

Clinical Pattern: N. suprascapularis Neuropathie

Einleitung:

Die Neuropathie des N. suprascapularis (NSS) ist eine seltene Pathologie des peripheren Nervensystems der Oberen Extremität, wobei die tatsächliche Prävalenz nicht bekannt ist. Laut einiger Autoren sind Irritationen oder Verletzungen des NSS aber schätzungsweise für 1-2% aller Schulterbeschwerden verantwortlich (Boykin, Friedman, Higgins, & Warner, 2010). Sowohl isolierte Verletzung des NSS als auch Begleitverletzung im Rahmen einer anderen Schulterpathologie werden häufig übersehen bzw. als mögliche Ursache von Schulterbeschwerden vergessen (Boykin et al., 2011). Doch gerade bei der physiotherapeutischen Betreuung von Sportlern aus Überkopf-Sportarten wie Baseball, Tennis, Schwimmen oder Volleyball sollte man sich der Pathologie des NSS bewusst sein (Safran, 2004). Überkopf-Athleten haben ein deutlich höheres Risiko eine Neuropathie des N. suprascapularis zu entwickeln, wobei Elite Volleyball – und Tennisspieler mit einer Prävalenz von 12.5-33% bzw. 52% besonders häufig davon betroffen sind (Reeser, Fleisig, Cools, Yount, & Magnes, 2013; Boykin et al., 2010; Young et al., 2015). Der NSS ist aufgrund seiner motorischen wie auch sensorischen Anteile wichtig für die dynamische Stabilisation der Schulter. Eine Läsion des NSS könnte aufgrund der verminderten funktionellen Stabilität zu Defiziten in der Ausführung von sportartspezifischen Aktivitäten und einem erhöhten Verletzungsrisiko führen (Contemori & Biscarini, 2018). Eine frühe Diagnosestellung kann deshalb entscheidend sein.

Das erarbeitete *Clinical Pattern* soll das Erkennen und Diagnostizieren einer NSS-Neuropathie unterstützen. Dabei werden die wichtigsten Elemente der Befunderhebung (Anamnese, der körperliche Untersuchung) aber auch das Clinical Reasoning und mögliche Behandlungsansätze genauer beschrieben.

Anatomie und Verletzungsmechanismen

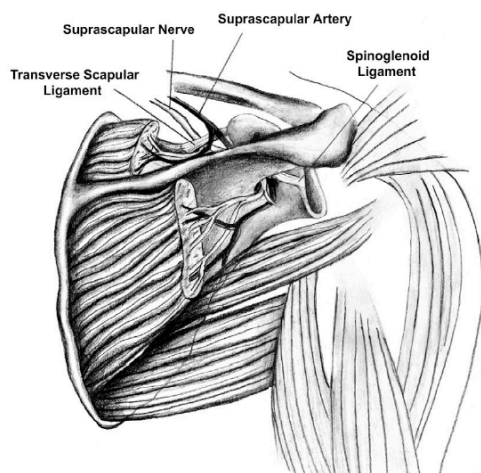
Der N. suprascapularis (NSS) entspringt dem oberen Nervenstamm des Plexus brachialis, hauptsächlich aus den Nervenwurzeln C5 und C6 (Clavert & Thomazeau, 2014). In seinem weiteren Verlauf zeigt der NSS zwei besonders verletzungsanfällige Stellen: die Suprascapuläre und die Spinoglenoide Notch (Abbildung 1).

Die Suprascapuläre Notch wird durch die knöcherne Einkerbung, der Incisura scapulae und dem Lig. transversum scapulae gebildet. Die Form der Incisura scapulae zeigt sich in einer Vielzahl anatomischer Varianten oder kann sogar fehlen, was bereits eine Prädisposition für eine NSS-Neuropathie darstellen kann. Zusätzlich kann das Ligamentum transversum scapulae durch repetitive Mikrotraumata hypertrophieren oder sogar ossifizieren. Dies kann zu einer Einengung der „Notch“ und somit zu einer direkten Irritation oder zu einer Beeinträchtigung der neuralen Mobilität führen.

Im Bereich der Spinoglenoide Notch verläuft der NSS in einem 60° Winkel um das distale Ende der Spina scapulae und endet unter dem N. infraspinatus in der Fossa infraspinatus (Clavert & Thomazeau, 2014). Hier führen vorwiegend lokale Raumforderung wie supralabrale Zysten und Ganglien zum Beispiel bei SLAP-Läsionen (Superiore Labrumläsion von anterior nach posterior) oder der sogenannte „Sling Effekt“ (Abbildung 2) bei einer massiven Läsion des M. supraspinatus bzw. M. infraspinatus zu einer NSS-Neuropathie. Dabei wird der NSS durch den stark retrahierten Muskel nach medial an die Spina scapulae gedrückt. Bei der Rekonstruktion einer solchen Läsion kann es wiederum zu einer Verletzung des NSS kommen, da für die Naht häufig viel Zug auf den Muskelsehnenapparat ausgeübt werden muss. Was zu einer frustranen Situation, trotz erfolgreicher Rekonstruktion der Rotatorenmanschette, führen kann (Rosso, Hahn, Valderrabano, Vavken, & Müller, 2014).

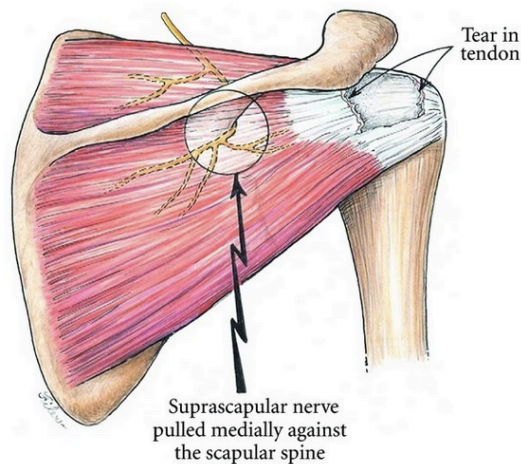
Der Verletzungsmechanismus beschreibt somit sowohl Kompressions-, Friktions- wie auch Traktionstraumata.

Abb.1 Anatomischer Verlauf des N. suprascapularis



Quelle: Boykin, Friedman, Higgins, & Warner, 2010

Abb.2 „Sling Effekt“ bei massiver Läsion des *M. supraspinatus* bzw. *M. infraspinatus*



Quelle: Boykin, Friedman, Higgins, & Warner, 2010

Zusätzlich werden auch direkte Verletzungen zum Beispiel bei Scapulafrakturen oder ischämisch-bedingte Neuropathien durch Mikroembolien der versorgenden Gefässe (A. axillaris /A. suprascapularis) beschrieben (Safran, 2004).

Funktion bzw. Funktionsverlust (Pathophysiologie)

Der SSN ist hauptsächlich ein motorischer Nerv und innerviert mit dem *M. supraspinatus* und dem *M. infraspinatus*, zwei wichtige Muskeln der Rotatorenmanschette (RM). Mehrere Studien haben gezeigt, dass er ausserdem für die sensible Versorgung des Lig. coracohumerales, das Lig. coracoclaviculare, die Bursa subacromiale, wie für die posterosuperiore Schulterkapsel zuständig ist (Aszmann, Dellon, Birely, & McFarland, 1996; Vorster et al., 2008). Einige berichten sogar von einer sensorischen Innervation der Schulter von bis zu 70% (Jerosch, Saad, Greig, & Filler, 2008; Piasecki, Romeo, Bach, & Nicholson, 2009).

Eine Neuropathie des NSS äussert sich folglich, in posterosuperioren Schulterschmerzen und einer Schwäche des *M. infraspinatus* und des *M. supraspinatus*. In Abhängigkeit von der Läsionslokalisation tritt die Schwäche des *M. infraspinatus* isoliert oder in Kombination auf.

Befunderhebung

In der physiotherapeutischen Befunderhebung ist es wichtig das „klinische Muster“ einer möglichen NSS-Neuropathie zu erkennen und bei Verdacht anschliessend durch eine gezielte Anamnese und körperliche Untersuchung zu bestätigen bzw. zu verwerfen. In den folgenden Abschnitten werden die spezifische Anamnese und körperliche Untersuchung genauer beschrieben. Allerdings ist eine rein klinische Diagnostik einer NSS-Neuropathie sehr schwierig. Die Symptome sind unspezifisch und treten häufig auch im Rahmen anderer Schulterpathologien auf. Ausserdem treten häufig Überlagerungen von verschiedenen Schulterpathologien gleichzeitig auf.

Anamnese

Schmerzen:

Meistens beschreiben die Patienten einen dumpfen, selten auch einen „schneidenden“ oder „brennenden“ Schmerz (J.Niemann, S.Juzeszyn, Kahanov, & E.Eberman, 2013; Safran 2004). Ist die Läsion eher distal, im Bereich der Spinoglenoiden Notch, treten häufig sogar keine Schmerzen auf (Safran, 2004). Die Schmerzlokalisierung wird einheitlich im Bereich der posterosuperioren Schulter beschrieben, sei aber eher „schwammig“ lokalisiert als scharf begrenzt (Vachon et al., 2009; Safran, 2004; Duralde, 2000). Die Beschwerden treten meist unilateral, an der dominanten Schulter auf (Kostretzis, Theodoroudis, Boutsiadis, Papadakis, & Papadopoulos, 2017).

Zu Beginn treten die Schmerz vorwiegend während Überkopftätigkeit auf bzw. nehmen in Belastung an Intensität zu. Im späteren Verlauf kann sich ein konstanter Schmerz entwickeln und sogar Nachtschmerzen können auftreten (Safran; 2004).

Funktions- & Partizipationseinschränkungen

Die Athleten beschwerten sich häufig über ein Schwächegefühl (bei Aussenrotation/Abduktion) und eine rasche Ermüdung bei Überkopftätigkeiten, (Vachon et al., 2009) zusätzlich sind repetitive Wurfaktivitäten zunehmend schmerzhaft. Vereinzelt beschreiben betroffene Athleten (Baseball Pitcher) auch eine Einschränkung der Wurfweite (J.Niemann, S.Juzeszyn, Kahanov, & E.Eberman, 2013). Beim Werfen sind vor allem die Late cocking– und Follow through –Phase schmerzhaft betroffen. Die maximale Abduktion und Aussenrotation während der Late cocking–Phase kann zu einer Kompression des SSN zwischen den Sehnenrändern der RM und der Spine scapulae führen (Sandow & Ilic, 1998). Während der Follow through-Phase, mit dem Arm in Adduktion und Innenrotation, kommt es durch die hohe Spannung des Lig. spinoglenoidale zu einer Kompression des NSS (Demirkan, Sargon, Erkula, & Kiter, 2003; Safran; 2004) .

Die Beschwerden können dazu führen, dass die Athleten nur eingeschränkt trainieren bzw. an Matches zum Einsatz kommen. Vereinzelt mussten Spieler sogar vom Wettkampfsport zurücktreten (Ravindran, 2003)

Vorgeschichte:

Bei Überkopf-Athleten kommt es aufgrund der repetitiven Mikrotraumata, zu einer sogenannten „kumulativen Apraxie“ (Young et al., 2015). Dass heisst, die

Beschwerden treten in der Regel eher schleichend auf. Allenfalls könnte eine kürzlich erhöhte Trainingsintensität, ein intensives Wurftraining oder eine Turniersituation als Auslöser ausgemacht werden. Seltener können konkrete Traumas als Auslöser ausgemacht werden.

Allerdings muss auch bei einer operierten Schulter (Latajet-Operationen, Labrum-Repair, RM-Nähte, etc.) an eine Irritation bzw. Verletzung des NSS gedacht werden (Apostolakos et al., 2016).

Körperliche Untersuchung & klinische Präsentation

Inspektion:

Häufig ist eine Atrophie des M. infraspinatus und/oder des M. supraspinatus zu erkennen. Da bei Überkopf-Athleten der NSS häufiger im Bereich der Spinoglenoiden Notch betroffen ist, besteht für gewöhnlich eine isolierte M. infraspinatus-Atrophie (Ferretti, Cerullo, & Russo, 1987; Holzgraefe, Kukowski, & Eggert, 1994). Eine Atrophie im Bereich der Fossa infraspinatus (Abbildung 3) ist das spezifischste diagnostische Zeichen bei der körperlichen Untersuchung, zeigt sich in seiner ganzen Deutlichkeit aber erst bei länger bestehenden Beschwerden (Duralde, 2000).

Palpation:

Personen mit einer Affektion des NSS im Bereich der Suprascapulären Notch zeigen eine Druckdolenz zwischen der Clavicula und der Spina scapulae. Findet die Affektion im Bereich der Spinoglenoidalen Notch statt, zeigt sich häufig eine Druckdolenz unterhalb des dorsalen Randes des Acromioclaviculargelenks (Boykin, Friedman, Higgins, & Warner, 2010).

Die Sensibilität bleibt bei einer NSS-Neuropathie in der Regel unbeeinflusst. Sensibilitätsstörungen an der Rückseite der Schulter könnte differentialdiagnostisch aber ein Hinweis auf eine C5-Radikulopathie sein (Duralde, 2000).

Kraft:

Aufgrund der häufigeren Verletzungslokalisation an der distal gelegenen Spinoglenoidalen Notch bleibt der M. supraspinatus bei Athleten meistens unbeeinträchtigt. Beim M. infraspinatus handelt es sich meistens nur um eine partielle Lähmung mit einer Restkraft von 30-40%. Zudem konnte man bei Überkopf-Athleten deutliche Kompensationen des posterioren Anteils des M. deltoideus und des M. teres minor beobachten (Ferretti, Cerullo, & Russo, 1987; Holzgraefe, Kukowski, & Eggert, 1994). Die Krafttestung sollte zur Differenzierung von M. infraspinatus und M. teres minor einerseits aus Nullstellung (M. infraspinatus) und andererseits aus 90° Abduktion (M. teres minor) durchgeführt werden (Jain, Wilcox, Katz, & Higgins, 2013),

da die Aktivität des M. infraspinatus mit zunehmender Abduktion abnimmt (Uga, Endo, Nakazawa, & Sakamoto, 2016).

Die Kraft der anderen Muskeln der oberen Extremitäten ist bei einer isolierten NSS-Neuropathie unbeeinflusst. Sind dennoch andere Muskeln von einer Abschwächung betroffen, könnte dies auf eine RM-Pathologie oder eine Verletzung des M. plexus brachialis hindeuten und bedarf weiterer Diagnostik (Duralde, 2000).

Beweglichkeit:

Die aktive wie auch die passive Schulterbeweglichkeit ist im Allgemeinen unauffällig. Witvrouw et al. (2000) beobachtet bei betroffenen Volleyballspielern eine leichte Tendenz zur Hypermobilität. Die passive Aussenrotation in 90° Abduktion und die aktive Flexion waren im Vergleich zu nicht-betroffenen Volleyballspielern signifikant grösser. Young et al. (2015) beobachtete zudem eine verminderte Innenrotationsbeweglichkeit bei betroffenen Tennisspielern im Vergleich zu nicht-betroffenen Spielern. Dieses Beweglichkeitsprofil (vergrösserte Aussenrotation bei gleichzeitig verminderter Innenrotation der dominanten Schulter) ist bei Wurfspielern als GIRD-Syndrom (= Glenohumerales Innenrotations Defizit) bekannt und weit verbreitet (Keller, De Giacomo, Neumann, Limpisvasti, & Tibone, 2018). Der Zusammenhang mit der NSS-Neuropathie ist unklar.

Spezifische Provokationsteste:

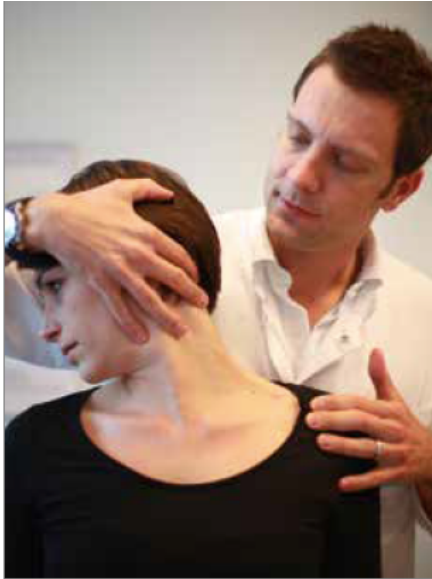
In der Literatur werden zwei Tests zur spezifischen Provokation des NSS beschrieben:

1) der NSS-Stretch-Test: Der Untersucher steht hinter dem Patienten und fixiert den Kopf des Patienten in Inklinaton und kontralateraler Rotation. Anschliessend führt er den Schultergürtel der betroffenen Seite in eine Retraktion (Abbildung 3). Der Test ist positiv wenn die typischen posterosuperioren Schulterschmerzen provoziert werden können (Lafosse, Piper, & Lanz, 2011).

2) der Cross-body Adduction-Test: Der Untersucher führt den auf 90° flektierten Arm in eine Adduktion. Zusätzlich kann zur Verstärkung der Provokation eine Innenrotation ausgeführt werden. Auch hier gilt der Test als positiv wenn die bekannten posterosuperioren Schmerzen Ausgelöst werden können (Ferretti, De Carli, & Fontana, 1998).

Beide Tests sind zurzeit nicht validiert und stellen eher Expertenmeinungen dar.

Abb. 3 NSS-Stretch-Test



Quelle: Rosso, Hahn, Valderrabano, Vavken, & Müller, 2014

Zusätzliche Diagnostik:

Den aktuellen Goldstandard in der Diagnostik einer NSS-Neuropathie stellt die sonografische oder fluoroskopischgesteuerte lokale Infiltration mittels Lokalanästhetikum dar (Piasecki et al., 2009; Warner, Krushell, Masquelet, & Gerber, 1992).

Clinical Reasoning Elemente

Wie bereits erwähnt konnten mehrere Querschnittstudien eine hohe Prävalenz des „Infraspinatus-Syndroms“ (ISS) – der isolierten Schwäche und Atrophie des M. infraspinatus aufgrund einer NSS-Neuropathie – bei Überkopf-Athleten nachweisen. Erstaunlicherweise waren die meisten Athleten allerdings beschwerdefrei und in ihrer sportlichen Leistungsfähigkeit uneingeschränkt. Auch konnte bisher kein erhöhtes Verletzungsrisiko nachgewiesen werden. Die klinische Relevanz dieses Syndroms ist bis heute unklar.

Trotzdem, ein Ungleichgewicht der Schulteraußen- und Innenrotationskraft konnte als Risikofaktor für Schulterverletzungen bei Überkopf-Athleten nachgewiesen werden (Cook, Burton, & Hoogenboom, 2006). Ausserdem zeigen neuere Studien, dass Athleten (Volleyballspieler) mit einem ISS eine reduzierte Positionswahrnehmung (Propriozeption) in der betroffenen Schulter aufweisen (Contemori & Biscarini, 2018). Zusätzlich zeigen sie veränderte Rekrutierungsmuster der Scapulathorakalenmuskulatur, mit einer verfrühten und verstärkten Aktivierung des M. deltoideus und dem Pars descendens des M. trapezius, während der M. serratus anterior verspätet und reduziert aktiviert wird (Contemori & Biscarini, 2018). Sowohl die beschriebene Beeinträchtigung des Sensomotorischen Systems der Schulter, wie auch die Veränderung des Scapulathorakalen Rhythmus könnten das Risiko für eine akute Verletzung oder für chronische Overuse-Beschwerden erhöhen.

Behandlung

Konservative Behandlungsmethoden werden vor allem bei Personen mit einer kumulativen NSS-Neuropathie durch repetitive Mikrotraumata angewendet. So wird auch bei Athleten vorerst eine konservative Therapie empfohlen. Die in der Literatur beschriebenen Massnahmen sind sehr unspezifisch und beinhalten die Abgabe von nicht-steroidalen Antirheumatika, Anpassung des Bewegungsverhaltens, Verbesserung der glenohumeralen Beweglichkeit und Übungen zur Kräftigung (Kostretzis et al., 2017).

Die Dauer der Beschwerden und die genaue Ätiologie der NSS-Neuropathie sollte für die Behandlungsstrategie berücksichtigt werden. Bestehen die Beschwerden bereits über 6 Monate, ist die Muskelkraft irreversibel verloren und die Chance auf eine volle Wiederherstellung der Funktion gering (Kostretzis et al., 2017).

Bei sekundär bedingten NSS-Neuropathien durch massiv retrahierte RM-Rupturen, sublabrale Zysten und Ganglien sollte vorerst die verursachende Pathologie behandelt werden.

Operative Methoden sind einerseits die arthroskopische Dissektion des Lig. transversum und die folgende Dekompression an der Incisura scapulae, wie auch die Befreiung des distalen Abschnittes des NSS durch die Entfernung des Lig. spinoglenoidale (Kostretzis et al., 2017).

Zusammenfassung

In den folgenden Key-Points werden die wichtigsten Elemente des Clinical Pattern einer NSS-Neuropathie nochmals zusammengefasst.

- Die NSS-Neuropathie ist selten, tritt aber in Überkopfsportarten gehäuft auf.
- Der NSS ist primär ein motorischer Nerv und innerviert mit dem M. supraspinatus und dem M. infraspinatus, zwei wichtige Muskeln der Rotatorenmanschette (RM). Zusätzlich deckt er bis 70% der sensorischen Innervation der Schulter ab.
- Die Verletzungsmechanismen sind vielfältig und beschreiben sowohl Kompressions-, Friktions- wie auch Traktionstraumas. Bei Überkopfsportarten handelt es sich eher um eine kumulative NSS-Neuropathie durch repetitive Mikrotraumata.
- Eine rein klinische Diagnosestellung ist aufgrund unspezifischer Symptome und der häufigen Überlagerung mit anderen Schulterpathologien schwierig.
- Posterosuperiore Schulterschmerzen, v.a. bei Wurfaktivitäten, und eine isolierte Abschwächung und Atrophie des M. infraspinatus sind die spezifischsten Befundelemente einer NSS-Neuropathie.
- Die klinische Relevanz der NSS-Neuropathie wird kontrovers diskutiert. Neuere Studien konnten aber eine Beeinträchtigung der sensomotorischen Systeme und einen veränderten humeroscapulären Rhythmus bei betroffenen Athleten feststellen.

Das Risiko für eine akute Verletzung oder für chronische Overuse-Beschwerden könnte dadurch erhöht sein.

- Primär werden v.a. bei kumulativen NSS-Neuropathien konservative Behandlungsansätze empfohlen. Die Massnahmen sind unspezifisch und beinhalten die Abgabe von nicht-steroidalen Antirheumatika, Anpassung des Bewegungsverhaltens, Verbesserung der glenohumeralen Beweglichkeit und Übungen zur Kräftigung. Es besteht die Möglichkeit den NSS operativ zu befreien.

Literaturverzeichnis

- Apostolakos, J., DiVenere, J., Singh, H., Brzoska, A., Mazzocca, A. D., & Voss, A. (2016). The Role of Suprascapular Neuropathy in Rotator Cuff Dysfunction: *Techniques in Orthopaedics*, 31(2), 77–81. <https://doi.org/10.1097/BTO.0000000000000167>
- Aszmann, O. C., Dellon, A. L., Birely, B. T., & McFarland, E. G. (1996). Innervation of the human shoulder joint and its implications for surgery. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, (330), 202–207.
- Boykin, R. E., Friedman, D. J., Higgins, L. D., & Warner, J. J. (2010). Suprascapular Neuropathy: *The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume*, 92(13), 2348–2364. <https://doi.org/10.2106/JBJS.I.01743>
- Boykin, R. E., Friedman, D. J., Zimmer, Z. R., Oaklander, A. L., Higgins, L. D., & Warner, J. J. P. (2011). Suprascapular neuropathy in a shoulder referral practice. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 20(6), 983–988. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2010.10.039>
- Clavert, P., & Thomazeau, H. (2014). Peri-articular suprascapular neuropathy. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 100(8, Supplement), S409–S411. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2014.10.002>
- Contemori, S., & Biscarini, A. (2018). Shoulder position sense in volleyball players with infraspinatus atrophy secondary to suprascapular nerve neuropathy. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(1), 267–275. <https://doi.org/10.1111/sms.12888>

- Contemori, S., & Biscarini, A. (2018). Isolated Infraspinatus Atrophy Secondary to Suprascapular Nerve Neuropathy Results in Altered Shoulder Muscles Activity. *Journal of Sport Rehabilitation*, 1–29. <https://doi.org/10.1123/jsr.2017-0232>
- Cook, G., Burton, L., & Hoogenboom, B. (2006). Pre-participation screening: the use of fundamental movements as an assessment of function-part 1. *N Am J Sports Phys Ther*, 1.
- Demirkan, A. F., Sargon, M. F., Erkula, G., & Kiter, E. (2003). The spinoglenoid ligament: An anatomic study. *Clinical Anatomy*, 16(6), 511–513. <https://doi.org/10.1002/ca.10175>
- Duralde, X. A. (2000). Neurologic Injuries in the Athlete's Shoulder. *Journal of Athletic Training*, 35(3), 316–328.
- Ferretti, A., Cerullo, G., & Russo, G. (1987). Suprascapular neuropathy in volleyball players. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 69(2), 260–263.
- Ferretti, A., De Carli, A., & Fontana, M. (1998). Injury of the Suprascapular Nerve at the Spinoglenoid Notch. *The American Journal of Sports Medicine*, 26(6), 759–763. <https://doi.org/10.1177/03635465980260060401>
- Holzgraefe, M., Kukowski, B., & Eggert, S. (1994). Prevalence of latent and manifest suprascapular neuropathy in high-performance volleyball players. *British Journal of Sports Medicine*, 28(3), 177–179. <https://doi.org/10.1136/bjsm.28.3.177>
- Jain, N. B., Wilcox, R. B., Katz, J. N., & Higgins, L. D. (2013). Clinical Examination of the Rotator Cuff. *PM&R*, 5(1), 45–56. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2012.08.019>
- Jerosch, J., Saad, M., Greig, M., & Filler, T. (2008). Suprascapular nerve block as a method of preemptive pain control in shoulder surgery. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 16(6), 602–607. <https://doi.org/10.1007/s00167-008-0520-3>
- J.Niemann, A., S.Juzeszyn, L., Kahanov, L., & E.Eberman, L. (2013). Suprascapular Neuropathy in Collegiate Baseball Player. *Asian Journal of Sports Medicine*, 4(1), 76–81.
- Keller, R. A., De Giacomo, A. F., Neumann, J. A., Limpisvasti, O., & Tibone, J. E. (2018). Glenohumeral Internal Rotation Deficit and Risk of Upper Extremity Injury in Overhead Athletes: A Meta-Analysis and Systematic Review. *Sports Health*, 10(2), 125–132. <https://doi.org/10.1177/1941738118756577>

- Kostretzis, L., Theodoroudis, I., Boutsiadis, A., Papadakis, N., & Papadopoulos, P. (2017). Suprascapular Nerve Pathology: A Review of the Literature. *The Open Orthopaedics Journal*, 11, 140–153. <https://doi.org/10.2174/1874325001711010140>
- Lafosse, L., Piper, K., & Lanz, U. (2011). Arthroscopic suprascapular nerve release: indications and technique. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 20(2, Supplement), S9–S13. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2010.12.003>
- Piasecki, D. P., Romeo, A. A., Bach, B. R., & Nicholson, G. P. (2009). Suprascapular neuropathy. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 17(11), 665–676.
- Ravindran, M. (2003). Two cases of suprascapular neuropathy in a family. *British Journal of Sports Medicine*, 37(6), 539–541. <https://doi.org/10.1136/bjism.37.6.539>
- Reeser, J. C., Fleisig, G. S., Cools, A. M. J., Yount, D., & Magnes, S. A. (2013). Biomechanical insights into the aetiology of infraspinatus syndrome. *British Journal of Sports Medicine*, 47(4), 239–244. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090918>
- Rosso, C., Hahn, M., Valderrabano, V., Vavken, P., & Müller, A. (2014). Der Karpaltunnel der Schulter - Arthroskopische Neurolyse des Nervus suprascapularis. Retrieved 26 May 2018, from https://arthro.ch/wp-content/uploads/2016/06/2014_SSN_Leading_Opinions.pdf
- Safran, M. R. (2004). Nerve Injury about the Shoulder in Athletes, Part 1: Suprascapular Nerve and Axillary Nerve. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(3), 803–819. <https://doi.org/10.1177/0363546504264582>
- Sandow, M. J., & Ilic, J. (1998). Suprascapular nerve rotator cuff compression syndrome in volleyball players. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 7(5), 516–521. [https://doi.org/10.1016/S1058-2746\(98\)90205-1](https://doi.org/10.1016/S1058-2746(98)90205-1)
- Uga, D., Endo, Y., Nakazawa, R., & Sakamoto, M. (2016). Electromyographic analysis of the infraspinatus and scapular stabilizing muscles during isometric shoulder external rotation at various shoulder elevation angles. *Journal of Physical Therapy Science*, 28(1), 154–158. <https://doi.org/10.1589/jpts.28.154>

Vachon, L. T., Rosenthal, M., Dewing, C. B., Solomon, D. J., Shin, A. Y., & Provencher, M. T. (2009). Acute Painless Shoulder Weakness during High-Intensity Athletic Training. *The American Journal of Sports Medicine*, 37(1), 175–180.

<https://doi.org/10.1177/0363546508328101>

Witvrouw, E. (2000). Suprascapular neuropathy in volleyball players. *British Journal of Sports Medicine*, 34(3), 174–180. <https://doi.org/10.1136/bjism.34.3.174>

Young, S. W., Dakic, J., Stroia, K., Nguyen, M. L., Harris, A. H. S., & Safran, M. R. (2015). High Incidence of Infraspinatus Muscle Atrophy in Elite Professional Female Tennis Players. *The American Journal of Sports Medicine*, 43(8), 1989–1993.

<https://doi.org/10.1177/0363546515588177>