirata K, Yamadera R, Akagi R. Associations between range of motion and tissue stiffness in young and older people. *Med Sci Sports Exerc* 2020;52(10):2179-88.
5. Oh D, Lim W, Lee N. Concurrent validity and intra-trial reliability of a Bluetooth-embedded inertial measurement unit for real-time joint range of motion. *Int J Comput Sci Sport* 2019;18(3):1-11.
6. Hindle KB, Whitcomb TJ, Briggs WO, Hong J. Proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF): its mechanisms and effects on range of motion and muscular function. *J Hum Kinet* 2012;31:105-13.
7. Ombregt L. A system of orthopaedic medicine. 3rd ed. Edinburgh: Churchill Livingstone; 2013;844.
8. Khurana N, Sharma A, Kalra S. Comparison of Cyriax capsular stretch versus posterior glide in treating adhesive capsulitis of shoulder. *Physiother Occup Ther J* 2011;4(1):5-10.
9. Joseph MF. Clinical evaluation and rehabilitation prescription for knee motion loss. *Phys Ther Sport* 2012;13(2):57-66.
10. Kirby K, Showalter C, Cook C. Assessment of the importance of glenohumeral peripheral mechanics by practicing physiotherapists. *Physiother Res Int* 2007;12(3):136-46.
11. Ramey K, Fothergill L, Hadley D, Merryman A, Salazar D, Cook

- C. Variables associated with abandoning the manual therapy approach learned in physical therapy school. *J Man Manip Ther* 2006;14(2):108-17.
12. Cyriax JH. Text-book of orthopaedic medicine. Vol. 1. Diagnosis of soft tissue lesions. 3rd ed. London: Cassell; 1957;711.
13. Cyriax JH. Text-book of orthopaedic medicine. Vol. 1. Diagnosis of soft tissue lesions. 6th ed. London: Baillière Tindall; 1975;768.
14. Cyriax JH. Text-book of orthopaedic medicine. Vol. 1. Diagnosis of soft tissue lesions. 8th ed. London: Baillière Tindall; 1982;512.
15. Kaltenborn FM, Evjenth O, Kaltenborn TB, Morgan M, Vollowitz E. Manual mobilization of the joints: joint examination and basic treatment. Vol. 1. The extremities. 8th ed. Oslo: Orthopedic Physical Therapy Products; 2014;368.
16. Bijl D, Dekker J, van Baar ME, Oostendorp RA, Lemmens AM, Bijlsma JW, et al. Validity of Cyriax's concept capsular pattern for the diagnosis of osteoarthritis of hip and/or knee. *Scand J Rheumatol* 1998;27(5):347-51.
17. Hayes KW, Petersen C, Falconer J. An examination of Cyriax's passive motion tests with patients having osteoarthritis of the knee. *Phys Ther* 1994;74(8):697-707; discussion 707-9.
18. Klässbo M, Harms-Ringdahl K, Larsson G. Examination of passive ROM and capsular patterns in the hip. *Physiother Res Int* 2003;8(1):1-12.
19. Rundquist PJ, Ludewig PM. Patterns of motion loss in subjects with idiopathic loss of shoulder range of motion. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2004;19(8):810-8.
20. Lim W. Influence of tibial rotation on EMG activities of medial and lateral hamstrings during maximal isometric knee flexion. *Phys Ther Korea* 2018;25(4):46-52.
21. Lim W. Appropriateness of tibial rotation for isolation of the medial and lateral hamstrings. *Ann Appl Sport Sci* 2020; 8(S2):e907.
22. Petersen CM, Hayes KW. Construct validity of Cyriax's selective tension examination: association of end-feels with pain at the knee and shoulder. *J Orthop Sports Phys Ther* 2000;30(9):512-21; discussion 522-7.
23. Hayes KW, Petersen CM. Reliability of assessing end-feel and pain and resistance sequence in subjects with painful shoulders and knees. *J Orthop Sports Phys Ther* 2001;31(8):432-45.
24. Altman R, Alarcón G, Appelrouth D, Bloch D, Borenstein D, Brandt K, et al. The American College of Rheumatology criteria for the classification and reporting of osteoarthritis of the hip. *Arthritis Rheum* 1991;34(5):505-14.
25. Fritz JM, Delitto A, Erhard RE, Roman M. An examination of the selective tissue tension scheme, with evidence for the concept of a capsular pattern of the knee. *Phys Ther* 1998; 78(10):1046-56; discussion 1057-61.
26. Chauhan V, Saxena S, Grover S. Effect of deep transverse friction massage and capsular stretching in idiopathic adhesive capsulitis. *Indian J Physiother Occup Ther* 2011;5(4):185-8.
27. Pellecchia GL, Paolino J, Connell J. Intertester reliability of the cyriax evaluation in assessing patients with shoulder pain. *J Orthop Sports Phys Ther* 1996;23(1):34-8.
28. Sandler RD, Dunkley L. Osteoarthritis and the inflammatory arthritides. *Surgery (Oxford)* 2018;36(1):21-6.
29. Trevethan R. Sensitivity, specificity, and predictive values: foundations, pliabilities, and pitfalls in research and practice. *Front Public Health* 2017;5:307.
30. Watson R. Quantitative research. *Nurs Stand* 2015;29(31):44-8.
31. Greenwood MJ, Erhard RE, Jones DL. Differential diagnosis of the hip vs. lumbar spine: five case reports. *J Orthop Sports Phys Ther* 1998;27(4):308-15.
32. Metcalfe AJ, Andersson ML, Goodfellow R, Thorstensson CA. Is knee osteoarthritis a symmetrical disease? Analysis of a 12 year prospective cohort study. *BMC Musculoskelet Disord* 2012;13:153.
33. Creaby MW, Bennell KL, Hunt MA. Gait differs between unilateral and bilateral knee osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil* 2012;93(5):822-7.
34. Mine T, Ihara K, Kawamura H, Kuriyama R, Date R. Gait parameters in women with bilateral osteoarthritis after unilateral versus sequential bilateral total knee arthroplasty. *J Orthop Surg (Hong Kong)* 2015;23(1):76-9.
35. Smith SL, Woodburn J, Steultjens MPM. Sex- and osteoarthritis-related differences in muscle co-activation during weight-bearing tasks. *Gait Posture* 2020;79:117-25.
36. Abbate LM, Jeffreys AS, Coffman CJ, Schwartz TA, Arbeeve L, Callahan LF, et al. Demographic and clinical factors associated with nonsurgical osteoarthritis treatment among patients in outpatient clinics. *Arthritis Care Res (Hoboken)* 2018;70(8): 1141-9.
37. Damen J, van Rijn RM, Emans PJ, Hilberdink WKHA, Wesseling J, Oei EHG, et al. Prevalence and development of hip and knee osteoarthritis according to American College of Rheumatology criteria in the CHECK cohort. *Arthritis Res Ther* 2019;21(1):4.