

N. Lindner<sup>1,2</sup>,  
A. Hillmann<sup>1</sup>,  
J. Jerosch<sup>1</sup>

## Komplikationen durch kartilaginäre Exostosen Akute Venenthrombose beim Skifahren durch ein Osteochondrom — Kasuistik und Literaturübersicht

Acute venous thrombosis by an osteochondroma

<sup>1</sup> Klinik und Poliklinik für Allgemeine Orthopädie der Westfälischen Wilhelms Universität Münster (Direktor: Prof. Dr. Winkelmann)

<sup>2</sup> Department of Orthopedics, University of Florida, Gainesville, U.S.A., (Head: M.T. Scarborough MD)

### Zusammenfassung

Das Osteochondrom oder die kartilaginäre Exostose ist als eine knöcherne, von einer Knorpelkappe überzogene Ausstülpung an der Oberfläche eines Knochens definiert. Solitäre als auch multiple kartilaginäre Exostosen können neurovaskuläre Komplikationen verursachen. Ein 43-jähriger Patient beklagte akute Beschwerden in der Wade beim Skilaufen. Die bildgebende Diagnostik zeigte eine Thrombose der tiefen Wadenvenen im Bereich zwischen dem oberen Rand des Skischuhs und einer Exostose der proximalen Fibula. Die Exostose wurde unter Erhalt der Venen reseziert. Der Patient war sechs Wochen nach dem Eingriff beschwerdefrei. Dieser Fall zeigt, daß eine Venenthrombose auch bei einem Patienten ohne zugrundeliegende Koagulopathie durch eine Exostose verursacht werden kann. Die zunächst eingeleitete gerinnungshemmende Therapie kann zur spontanen Rekanalisierung der Vene führen. Die Resektion der Exostose ist bei Auftreten von Komplikationen in den meisten Fällen indiziert und führt häufig zur Beschwerdefreiheit. Die Literaturanalyse zeigt weitere Möglichkeiten für Komplikationen durch kartilaginäre Exostosen auf.

**Schlüsselwörter:** Exostose-Komplikation, Osteochondrom-Komplikation, Venenthrombose, Exostose-Pathologie, Exostose-operative Therapie,

### Summary

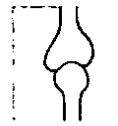
Osteochondroma or exostosis is a bony excavation on the surface of bone rimmed by cartilage. Solitary as well as multiple hereditary exostoses can cause neurovascular complications. A 43 years old patient complained of acute onset of pain in his calf during skiing. Imaging studies revealed a thrombosis of his calf veins between the edge of the skiing boot and an exostosis arising from his proximal fibula. The lesion was resected while the veins were preserved. Six weeks after surgery the patient was free of symptoms. This case shows that a venous thrombosis can be caused by an exostosis in a patient without any clotting disorder. Early anticoagulation can resolve the thrombus. Resection of the exostosis is indicated in most complications and symptoms are normally completely resolved post surgery. The search in the literature reveals other possibilities for complications in exostoses.

**Key Words:** Exostoses-complications; Osteochondroma-complications; Veinthrombosis; Osteochondroma-pathology; Osteochondroma-surgery

### Einleitung

Die Exostose ist eine gutartige Raumforderung und der häufigste Knochentumor. Sie wird im Kindes- und Jugendalter oft erstmals diagnostiziert, tritt methaphysär zu 90% in den langen Röhrenknochen auf. Proximale Humerus, distale Femur und proximale Tibia sind bevorzugte Entstehungsorte. Die durch direkte membranöse Ossifikation entwickelten Knochen des Schädels und Gesichtes sowie Epiphysen sind nie befallen. Bei der autosomal-dominant vererblichen Exostosenkrankheit kommt es zur Bildung von multiplen Läsionen im Skelettsystem und sekundären Veränderungen (Achsfehlstellungen, Längendifferenzen, Deformitäten, Arthrosen, Entartungen). Typischerweise sind Exostosen asymptomatisch und fallen als Zufallsbefund im Röntgenbild oder als schmerzlose Knochenschwellung auf. Schmerzen können durch Traumatisierung oder Druck auf Muskeln, Sehnen oder Gefäß-Nervenbündel entstehen. Eine Bursa kann auf der Knorpeloberfläche, als mechanische Antwort auf ständige Reizung entstehen und beträchtliche Ausmaße annehmen. Dies kann eine größere Ausdehnung der Läsion vortäuschen.

Zwei Formen von Exostosen werden im Röntgenbild unterschieden; die gestielte und die breitbasige Exostose. In Kontinuität mit der unterliegenden Kortikalis



und Spongiosa zeigt sich die oft blumenkohlartige Exkavation. Verkalkungen finden sich regelmäßig in der Läsion und die Knorpelkappe ist nur angedeutet erkennbar. CT, MRI und Sonographie zeigen die Dicke der Kappe. Der Knorpelüberzug der Läsion ist charakteristisch. Je nach Wachstumsaktivität schwankt die Dicke der Knorpelkappe und bleibt im allgemeinen unter 1 cm. Bei darüber hinaus gehender Dicke, muß die Entartung überprüft werden. Die Größe einer Exostose schwankt von wenigen Zentimetern bis über 10 cm. Im Zentrum der Läsion findet sich Markraumgewebe und Spongiosa.

Als Differentialdiagnose müssen das parossale Osteosarkom, Chondrosarkom und die reaktive Exostose in betracht gezogen werden.

Eine Entartung ist bei solitärer Exostose sehr selten (unter 1%), bei Exostosenkrankheit beträgt die Häufigkeit der Entartung zum Chondrosarkom etwa 10 bis 20%. Stammnahe Exostosen entarten häufiger. Nach Wachstumsabschluß sich vergrößernde und Schmerzen verursachende Exostosen sind malignitätsverdächtig.

#### Fallbeispiel

Ein 43jähriger routinierter Skifahrer mußte wegen starker, langsam ansteigender Schmerzen in der Wade am frühen Nachmittag von der Skipiste transportiert werden. Ein akutes Trauma lag nicht vor. Nach Entfernung des Skischuhs war eine deutliche Schwellung im Vergleich zur Gegenseite erkennbar. Unter dem Verdacht auf eine Thrombose, wurde eine Venendarstellung mit Kontrastmittel vorgenommen. Abbildung 1 zeigt den dabei aufgefallenen Kontrastmittelverhalt im Bereich der proximalen Tibia. Zusätzlich wurde eine röntgendichte Raumforderung beobachtet. Abbildung 2 zeigt das daraufhin durchgeführte Röntgenbild der proximalen Tibia und Kniegelenk mit der von der Fibula ausgehenden knochen-dichten blumenkohlartigen mineralisierten Raumforderung. Eine computertomographische Darstellung verdeutlicht die exostotische Veränderung der proximalen Fibula in Abbildung 3. Das Gefäßnervenbündel liegt in unmittelbarer Nähe zur Raumforderung. Abbildung 4 zeigt in der Kernspintomographie mit T1 Wich-

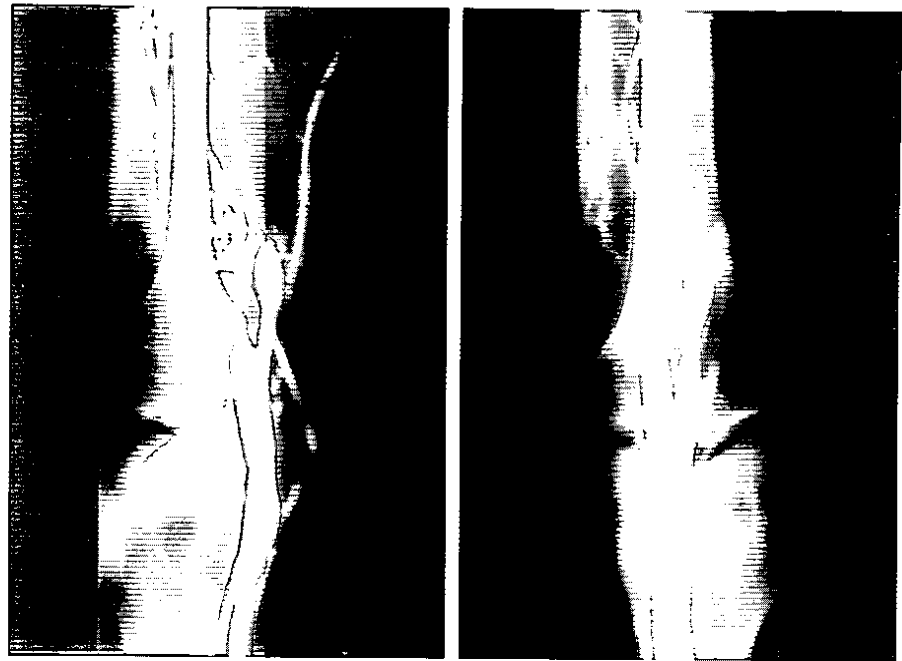
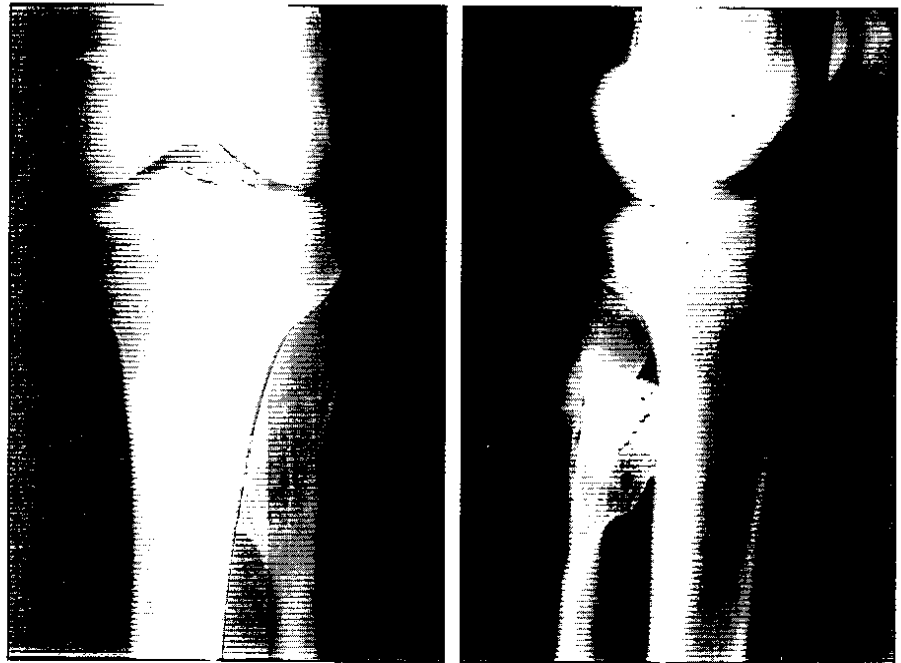


Abbildung 1: Kontrastmitteldarstellung der Venen im Bereich der proximalen Tibia. Deutlicher Kontrastmittelverhalt im Bereich der Exostose.

Abbildung 2: Röntgenbild der proximalen Tibia mit Kniegelenk in zwei Ebenen mit der typischen blumenkohlartigen Veränderung der proximalen Fibula.

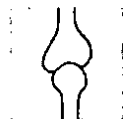


tung die Exostose mit Kompression auf das Gefäßnervenbündel.

Nach Entfernung des Skischuhs und im Verlauf der bildgebenden Verfahren kam es nach 24 Stunden zu einer spontanen Besserung der Beschwerden einschließ-

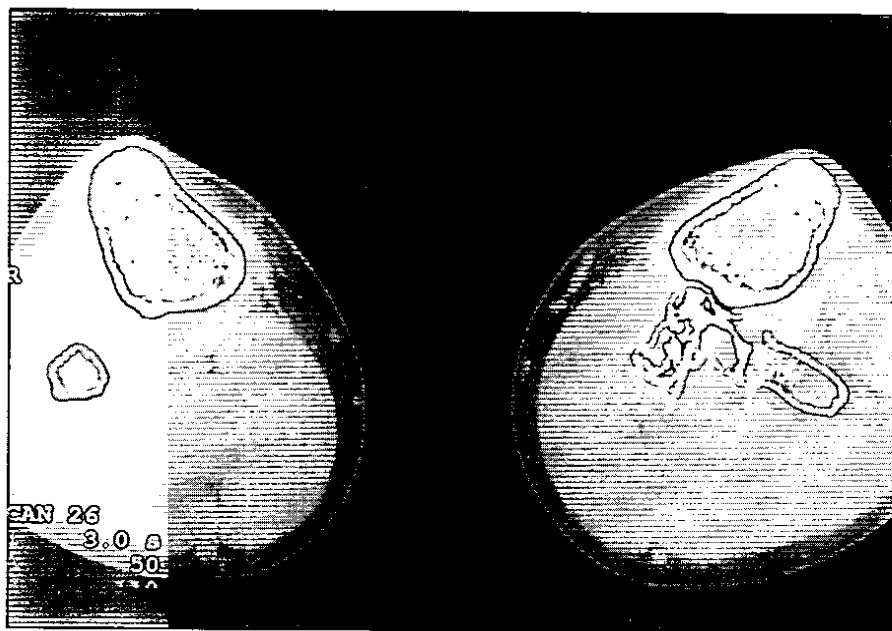
lich der Schwellung. Der Patient wurde auswärtig mit einem niedermolekularen Heparin antikoaguliert und an unser Institut überwiesen.

Bei der klinischen Untersuchung fand sich eine schmerzhafte und knochenhar-



te tastbare Schwellung im Bereich der proximalen Fibula. Thrombotische Zeichen bestanden zu diesem Zeitpunkt nicht mehr. Die neurologische Untersuchung war unauffällig. Da der Patient den starken Wunsch nach weiterer Ausübung des Skisports äußerte und damit thrombembolische Komplikationen in der Zukunft nicht auszuschließen waren, wurde die Indikation zur Resektion der Exostose gestellt. Diese wurde sechs Wochen nach der Thrombose durchgeführt. Intraoperativ wurde das Gefäßnervenbündel dargestellt und vorsichtig von der Exostose präpariert. Die Exostose mußte durchtrennt werden, um die Gefäße nicht zu verletzen. Abbildung 5 zeigt das Resektat mit der typischen dünnen weißlichen Knorpelkappe.

Postoperativ konnte der Patient am Folgetag unter Teilbelastung früh-mobilisiert werden. Drei Wochen nach dem Eingriff war der Patient wieder voll belastbar. Zwei Monate postoperativ war der Patient beschwerdefrei und hatte die volle Funktion seines Unterschenkels wiedererlangt. Sechs Monate später konnte er uneingeschränkt skilaufen.



△  
Abbildung 3: Die computertomographische Darstellung zeigt die exostotische Veränderung der proximalen Fibula mit ihrer Ausdehnung zur Tibia und in die Weichteile.



Abbildung 4: Kernspintomographie mit T1-Wichtung zeigt die Exostose mit der Kompression auf das Gefäßnervenbündel.

#### Diskussion

Das dargestellte Fallbeispiel zeigt den Verlauf einer „Sportverletzung“ im Skischuh aufgrund einer Venenkompression durch eine Exostose. In der Literatur finden sich weitere Komplikationen, die durch eine Exostose verursacht werden können. Hierbei kann zwischen vaskulären, neurologischen und skelettären Komplikationen differenziert werden. Im Rahmen dieser Arbeit soll nur auf akute Komplikationen eingegangen werden. Wachstumsdeformitäten im Sinne von Längendifferenzen und Achsabweichungen, sowie arthrotische Veränderungen, wie man sie von der Exostosenkrankheit kennt, werden hier nicht berücksichtigt, da es sich um chronische Veränderungen handelt.

Zu den vaskulären Komplikationen zählen Thrombosen, Aneurysmen und Rupturen von Gefäßen. *Keeling et al.* (12) beschreiben eine tiefe Venenthrombose beim Reitsport bei einer 11-jährigen Patientin mit einer seit zwei Jahren bekannten Exostose am Femur. Die Vena poplitea rekanalisierte nach zwei Tagen und die Patientin wurde mit Vitamin-K

Antagonisten antikoaguliert. Nach 10 Wochen wurde die Exostose reseziert. Zwei Monate später war die Patientin beschwerdefrei.

*Cook und Galland* (5) berichten über eine Stenose der Arteria poplitea durch Kompression einer Exostose. Ein chirurgischer Eingriff war notwendig um die claudicatioartigen Beschwerden zu bessern.

*Lieberman et al.* (15) und *Asselineau et al.* (1) beschreiben ein Pseudoaneurysma der Arteria poplitea, ausgelöst durch eine Exostose des distalen Femurendes. Nach Exzision der Exostose und Versorgung des Pseudoaneurysmas mit einem Venenpatch der Vena saphena war der Patient geheilt.

*Etienne et al.* (8) beschreiben eine Perikardruptur, die durch eine herznahe Exo-

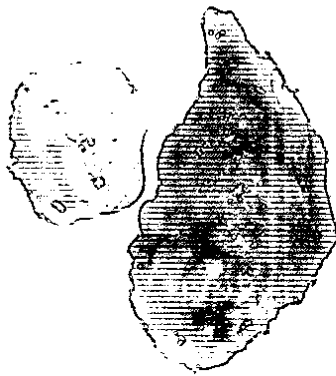


Abbildung 5: Das Resektat mit der typischen dünnen weißlichen Knorpelkappe einer ausgebreiteten gutartigen Exostose.

stöße verursacht wurde. *Khaira et al.* (13) beschreiben eine arteriovenöse Thrombose ausgelöst durch eine knienahere Exostose im Femur.

Die neurologischen Komplikationen beinhalten Nervenkompressionserscheinungen mit entsprechenden Ausfallerscheinungen. *Cardelia et al.* (3) fassen sechs Fälle mit einer Peroneusparese, ausgelöst durch eine Exostose in der proximalen Fibula, zusammen. Sie stellen fest, daß diese seltene Komplikation frühzeitig operativ behandelt werden sollte, damit bleibende Schäden vermieden werden.

*Witthaut et al.* (20) berichten über einen 11-jährigen Patienten mit Parese des Nervus axillaris aufgrund einer Exostose des proximalen Humerus. Die Resektion der Exostose führte zur kompletten Remission der Parese. *Coenen et al.* (4) stellen einen Fall mit hoher Radialisparese im Rahmen einer Humerusexostose dar. *Labram und Mohan* (14) beschreiben zwei Fälle in denen die Exostosen in Nähe des Spinalkanals lagen. In einem Fall fand sich die Exostose im Bereich der Lamina von C2 bei einem neunjährigen Jungen. Im zweiten Fall in Höhe C5 bei einem 45-jährigen Mann. Ein chirurgischer Eingriff war in beiden Fällen aufgrund von Beschwerden und intermittierenden neurologischen Ausfällen indiziert.

*Kauczor et al.* (11) fanden eine intraspinale kartilaginäre Exostose als Ursache eines Brown-Sequard-Syndroms. Eine von *Slavotinek et al.* (17) beschriebene Exostose des Atlas führte zur Kompression des zehnten und zwölften Hirnnerven.

Bei den skelettären Komplikationen handelt es sich um Bursitiden, freie Gelenkkörper, Engpaß-Syndrome und Weichteilverletzungen.

*Gupta et al.* (10) stellen einen Fall einer Exostose im Bereich der ersten Rippe dar, die zu einer Bursitis mit Ausdehnung in den Brustraum führte. Ein thoraxchirurgischer Eingriff war notwendig. *Low et al.* (16) fanden zwei Fälle im Alter von 5 und 11 Jahren mit Sprunggelenksbeschwerden, bei denen eine Exostose im Knöchelbereich abgelöst wurde und einen freien Gelenkkörper verursachte. *Dendale et al.* (17) berichten über einen 12-jährigen Jungen mit multiplen Exostosen, bei dem eine rippenstämmige Exostose zunächst zu Thoraxbeschwerden mit einem Pleuraerguss führte. Die eingeleitete Therapie mit nichtsteroidalen Antirheumatika sowie Antibiotika führte zu keiner Besserung. Nach Pleurapunktion und Drainage eines Hämatothorax kam es zur Besserung, und der Patient wurde beschwerdefrei. *Suzuki et al.* (18) schildern einen 21-jährigen Patienten, bei dem es durch eine Exostose der 7. Rippe zum Pneumothorax kam. Der operative Eingriff zeigte eine Ruptur des unteren Lungenlappens. *Van der Maren et al.* (19) beschreiben den Fall einer 47-jährigen Patientin, die sich mit Schulterbeschwerden vorstellte. Klinisch fand sich das typische Bild einer Rotatorenmanschettentendinitis mit positivem Jobe-Test. Das CT zeigte eine Exostose im distalen Bereich der Clavicula mit Kontakt zum Coracoid und Musculus supraspinatus als Ursache der Beschwerden. Die Resektion führte zur Beschwerdefreiheit. *Ben Hamouda et al.* (2) sowie *Cuomo et al.* (6) stellen Fälle mit ausgeprägter Schleimbeutelvergrößerung durch eine Exostose der Skapula vor. In einem Fall kam es zum akuten Schulterblatthochstand. Die starke Schwellung simulierte klinisch und radiologisch eine sarkomatöse Entartung. *Gabel et al.* (9) schildern im Rahmen ihrer Ergebnisse nach Dekompression des Flexor carpi radialis Tunnels drei durch Exostosen verursachte Fälle, wobei nicht angegeben wird, ob es sich um echte kartilaginäre Exostosen oder reaktive Exostosen handelt.

Der vorliegende Fall sowie die Literaturübersicht zeigen, daß kartilaginäre Exostosen zu vaskulären, neurologischen und skelettären Komplikationen

führen können. Eine Venenthrombose kann auch bei einem Patienten ohne zugrundeliegende Koagulopathie durch eine Exostose verursacht werden. Die zunächst eingeleitete gerinnungshemmende Therapie kann zur spontanen Rekanalisierung der Vene führen. Die Resektion der Exostose ist bei Auftreten von Komplikationen in den meisten Fällen indiziert und bewirkt häufig Beschwerdefreiheit.

Weiterhin besteht die operative Indikation bei Exostosen, die nach Abschluß des Wachstums an Größe zunehmen oder schmerzhaft werden. Bei der Abtragung ist darauf zu achten, daß die gesamte Basis und Knorpelkappe entfernt wird, um ein Rezidiv zu vermeiden.

#### Literatur

1. Asselineau, A., P. Coubret, J.C. Lahoud: Faux aneurysme de l'artère femorale compliquant une exostose. Rev.Chir.Orthop.ReparatriceAppar.Mot. 79, (1993) 5, 411-414.
2. Ben-Hamouda, M., M. Allegue, N. Bergaoui, J. Dahmene, S. Korbi, T. Moula, A. Gannoui: Exostose scapulaire compliquée de bursite. A propos d'un cas. Tunisie J.Radiol. 74, (1993) 3, 143-146.
3. Cardelia, J.M., J.P. Dormans, D.S. Drummond, R.S. Davidson, C. Duhaime, L. Sutton: Proximal fibular osteochondroma with associated peroneal nerve palsy: a review of six cases. Philadelphia, Pennsylvania/USA. J.Pediatr.Orthop. 15 (1995) 5, 574-577.
4. Coenen, L., J. Biltjes: High radial nerve palsy caused by a humeral exostosis: a case report. J.Hand.Surg.A. 17, (1992) 4, 668-669.
5. Cook, T.A., R.B. Galland: Popliteal artery entrapment caused by bony exostosis. U.K. Eur.J.Vasc.Endovasc.Surg., 11 (1996) 2, 238-239.
6. Cuomo, F., K. Blank, J.D. Zuckermann, D.A. Present: Scapular osteochondroma presenting with exostosis bursata. Bull. Hosp. Jt. Dis. 52, (1993) 2, 55-58.
7. Dendale, J., S. Amram, S. Dernakar, R. Guillaud, D. Lesbros: Une complication rare de la maladie exostosante: l'hemothorax. Arch.Pediatr. 6, (1995), 548-550.
8. Etienne, G., C. Vieyres, J. Giraud, J.B. Chavoix: Perforation pericardique par une exostose osteogenique. Presse-Med. 24, (1995) 37, 1753.
9. Gabel, G., A.T. Bishop, M.B. Wood: Flexor carpi radialis tendinitis. Part II: Results of operative treatment. J. Bone. Joint. Surg. Am. 76, (1994) 7, 1015-1018.
10. Gupta, N.K., S. Gaikwad, H.K. Pande, M. Phansopkar, V.K. Gupta: First-rib exostosis bursa. Ann.Thorac.Surg. 61 (1996) 1, 219-220.





11. *Kauczor, H.U., M. Marin, Grez, F. Guckel, M.V. Knopp*: Intraspinale kartilaginäre Exostose als Ursache eines Brown-Sequard-Syndroms. Forschungsschwerpunkt radiologische Diagnostik und Therapie. *Rofo.Fortschr.Geb.Röntgenstr.Neuern.Bildgeb.Verfahr.* 158, (1993) 1, 82-84.
12. *Keeling, S.L., A. Numa, P. Wilde, J. McLellan*: Deep venous thrombosis caused by femoral exostosis. *Parkville, VIC. Med.J.Aust.*, 158 (1993), 1, 50-51.
13. *Khaira, H.S., A. Parnell, M.C. Crowson*: Femoral exostosis presenting with deep vein and arterial thrombosis. *U.K. Br.J.Surg.* 82, (1995) 7, 911.
14. *Labram, E.K., J. Mohan*: Diaphyseal aclasis with spinal cord compression. Report of two cases and review of the literature. *J.Neurosurg.* 84, (1996) 3, 518-521.
15. *Liebermann, J., J. Mazzucco, E. Kwasnik, R. Loyer, D. Knight*: Popliteal pseudoaneurysm as a complication of an adjacent osteochondroma. *Conn. Ann. Vasc. Surg.* 8, (1994) 2, 198-203.
16. *Low, C.K., A.K. Mitra, N. Balachandran*: Exostosis presenting as solitary loose body in the ankle of two children. *Ann. Acad. Med. Singapore* 24, (1995) 3, 455-458.
17. *Slavotinek, J.P., B.P. Brophy, M.R. Sage*: Bony exostosis of the atlas with resultant cranial nerve palsy. *Neuroradiology* 33, (1991) 5, 453-454.
18. *Suzuki, T., G. Hori, T. Yoshimatsu, K. Andoh*: A case of pneumothorax in a patient with costal exostosis. *Nippon Kyobu Geka. Gakkaizasshi* 39, (1991) 7, 1077-1080.
19. *Vander-Maren, C., B. Guillaumie, J. Hüge, A. Bodart, C. van Ruyssvelt*: Osteochondrome de la clavicule et syndrome douloureux de lépaule. A propos d'un cas. *Revue de la littérature. Rev.Chir.Orthop.Reparatrice.Appar.Mot.* 80, (1994) 4, 334-337.
20. *Witthaut, J., K.J. Steffens, E. Koop*: Intermittent axillary nerve palsy caused by a humeral exostosis. *J.Hand.Surg.Br.* 19, (1994) 4, 422-423.

#### Anschrift für die Autoren:

Dr. Norbert Lindner  
Klinik und Poliklinik für Allgemeine Orthopädie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster  
Albert-Schweitzer-Str. 33  
48149 Münster  
Tel.: 0251/837901  
Fax : 0251/837989

## Forschungsförderung des Bundesinstituts für Sportwissenschaft

Nachfolgend veröffentlichen wir die aktualisierten Schwerpunkte in der Leistungssportforschung, die für die Forschungsförderung des Bundes als Orientierung dienen werden. Die Projektnehmer sollten diese Schwerpunkte nach Möglichkeit bereits bei Ihrer Antragstellung für 1998 (Abgabedatum 31. 8. 97) berücksichtigen. Neben mittelfristigen Schwerpunkten werden aktuelle Themen benannt, die eine Untersetzung durch die Fachausschüsse und Wissenschaftsdisziplinen erfahren haben (siehe Anlage). Das schließt nicht die dringende Notwendigkeit der Beantragung und Förderung auch interdisziplinärer Forschungsprojekte aus. Diese Forschungsschwerpunkte sind nicht nur für ein Jahr Gültigkeit konzipiert.

### Schwerpunkte in der Leistungssportforschung

#### 1. Vorbemerkung

Die Themenfelder praxisorientierter Leistungssport-Forschung ergeben sich aus dem gültigen „3. Schwerpunktprogramm der sportwissenschaftlichen Forschung“ des BISP (1986) und aus den „Aktuellen Forschungsorientierungen des Leistungssports des DSB/BL (1997)“ sowie aus dem „Programm zur Förderung der Forschung im Nachwuchsleistungssport“ des BiSp (1994).

Diese Programme sind als mittelfristige Orientierung der Förderung der universitären Forschung und der Projektplanung von IAT und FES anzusehen.

Aktuelle Präzisierungen im Sinne von herausgehobenen Schwerpunkten sind das Ergebnis vielfältiger Diskussionen mit Vertretern der Sportfachverbände, insbesondere mit Trainern, dem DSB/BL, mit Wissenschaftlern der verschiedenen sportwissenschaftlichen Disziplinen und mit den Mitgliedern der Fachausschüsse des BISP. Sie ergeben sich nicht zuletzt auch aus den Analysen von DSB/BL, IAT, FES und BiSp im Anschluß an die Olympischen Spiele 1996 in Atlanta. Zu den aus fachwissenschaftlicher Sicht von den Fachausschüssen

des BISP vorgenommenen Präzisierungen sei auf die Anlage verwiesen.

Mit solchen aktuellen Präzisierungen wird das Ziel verfolgt, der universitären Forschung Orientierungen zu bieten sowie IAT und FES zu Modifizierungen der Forschungsplanung zu veranlassen

#### 2. Mittelfristige Schwerpunkte

Es sind folgende für die Leistungssportforschung relevanten Themenfelder im Sinne von mittelfristigen Schwerpunkten zu unterscheiden:

- Wert des Leistungssports für Individuum und Gesellschaft
- Gesellschaftliche Rahmenbedingungen für eine effektive Förderung des Leistungssports
- Prognose individueller Leistungsentwicklungen
- Sportliche und außersportliche Karriereverläufe und -erwartungen von Nachwuchs- und Hochleistungssportlern
- Finanzierung des Leistungssports
- Rekrutierung von sportlichen Talenten
- Modelle effektiven Nachwuchs- und Hochleistungstrainings
- Modelle effektiver (u. a. pädagogischer, psychologischer, sozialer und medizinischer) Betreuung von Nachwuchs- und Hochleistungssportlern im Hinblick auf optimale individuelle Förderung und Risikominimierung
- Analyse von Trainingswirkungen auf unterschiedlichen Trainingsstufen und in verschiedenartigen Trainingszyklen
- Weiterentwicklung von Trainingsmethoden (auf einzelne Trainingsarten, Trainingsstufen und Trainingszyklen bezogen)
- Weiterentwicklung von komplexen Modellen der Trainingssteuerung und -regelung
- Weiterentwicklung von Wettkampfsystemen insbesondere im Nachwuchs-sport
- Wirkungsvolles und verantwortungsbewußtes Trainerhandeln
- Verbesserung der Analysemethoden zur Bekämpfung des Doping
- Funktionalität, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit von Sportstätten, insbesondere im Leistungssport