

KAMIL SERWATKA

PALEOLITYCZNA BRONŃ MIOTANA W ŚWIETLE NOWYCH BADAŃ I ANALOGII ETNOGRAFICZNYCH

PALAEOLITHIC PROJECTILE TECHNOLOGY IN THE SCOPE OF NEW RESEARCH AND ETHNOGRAPHIC ANALOGIES

Abstract: The issue of projectile technology is an interesting aspect within the studies on hunter-gatherer societies of the palaeolithic period. Hunting was the basic subsistence strategy at least since the Middle Palaeolithic. At the same time hunting remains are a relatively poorly understood element of hunters-gatherers life. This is due to the fact, that most organic components of palaeolithic hunting weapons are not preserved. Conversely, the progress in the research on palaeolithic projectile technology in past two decades lead to the development of interesting methods and concepts. The aim of this paper is to present the results of the aforementioned research, which will hopefully encourage scholars to approach the subject of hunting and projectile technology in a larger extent.

Keywords: Palaeolithic, projectile technology, ethnographic analogies, theory of archaeology

WSTĘP

Wynalezienie broni miotanej było jednym z najważniejszych osiągnięć łowców i zbieraczy epoki kamienia. Opanowanie zdolności do zabijania zwierzyny łownej na odległość przyczyniło się do rozszerzenia zakresu diety archaicznych ludzi, poprzez włączenie w jej obręb trudnych dotąd do zdobycia gatunków fauny. Polowania na kolejne gatunki zwierząt stymulowały z kolei migracje i umożliwiły zasiedlanie nowych terytoriów (Shea, Sisk 2010).

Wśród większości archeologów istnieje opinia, że technologia broni miotanej była powszechnie znana w Europie po 40–45 ka (Knecht 1997; McBrearty, Brooks 2000; Henshilwood, Marean 2003), jednak trudno określić, jakimi dokładnie rodzajami broni posługiwali się łowcy i zbieracze górnego paleolitu. Większość elementów broni miotanej była wykonana z nietrwałych materiałów organicznych, co wpływa negatywnie na możliwość ich przetrwania do naszych czasów.

Najczęściej jedynymi komponentami wyposażenia łowieckiego z paleolitu, które miały szansę się zachować, są kamienne groty lub ich fragmenty. Z tego względu artefakty, zwane ostrzami, stanowią materiał najczęściej analizowany, w celu uzyskania

K. Serwatka, kamserw@gmail.com, Muzeum Archeologiczne i Etnograficzne w Łodzi, Dział Starszej i Środkowej Epoki Kamienia, Plac Wolności 14, 91-415 Łódź

odpowiedzi na pytania o związane z nimi systemy broni, stosowane przez łowców i zbieraczy epoki kamienia (Fenenga 1953; Thomas 1978; Shott 1997; Shea 2006; Sano 2016; Borrell, Stefanisko 2016).

Podczas kilku ostatnich dekad rozwój badań nad technologią prehistorycznej broni miotanej doprowadził do wypracowania interesujących koncepcji. Niniejszy artykuł stanowi prezentację wyników tych badań.

SYSTEMY BRONI MIOTANEJ W EPOCE KAMIENIA

Każda broń łowiecka ma cechy systemu, ponieważ angażuje różne elementy, które są ze sobą połączone w celu realizacji określonego zadania, jakim jest zabicie lub unieruchomienie zwierzyny. Najbardziej generalny podział broni miotanej, stosowanej w epoce kamienia, obejmuje występowanie systemów prostych i złożonych (Shea 2006; Shea, Sisk 2010; Sisk, Shea 2011). W przypadku broni prostej pocisk jest miotany wyłącznie siłą ludzkich mięśni, bez stosowania urządzeń napędzających. Do tego typu broni można zaliczyć np. kije do rzucania, bolasy, włócznie czy ręczne oszczepy. W przypadku złożonych systemów broni miotanej występują mechanizmy zwiększające siłę napędu pocisku, takie jak miotacze oszczepów czy łuki.

Trudno dokładnie określić, kiedy i w jaki sposób doszło do wynalezienia broni miotanej. W kontekście ewolucji ludzkich zachowań, jej stosowanie często uznaje się za cechę charakterystyczną dla ludzi współczesnych (Brooks *et al.* 2006; Shea 2006; 2009; Shea, Sisk 2010; Sisk, Shea 2011; Knecht 1997: 261–381), jednak odkrycie w latach dziewięćdziesiątych ośmiu oszczepów sprzed około 400 tys. lat na stanowisku dolno-paleolitycznym w Schöningen koło Brunszwiku w Dolnej Saksonii (Thieme 1997) sugeruje, że już w dolnym paleolicie ludzie mogli używać broni miotanej do polowania.

Konstrukcja systemów broni miotanej wymaga znajomości sposobów trwałego łączenia ze sobą różnych surowców (organicznych i nieorganicznych) oraz wytwarzania pocisków, z uwzględnieniem ich wymogów balistycznych, takich jak odpowiednia waga, asymetryczna konstrukcja i balans (Lombard 2005; Lombard, Wadley 2016).

Według niektórych badaczy asymetryczna konstrukcja drewnianych artefaktów z Schöningen oraz fakt, że zostały one odkryte wraz ze szczątkami fauny występującej w otwartym krajobrazie (głównie koni), stanowi argument na ich zastosowanie jako oszczepów służących do polowania. Eksperymenty przeprowadzone z replikami tych wyrobów wskazują, że faktycznie mogą one być miotane na odległość do 70 m (Golek, Rieder 1999; Rieder 2003), jednak w przypadku broni łowieckiej nie ma znaczenia maksymalna odległość, na jaką wędruje pocisk, ale tzw. odległość efektywna, czyli taka, która pozwala pociskowi skutecznie unieruchomić lub zabić zwierzynę (tabela 1). Warto też zaznaczyć, że tzw. oszczepy z Schöningen są znacznie większe od oszczepów, czy nawet włóczni, używanych do polowania wśród obecnie żyjących społeczności zbieracko-łowieckich, co dla niektórych stanowi powód do zakwestionowania koncepcji o zastosowaniu ich jako broni miotanej (Schmitt *et al.* 2003; Shea 2006).

Tabela 1. Średnia efektywna odległość dla ważniejszych systemów broni łowieckiej. Dane uzyskano w toku badań etnograficznych i eksperymentalnych (wg Churchill, Rhodes 2009)

Rodzaj broni	Efektywna odległość w metrach (średnia)
Włócznia	bezpośredni kontakt
Ręczny oszczep	5,7 (SD=2,2, n=13)
Miotacz oszczepów	39,6 (SD=5,5, n=9)
Łuk	25,8 (SD=2,5, n=25)

Tabela 2. Cechy systemów broni łowieckiej wyróżnione przez P. Bleeda (1986)

Systemy niezawodne (ang. <i>reliable weapon systems</i>)	Systemy wymagające napraw (ang. <i>maintainable weapon systems</i>)
1. Poszczególne części są bardziej wytrzymałe, niż muszą być	1. Poszczególne części są łatwo dostępne i wymienne
2. Długi czas wykonania i skomplikowana metoda produkcji	2. Elementy systemu produkowane seryjnie i wymienne
3. Dobór odpowiednich, często rzadkich surowców	3. Surowce do ich produkcji są łatwo dostępne
4. Naprawiane rzadko i przez fachowców	4. Naprawiane na bieżąco w toku użytkowania
5. Używane przez specjalistów podczas trudnych czynności	5. Łatwe w użyciu

Definicja tzw. prostych i złożonych systemów broni miotanej została niedawno zakwestionowana przez V. Rots i H. Plissona (2013) jako mało obiektywna. Ich zdaniem, bardziej odpowiednia wydaje się klasyfikacja, traktująca zasięg jako wyznacznik zaawansowania technologicznego broni łowieckiej. Tę cechę broni miotanej akcentowali również S.E. Churchill i J.A. Rhodes (2009).

Inny podział prehistorycznej broni łowieckiej, autorstwa P. Bleeda uwzględnia dążenie do optymalizacji ilości czasu i energii przeznaczonych na jej wykonanie (Bleed 1986). W tym ujęciu P. Bleed wyróżnia tzw. systemy niezawodne (ang. *reliable weapon systems*) oraz wymagające częstych napraw (ang. *maintainable weapon systems*) (tabela 2). Zastosowanie broni pierwszego lub drugiego rodzaju zależy od takich czynników, jak dostępność do surowców, z których wytwarzane są poszczególne elementy broni, częstotliwość polowań, mobilność czy preferowane techniki łowieckie.

MECHANIKA I WYMOGI BALISTYCZNE PREHISTORYCZNEJ BRONI MIOTANEJ

Główna zasada działania prehistorycznej broni miotanej polegała na przeniesieniu energii wyprodukowanej przez ludzkie mięśnie na napędzany pocisk. Ze względu na stosunkowo prostą konstrukcję broni używanych w paleolicie, takich jak jedno-częściowe łuki czy miotacze oszczepów, pociski napędzane przez te mechanizmy odznaczały się zapewne niewielką prędkością.

Siła grawitacji, działająca na taki pocisk, sprawia, że porusza się on po bardziej zakrzywionej trajektorii w porównaniu np. ze strzałami, wystrzelowanymi ze współczesnych łuków, które mają względnie dużą siłę naciągu (Cotterell, Camminga 1992, 163). Z tego względu, aby oddać efektywny strzał, prehistoryczny łucznik musiał przede wszystkim odpowiednio ocenić dystans, który dzieli go od celu oraz wybrać odpowiedni punkt do strzału, biorąc pod uwagę paraboliczny tor lotu pocisku (Burke 1954; Klopsteg 1939).

W przypadku pocisków linearnych, takich jak oszczepy czy strzały, przekaz energii podczas wystrzelenia nie jest pełny i dlatego część siły zostaje rozproszona w drzewcu. To powoduje niewielkie oscylacje drzewca na boki w pierwszej fazie lotu, kiedy trajektoria pocisku ulega stabilizacji. Niepoprawnie dobrana sztywność drzewca może spowodować odchylenie pocisku od pożądanego toru lotu, czyli zjawisko określane potocznie jako paradoks łucznika (np. Kooi 1998).

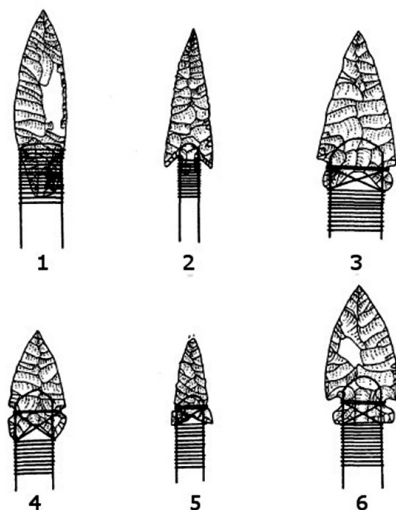
Podczas lotu pocisk o kształcie linearnym napotyka na opór powietrza, wywołujący jego rotację wokół własnej osi (Cundy 1989; Cotterell, Kamminga 1992). Ten moment obrotowy może zaburzyć tor lotu, jeśli pocisk jest źle wyważony lub kiedy grot jest zbyt ciężki w stosunku do drzewca.

Efektywność prehistorycznej broni łowieckiej polegała na zdolności do zadawania możliwie dużych i głębokich ran, które zwykle powodowały unieruchomienie lub śmierć ofiary poprzez utratę krwi (Burke 1954; Fischer 1985; Friis-Hansen 1990). Im głębiej pocisk był w stanie wbić się w ciało zwierzyny, tym większa była szansa na przerwanie ważnych naczyń krwionośnych i spowodowanie obrażeń wewnętrznych (w przypadku dużych kopytnych wystąpienie takich urazów jest możliwe od 20 cm w głąb ciała; Friis-Hansen 1990). Z tego względu zdolność do efektywnej penetracji jest uważana za jedną z najważniejszych cech pocisków prehistorycznej broni miotanej.

Aby polepszyć tę właściwość pocisku, należy zwiększyć jego wagę i prędkość początkową, przy jednoczesnym zmniejszeniu powierzchni przekroju grotu (Hughes 1998). Jest to związane z zależnością między masą a prędkością pocisku, czyli im większa jest masa, tym mniejsza jest osiągnięta prędkość początkowa.

Zwiększenie masy spowoduje w tym wypadku wytworzenie większej siły kinetycznej pocisku, co poprawi jego zdolność do penetracji kosztem prędkości. Zwiększenie całkowitej wagi strzały lub oszczepu może być osiągnięte na przykład przez użycie drewna o większej gęstości do wykonania drzewca czy przez uzbrojenie go w cięższy grot.

Innym sposobem na optymalizację wyżej wymienionych cech mogłoby być zastosowanie silniejszego mechanizmu napędzającego. Biorąc jednak pod uwagę możliwości paleolitycznych łowców i zbieraczy w zakresie konstrukcji broni miotanej, należy przypuszczać, że maksymalna siła tej broni była ograniczona ze względu na brak odpowiednich surowców organicznych do wykonania silniejszych łuków. W związku z tym poprawienie zdolności prehistorycznej broni miotanej w zakresie zadawania większych obrażeń polegało raczej na manipulowaniu cechami samego pocisku i skracaniem efektywnego dystansu strzału.



Ryc. 1. Zróżnicowanie ostrzy odkrytych w nawarstwie- niach stanowiska Mummy Cave w stanie Wyoming, USA: 1 – ostrze lancetowate; 2 – ostrze z ramionami w formie odstających zadziórów; 3,4 – ostrza z roz- szczepioną podstawą; 5,6 – ostrza z prostą podstawą i bocznymi wnękami (wg Hughes 1998)

Grot pocisku jest elementem, który jako pierwszy wchodzi w kontakt z ciałem ofiary, dlatego jego waga i morfologia są bardzo istotne dla efektywnego działania. Ze względu na stosunkowo niewielką prędkość prehistorycznych pocisków, kształt grotu istotnie wpływa na zdolność do penetracji ciała ofiary. Optymalny pod tym względem jest grot o ostrym kącie wierzchołka, ze stopniowo rozszerzającymi się kra- wędziami i dwuwypukłym przekroju (Christenson 1986; Friis-Hansen 1990). Zbieżne krawędzie i ostro zakończony wierzchołek skupiają siłę nacisku w jednym punkcie, co redukuje ilość energii wymaganej do przebicia skóry. Z kolei stopniowo rozsze- rzające się krawędzie otwierają ranę, przez którą przechodzi drzewiec, powodujący poważniejsze obrażenia.

Ważna jest nie tylko morfologia samego grotu, ale również rodzaj przejścia mię- dzy nim a drzewcem (ryc. 1). Obecność jakichkolwiek wypustek czy zadziórów w tej części oszczepu lub strzały będzie naturalnie zwiększać opór, ograniczając zdolność do penetracji ciała (Hughes 1998, 357). Biorąc jednak pod uwagę sposób działania pocisków prehistorycznej broni miotanej, obecność zadziórów może ułatwić zablo- kowanie części drzewca wewnątrz ciała, co spowoduje większe obrażenia i szybciej unieruchomi ofiarę (Cundy 1989; Flenniken, Wilke 1989).

ANALOGIE ETNOGRAFICZNE

Elementy broni łowieckiej, odnajdywane na stanowiskach archeologicznych, dostar- czają fragmentarycznych informacji na temat ich dokładnego zastosowania. Należy pamiętać, że fragmenty strzał, łuków czy miotaczy oszczepów stanowią komponenty bardziej złożonego „systemu” (Christenson 1986). Aby uzyskać lepszy wgląd w za- stosowanie i funkcję elementów paleolitycznej broni miotanej, warto posłużyć się analogiami etnograficznymi.

Analogie między bronią łowiecką stosowaną w paleolicie oraz przez współczesne, lub do niedawna żyjące, społeczności zbieracko-łowieckie są dostrzegalne. Jest to spowodowane faktem, że konstrukcja pocisków oraz urządzeń je napędzających częściej podlega zasadzie konwergencji niż inne aspekty technologii łowców i zbieraczy. Dzieje się tak, ponieważ poprawne i efektywne funkcjonowanie broni miotanej jest uzależnione od wymogów aerodynamicznych i balistycznych. Te z kolei odwołują się do niezmiennych zasad fizyki, które pozostają takie same bez względu na uwarunkowania kulturowe czy ekologiczne.

Optymalizacja cech broni miotanej, wymienionych w poprzednim podrozdziale, zależy od wielu czynników, wśród których można wymienić rodzaj zwierzyny, na której poluje myśliwy, stosowane techniki łowieckie, porę roku czy lokalne tradycje kulturowe.

Jeden z głównych problemów, z jakim zmagają się społeczności zbieracko-łowieckie w zakresie polepszenia działania broni miotanej, polega na dążeniu do kompromisu między zwiększeniem siły kinetycznej pocisku a utrzymaniem jego prędkości. Wynika to z zależności masy od prędkości: cięższe pociski mają krótszy zasięg, ale mają większą siłę kinetyczną i zadają większe obrażenia, z kolei lżejsze pociski mają większy zasięg, ale nie powodują tak dużych obrażeń. Zjawisko to występuje również we współczesnym łucznictwie, gdzie cięższych strzał używa się do polowania, a lżejszych podczas sportowego strzelania do celu (Butler 1973; Higgins 1933).

Istnieją pewne ograniczenia w konstrukcji prostej broni miotanej, wynikające między innymi z braku odpowiednich technologii i surowców do produkcji silniejszych łuków (Beckhoff 1968; Bartram 1997). Zmuszało to prehistorycznych łowców do polepszania efektywności swojej broni poprzez manipulowanie cechami samych pocisków, takimi jak waga, rozmiar czy kształt.

W przypadku niektórych systemów broni miotanej dążenie do kompromisu między podstawowymi cechami pocisku, wynikającymi z zależności masa/prędkość, powoduje powstawanie swoistej dwoistości w konstrukcji oszczepów lub strzał. Ciekawy przykład takiego zjawiska zaobserwowano u tubylców australijskich.

W zależności od sytuacji, Aborygeni wykorzystują lekkie oszczepy o niewielkiej sile i dużej prędkości lub ciężkie oszczepy o mniejszej prędkości i większej sile kinetycznej (Cundy 1989). Zaletą oszczepów pierwszego rodzaju jest prędkość i większy zasięg, natomiast oszczepy drugiego rodzaju niosą ze sobą większą siłę podczas uderzenia. Aby poprawić zdolność lekkich oszczepów do zadawania większych obrażeń, Aborygeni zwykle zbroili je w bardzo ostre, kamienne groty (Davidson 1934, s. 61; Kelly 1970, 79–80).

Innym przykładem omawianego zjawiska są różnice w konstrukcji strzał Inuitów zamieszkujących Alaskę oraz północnoamerykańskich Indian. Strzały Inuitów są ciężkie, wyposażone w szerokie, bifacjalnie retuszowane kamienne groty. Jak zaobserwował J. Witthoft (1968), ich działanie polega przede wszystkim na wywołaniu szoku podczas trafienia strzałą z niewielkiej odległości. Strzały Indian z kolei są lekkie, szybkie i używane w polowaniu na większy dystans. Nie mają one dużej siły



Ryc. 2. Dwa podstawowe typy strzał używane przez łowców Agta, od góry: strzały z jednoczęściowymi grotami, na dole: strzały złożone. Warto zwrócić uwagę na generalne podobieństwo między konstrukcją tych strzał oraz morfologią ich grotów a budową nasad drzewców, odnalezionych w grobach 100 i 118a na cmentarzysku z Wyspy Jeleniej (por. ryc. 5. i 6) (wg Griffin 1997)

kinetycznej, ale ze względu na prędkość i konstrukcję grotu wnioskują głębiej, powodując obrażenia narządów wewnętrznych.

Jak widać, dostosowanie pocisków do wymogów mechanicznych i balistycznych, wynikających z zależności masa/prędkość, często skutkuje występowaniem zróżnicowania w konstrukcji pocisków, jak również morfologii samych grotów. Idealnym przykładem takiego stanu rzeczy są strzały łowców ludu Agta, zamieszkujących północno-zachodnią część wyspy Luzon na Filipinach (Griffin 1997).

Łowcy Agta polują w środowisku leśnym, które charakteryzuje się sezonową zmiennością, ze względu na występowanie pory suchej i deszczowej. Myśliwi Agta używają do polowania łuków i strzał, uzbrojonych w metalowe groty. Pomimo występowania wielu wariantów, strzały można generalnie podzielić na proste, czyli wyposażone w szerokie lancetowate groty, oraz strzały o konstrukcji złożonej, które mają specjalną nasadę z zadziórami oraz niewielki, smukły grot (ryc. 2).

W porze wilgotnej zwierzęta mają więcej pokarmu i są mniej płochliwe, a mokra ściółka leśna pozwala myśliwym na bliższe podejście zwierzyny. W tym okresie łowcy Agta zwykle używają jednoczęściowych strzał z dużymi, lancetowatymi grotami. Strzały o takiej konstrukcji są bardziej efektywne, ponieważ szybciej zadają śmierć z bliskiej odległości.

W porze suchej zwierzęta mają mniej pokarmu i są czujniejsze. Ponadto, wysuszone podłoże lasu powoduje większy hałas, który może wypłoszyć zwierzynę. W tym okresie myśliwi często musi oddać strzał z większej odległości. W takiej sytuacji myśliwi Agta wykorzystują złożone strzały z zadziórami. Są one lżejsze, a ich smukłe

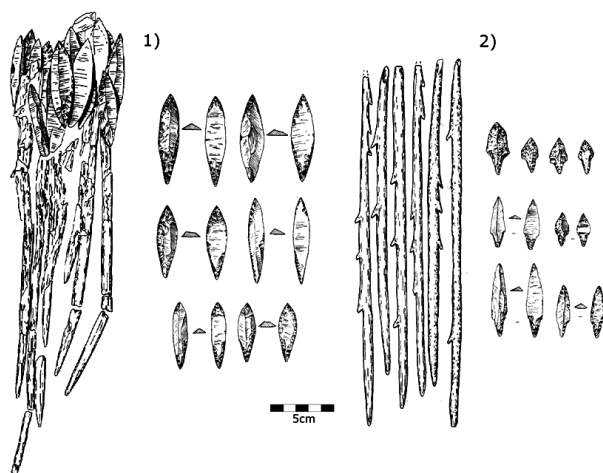
groty ułatwiają przebicie ciała i wprowadzenie w głąb nasady z zadziorami, a te z kolei zatrzymują część strzały wewnątrz ciała. Nasada jest połączona z drzewcem kawałkiem sznurka, który łatwo zaplątuje się w zarośla, uniemożliwiając zwierzęciu ucieczkę (ryc. 2).

Trudno znaleźć archeologiczny przykład takiej dwudzielności wśród pocisków broni miotanej, ze względu na fakt, że organiczne elementy strzał i oszczepów zachowują się bardzo rzadko. Jeden z nich pochodzi z mezolitycznego cmentarzyska na Wyspie Jeleniej, znajdującej się na jeziorze Onega (Gurina 1956).

W pochówkach numerowanych jako 100 oraz 118a cmentarzyska odkryto kościane nasady strzał, uzbrojone w kamienne groty. W grobie 100 nasady były gładkie i wyposażone w duże, lancetowate ostrza (ryc. 3:1). Z kolei w grobie 118a nasady były nieco cieńsze, zawierały rzadkie zadziory i były wyposażone w niewielkie ostrza trzpieniowate (ryc. 3:2).

Biorąc pod uwagę powyższe przykłady etnologiczne, można dojść do wniosku, że w przypadku znalezisk z Wyspy Jeleniej mamy do czynienia z takim samym zjawiskiem, czyli ze różnicowaniem w konstrukcji pocisków i grotów, wynikającym z dążenia do kompromisu między siłą kinetyczną a prędkością i zasięgiem strzała. Duże, lancetowate groty zbroją nasady pozbawione zadziorów, ponieważ ich zadaniem było najprawdopodobniej szybkie zabicie lub unieruchomienie zwierzęcy podczas oddawania strzału z niewielkiej odległości.

Z kolei uzbrojenie nasad z zadziorami w małe, trzpieniowate groty miało zapewne podobne przeznaczenie, jak w przypadku złożonych strzał myśliwych Agta. Ponadto,



Ryc. 3. Kościane nasady drzewców strzał wraz z grotami odnalezione w grobie 100 (1) oraz 118a (2) na cmentarzysku na Wyspie Jeleniej (wg Gurina 1956)

warto tu przytoczyć wniosek A. Christensona, który stwierdził, że konstrukcja pocisku i grotu staje się bardziej skomplikowana wraz ze zwiększeniem zasięgu strzału (Christenson 1986).

MIOTACZ OSZCZEPÓW CZY ŁUK?

Bardziej praktyczne podziały prehistorycznej broni miotanej uwzględniają również rodzaj mechanizmu napędzającego pociski. W badaniach nad górnym paleolitem najczęściej odnosi się to do dwudzielności między miotaczem oszczepów a łukiem (Cattelain 1997). Wiadomo, że oba rodzaje broni były wykorzystywane w paleolicie górnym Europy, jednak trudno powiązać z nimi poszczególne typy narzędzi kamiennych, odkrywane na stanowiskach archeologicznych.

Dane archeologiczne oraz etnologiczne, a także wyniki badań eksperymentalnych dostarczają informacji na temat konstrukcji i sposobu działania broni miotanej w epoce kamienia. Warto je przybliżyć w celu zrozumienia potencjalnych warunków stosowania łuku i miotacza oszczepów w paleolicie.

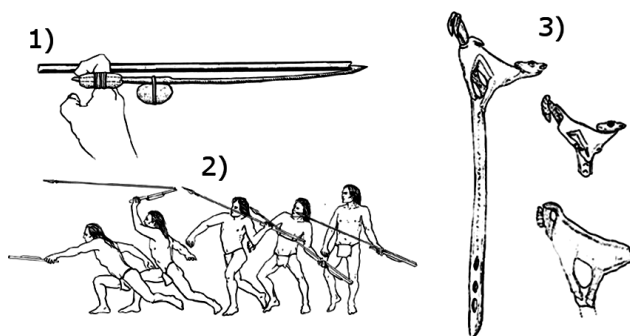
W okresie europejskiej kolonizacji Nowego Świata miotacze oszczepów (zwane również w języku azteckim *atlatlami*) były używane przez Aborygenów zamieszkujących pustynne obszary Australii, rdzenną ludność Arktyki (Inuitów) oraz Indian Ameryki Południowej. Broń ta była stosowana wyłącznie w otwartym terenie (Cattelain 1997, 215–219).

Wśród etnologicznych społeczności zbieracko-łowieckich miotacze służyły do polowania na zwierzęta lądowe, łowienia ryb oraz były wykorzystywane podczas walki. Celem użycia miotaczy oszczepów jest wywołanie znacznych obrażeń w wyniku przebiccia ciała pociskiem o dużej masie i sile kinetycznej. Według danych etnologicznych, oszczepy australijskich aborygenów były w stanie przebić na wylot, a nawet przybić do ziemi biegnącego kangura (Tindale 1925). Z kolei źródła etnologiczne z Ameryki Południowej z okresu kolonialnego świadczą, że oszczepy miotane przez atlatle Indian z plemienia Tapuya, zamieszkujących tereny dzisiejszej Brazylii w XVII wieku, z łatwością przebijały metalowe pancerze hiszpańskich żołnierzy (Prins 2010).

Aktualistyczne eksperymenty, przeprowadzane z replikami miotaczy oszczepów kultury magdaleńskiej, potwierdzają, że siła miotanego pocisku uzbrojonego w kamienny grot jest w stanie całkowicie przebić ciało zwierzęcia o rozmiarach sarny z odległości ponad 20 metrów (Cattelain 1991).

Zasada działania miotaczy polega na zwiększeniu inicjalnej siły pocisku przy pomocy ludzkich mięśni oraz prostego, jedno- lub dwuczęściowego urządzenia (ryc. 4: 1, 2). Miotacz oszczepów funkcjonuje jako przedłużenie ramienia, które wraz z miednicą, łokciem oraz nadgarstkiem tworzy system dźwigni napędzających oszczep (Howard 1974; Baugh 2002, ryc. 4).

Oszczepy do miotaczy są przeważnie długie, co dodatkowo utrudnia poruszanie się ugodzonej zwierzyny. Szybkie unieruchomienie celu eliminuje konieczność późniejszego pościgu lub tropienia (Churchill 1993, 18). Jest to istotne podczas polowania



Ryc. 4. Miotacz oszczepów: 1 – Przykładowy sposób trzymania miotacza wraz z nasadzonym oszczepem; 2 – Schemat ukazujący ruch ciała podczas rzutu; 3 – Miotacz oraz ozdobne zakończenia miotaczy kultury magdaleńskiej odkryte w jaskini Mas-d’Azil. Zakończenia wykonano w formie defekującego koziorożca (Bahn, Couraud 1982)

na zwierzęta leśne, wodne czy ptaki, które mogą łatwo umknąć myśliwemu (Oswalt 1976, 81).

Oszczepy, znane z badań etnologicznych, mają przeważnie rozmiary od 170 do 460 cm długości i ważą od 250 do 600 gramów (wyjątkiem są oszczepy i miotacze używane w obszarach arktycznych, por. Cattelain 1997: 229). Znaczne rozmiary oszczepów w połączeniu z ich dużą wagą i stosunkowo szerokim grotem wywołują szok podczas trafienia i powodują poważne obrażenia wewnętrzne.

Najstarsze dane potwierdzające stosowanie miotaczy oszczepów w postaci zachowanych elementów tej broni sprzed 25 tys. lat zostały odkryte w północno-zachodniej Afryce (Henke, Tattersall 2007), a w Europie w kulturze solutrejskiej (17 500 lat BP) oraz magdaleńskiej (12 500 lat BP) (Cattelain 1988; 1991).

Górnopaleolityczne miotacze oszczepów najprawdopodobniej były dwuczęściowe. Główny element stanowił pręt, wykonany z poroża, kości lub kości słoniowej, zakończony małym zadziorem, na który nasadzano oszczep lub długą strzałę (por. ryc. 4: 3). Miotacze oszczepów prawdopodobnie miały również drewniane uchwyty, które nie zachowały się do czasów współczesnych. Pręty górnopaleolitycznych miotaczy oszczepów były często rzeźbione w formie sylwetek zwierząt (ryc. 4: 3). Świadczy to o ważnej roli jaką odgrywała ta broń w życiu społeczności łowiecko-zbierackich.

Łuk jest stosowany bardzo powszechnie przez myśliwych różnych kultur na całym świecie (Knecht 1997). Uniwersalność tej broni jest wynikiem prostej konstrukcji, stosunkowo dużego zasięgu oraz celności strzału.

Konstrukcja łuku oraz mechanizm jego działania są proste. Łuk składa się z wygiętego pręta, zwanego łączyskiem, oraz cięciwy. Pociskiem jest strzała, czyli cienki długi

pręt wyrzeliwany z łuku. W chwili napinania cięciwy energia zostaje zakumulowana w wygiętych ramionach łuku, a po jej uwolnieniu cięciwa pchana jest w kierunku drzewca strzały, co powoduje jej wyrzelenie (Hamilton 1982).

Ze względu na rodzaj konstrukcji łuki używane w prehistorii można podzielić na:

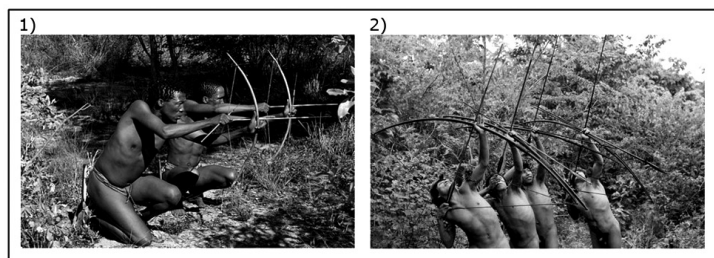
- łuki proste, zbudowane z jednorodnego materiału (najczęściej drewna);
- łuki wzmocnione, w których drewniany rdzeń jest dodatkowo wzmocniony elementami z kości lub poroża;
- łuki kompozytowe, złożone z kilku elementów tego samego lub różnych surowców (Bergman, McEwen 1997).

W przeciwieństwie do miotaczy oszczepów łuki są używane przez społeczności zbieracko-łowieckie w każdych warunkach wegetacyjnych i klimatycznych. Powoduje to duże zróżnicowanie wariantów konstrukcji łuków i strzał (ryc. 5). Dla przykładu: Buszmeni Kua, polujący na pustyni Kalahari, używają łuków o okrągłym przekroju i stosunkowo słabym naciągu (maksymalnie 50 lbs). Niewielka siła tych południowoafrykańskich łuków jest rekompensowana przez oddawanie strzału z bliskiej odległości oraz użycie silnej trucizny, którą Buszmeni nasączają groty strzał (Bartram 1997).

Z kolei łowcy Pumè, zamieszkujący obszary południowoamerykańskiej sawanny, używają dużych łuków i strzał (rozmiar strzały to około 170 cm długości oraz waga do 71 gramów), które mają podobne przeznaczenie jak oszczepy atlatli (Greaves 1997; ryc. 5).

Najstarszy łuk sprzed 17,5 tys. lat został odkryty w Mannheim, Niemcy (Rosendahl *et al.* 2006). Z kolei najstarsze strzały z łukiem zostały odkryte w torfowisku na stanowisku Stellmoor i są datowane na $\pm 11\ 000$ lat BP (Rust 1943; Bratlund 1991). Łuk ze Stellmoor miał prosty profil i był wykonany z drewna sosnowego. Oprócz tego na stanowisku odkryto około 100 strzał, z których kilka było uzbrojonych w kamienne ostrza ahrensberskie (Rust 1943).

Trudno stwierdzić, czy łuk ze Stellmoor był łukiem prostym. Biorąc pod uwagę zastosowanie do jego budowy drewna sosny, które charakteryzuje się małą



Ryc. 5. Zróżnicowanie wielkości łuków i strzał wśród współcześnie żyjących łowców-zbieraczy: 1 – Buszmeni San z Pustyni Kalahari; 2 – Myśliwi Awa zamieszkujący lasy tropikalne wschodniej części Niziny Amazonki (Greaves 1997; Bartram 1997)

wytrzymałością na naprężenia, niektórzy badacze sugerują, że łuk tego rodzaju najprawdopodobniej był wzmacniany dodatkowymi komponentami organicznymi, które uległy rozkładowi (Beckhoff 1968). Gwałtowne ochłodzenie klimatu, które nastąpiło podczas młodszego dryasu, mogło ograniczyć liczebność gatunków drzew bardziej odpowiednich do produkcji łuków, takich jak cis czy klon.

Można wskazać znaczne różnice w efektywności zastosowania miotaczy oszczepów i łuków. Obserwacje etnologiczne oraz eksperymenty przeprowadzane z miotaczami wskazują, że oszczepy mogą być miotane na efektywną odległość do około 40 metrów, natomiast w przypadku łuku odległość strzału wynosi 25–30 m (tabela 1). Należy przy tym zaznaczyć, że możliwość dokładnego celowania przy pomocy miotacza jest znacznie ograniczona w porównaniu z celnością łuku (Stodiek 1993).

Aby zbliżyć się do zwierzyny na odpowiednią odległość, myśliwy musi pozostać niezauważony. Duży rozmiar oszczepów oraz zakres ruchu niezbędny do oddania strzału (por. ryc. 6: 2) sprawiają, że miotacz jest bronią ograniczającą możliwość zbliżenia się do celu lub polowania w terenie zalesionym. Rozmiary łuku i strzał umożliwiają podejście zwierzyny na niewielki dystans i oddanie strzału z ukrycia (Bartram 1997, 340).

Kolejnym atutem łuku jest możliwość strzelania z dużą częstotliwością, niemal pod każdym kątem i w każdym kierunku. Pozwala to na polowanie między innymi na ptaki czy gatunki zwierząt, zamieszkujące korony drzew (Yu 2006; Shea, Sisk 2010). Możliwości wykorzystania miotaczy są w tym wymiarze bardzo ograniczone. Każdy strzał oddany z miotaczy oszczepów wymaga stosunkowo dużych nakładów energii, co powoduje, że zaledwie po kilku próbach zasięg i celność strzału poważnie maleją.

Warto również dodać, że dla nowicjuszy nauka strzelania z łuku jest o wiele łatwiejsza niż opanowanie zdolności miotania oszczepem (Cattelain 1997, 237). Obserwacje etnologiczne wskazują, że w społecznościach zbieracko-łowieckich dzieci już w wieku 6–8 lat otrzymują pierwsze łuki-zabawki, za pomocą których doskonalą celność i precyzję strzału (Petrequins, Petrequin 1990, 496).

Z nakreślonego wyżej porównania wynika, że łuki występowały obok mniej efektywnych miotaczy oszczepów. Należy pamiętać, że w pewnych regionach świata obie bronie były używane jednocześnie, np. w obszarach arktycznych czy Ameryce Środkowej (Yu 2006, 1).

KAMIENNE GROTY BRONI MIOTANEJ

Najczęściej, kamienne groty są jedynymi komponentami paleolitycznej broni miotanej, które miały szansę zachować się do czasów współczesnych. Z tego względu są one materiałem najczęściej analizowanym w celu uzyskania odpowiedzi na pytanie o zastosowanie i funkcję systemów broni miotanej w epoce kamienia.

Społeczności zbieracko-łowieckie egzystują w zróżnicowanych warunkach klimatycznych i ekologicznych. Środowisko naturalne oferuje im wiele surowców pochodzenia organicznego, które z powodzeniem mogłyby zostać użyte jako groty broni

miotanej, jak np. poroże, kość czy różne gatunki roślin (Ellis 1997: tab. 1–5). Ponadto, wykorzystanie skał do produkcji tak ważnych elementów broni, jak groty, wymaga poszukiwania surowców kamiennych o odpowiednich właściwościach fizycznych oraz angażuje skomplikowany proces ich obróbki. Co było zatem przyczyną tak częstego stosowania kamiennych grotów broni miotanej w prehistorii?

Badania etnologiczne wskazują, że oszczepy i strzały uzbrojone w kamienne ostrza zadają większe rany i są bardziej efektywne w przypadku polowania na dużą zwierzynę (Ellis 1997). Dodatkowym atutem jest łupliwość skał, która powoduje, że pod wpływem uderzenia grot często rozpada się na kilka fragmentów wewnątrz ciała, powodując dodatkowe obrażenia (Ellis 1997, 51–52).

Badania eksperymentalne, przeprowadzone niedawno z użyciem strzał uzbrojonych w kamienne i drewniane groty, potwierdzają, że groty kamienne powodują znacznie większe uszkodzenia tkanek i otwierają większe rany niż groty drewniane (Salem, Churchill 2016). Świadczy to o ich większej efektywności, szczególnie podczas polowań na duże zwierzęta lądowe.

W odniesieniu do kamiennych grotów nie sposób pominąć istotności badań tra-seologicznych. Analiza mikrośladów jest podstawową metodą, określającą funkcję artefaktów kamiennych jako elementów broni miotanej.

Większość narzędzi kamiennych była wykorzystywana podczas długotrwałych i powtarzalnych czynności, takich jak krojenie, skrobanie, wiercenie itp. Dzięki temu na ich powierzchniach powstały ślady w postaci wyświeceń czy wyszczerbień krawędzi, które są dostrzegalne pod mikroskopem.

W przeciwieństwie do narzędzi, takich jak drapacze, noże czy zgrzebła, czas użytkowania grotów broni miotanej obejmuje tylko moment uderzenia i przebicia ciała zwierzyny. Ten krótki i intensywny kontakt z materiałem o różnej gęstości (skóra, mięśnie, kości) powoduje powstawanie na powierzchni kamiennych grotów charakterystycznych śladów użytkowych, takich jak prążkowania, ślady liniowe czy makroskopowe pęknięcia (Fischer *et al.* 1984).

Identyfikacja grotów broni miotanej wśród zespołów narzędzi kamiennych jest zadaniem pozornie prostym, ale wymaga empirycznej weryfikacji. Ze względu na wymogi mechaniczne i aerodynamiczne, kamienne groty często odznaczają się specyficzną morfologią, a ich funkcję można zweryfikować poprzez badanie mikrośladów użytkowych. Stosowanie tej metody do identyfikacji elementów broni miotanej wymaga jednak ścisłego rygoru metodologicznego ze względu na możliwą subiektywność postrzegania niektórych śladów użytkowych (Rots, Plisson 2013).

WNIOSKI

Technologia broni miotanej stanowi niewątpliwie ciekawy i stosunkowo słabo jeszcze poznany aspekt życia paleolitycznych łowców i zbieraczy. Jednocześnie, źródła archeologiczne oferują dużą ilość informacji, która może dać pełniejszy wgląd w sposoby funkcjonowania broni miotanej oraz wykorzystywane techniki łowieckie.

Kwestię stanowi zastosowanie odpowiednich metod dla poprawnego badania tego złożonego problemu.

Przedstawione w niniejszym artykule wyniki badań świadczą, że lepszy wgląd w zastosowanie paleolitycznych systemów broni miotanej daje połączenie kilku różnych metod. Obecnie podstawowym aspektem w badaniach nad bronią miotaną w paleolicie jest zastosowanie analizy traseologicznej wyrobów kamiennych, by potwierdzić ich funkcję jako elementów broni miotanej. Dalsza weryfikacja może angażować analizy morfometryczne, w celu określenia dokładniejszej funkcji wyrobów. Dodatkowo, istotne jest zastosowanie badań eksperymentalnych oraz analogii etnograficznych, których znaczenie w archeologii jest często pomijane. Paleolityczne systemy broni miotanej miały względnie prostą konstrukcję i z tego względu pojawianie się podobnych mechanizmów, lub ich elementów, wśród współcześnie egzystujących społeczności zbieracko-łowieckich często okazuje się zjawiskiem konwergentnym.

Wśród artefaktów kamiennych, pochodzących ze stanowisk archeologicznych, istnieje wiele wyrobów, które mogłyby być potencjalnie zastosowane jako groty broni miotanej. Wyniki badań zawarte w niniejszym artykule prezentują szersze spektrum badań nad technologią broni miotanej w paleolicie i prezentują alternatywne podejście dla interpretacji zróżnicowania artefaktów kamiennych.

LITERATURA

- Bartram L.E. 1997. A Comparison of Kua (Botswana) and Hadza (Tanzania) Bow and Arrow Hunting, (w:) H. Knecht (red.), *Projectile Technology*. New York: Plenum, 321–345.
- Beckhoff K. 1968. Eignung und Verwendung einheimischer Holzarten für prähistorische Pfeilbogen, *Die Kunde* N.J. 19, 85–101.
- Bergman C.A., McEwen E. 1997. Sinew-Reinforced and Composite Bows: Technology, Function, and Social Implications, (w:) H. Knecht (red.), *Projectile Technology*. New York: Plenum, 143–160.
- Bleed P. 1986. The Optimal Design of Hunting Weapons: Maintainability or Reliability, *American Antiquity* 51 (4), 737–747.
- Borrell F., Stefanisko D. 2016. Reconstructing projectile technology during the Pre-Pottery Neolithic B in the Levant: An integrated approach to large tanged points from Halula, *Journal of Archaeological Science* 69, 130–142.
- Bratlund B. 1991. A Study of Hunting lesions Containing Flint Fragments on Reindeer Bones at Stellmoor, Schleswig-Holstein, Germany (w:) R.N.E. Barton, A.J. Roberts, D.A. Roe (red.), *The Late Glacial in Northwest Europe: Human Adaptation and Environmental Change at the End of the Pleistocene*, CBA Research Report 77.
- Brooks A., Yellen J., Nevell L., Hartman G. 2006. Projectile technologies of the African MSA: Implications for modern human origins, (w:) E. Hovers, S. Kuhn (red.), *Transitions before the transition*. New York: Plenum/Kluwer, 233–256.
- Burke E.H. 1954. *Archery Handbook*. New York: Arco.
- Butler D.F. 1973. *The New Archery*. Cranbury: A.S. Barnes.
- Cattelain P. 1988. Fiches Typologiques de Industrie de l'Os Préhistorique. Cahier II: Propulseurs. Aix-en-Provence: Université de Provence.
- Cattelain P. 1991. Les Propulseurs Paleolithiques: Utilisation et Traces d'Utilisation. *Archeologie Experimentale*, Tome 2 – La Terre. Actes du Colloque International "Experimentation en Archeologie: Bilan et Perspectives". Archeodrome de Beaune, 1988. Paris: Errance, 74–81

- Cattelain P. 1997. Hunting during the Upper Palaeolithic: Bow, Spearthrower, or Both?, (w:) H. Knecht (red.), *Projectile Technology*. New York: Plenum, 213–240.
- Christenson A. 1986. Projectile point size and projectile aerodynamics: an exploratory study, *Plains Anthropologist* 31, 109–128.
- Churchill S. 1993. Weapon Technology, Prey Size Selection, and Hunting Methods in Modern Hunter-Gatherers: Implications for Hunting in the Paleolithic, (w:) G. Peterkin, H. Bricker, P. Mellars (red.), *Hunting and Animal Exploitation in the Later Paleolithic and Mesolithic of Eurasia*, 11–24. *Archeological Papers of the American Anthropological Association* 4. Washington.
- Churchill S.E., Rhodes J.A. 2009. The Evolution of the Human Capacity for “Killing at a Distance”: The Human Fossil Evidence for the Evolution of Projectile Weaponry, (w:) J.J. Hublin, M.P. Richards (red.), *The Evolution of Hominin Diets: Integrating Approaches to the Study of Palaeolithic Subsistence*. Dordrecht: Springer, 201–210.
- Cotterell B., Kamminga J. 1992. *Mechanics of Pre-Industrial Technology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cundy B.J. 1989. Formal Variation in Australian Spear and Spearthrower Technology, *BAR International Series* 546, Oxford.
- Davidson D.S. 1934. Australian Spear Traits and Their Derivations. *Journal of the Polynesian Society* 43, 143–162.
- Fenenga F. 1953. The weights of chipped stone points: A clue to their functions, *Southwestern Journal of Anthropology* 9, 309–323.
- Fischer A. 1985. Hunting with flint-tipped arrows: Results and experiences from practical experiments, (w:) C. Bonsal (red.), *The Mesolithic in Europe*. Edinburgh: John Donald Publishers, 29–39.
- Fischer A., Vemming Hansen P., Rasmussen P. 1984. Macro and microwear traces on lithic projectile points. Experimental results and prehistoric examples, *Journal of Danish Archaeology* 3, 19–46.
- Flenniken J.J., Wilke P.J. 1989. Typology, technology, and chronology of Great Basin dart points, *American Anthropologist* 91, 149–158.
- Friis-Hansen J. 1990. Mesolithic cutting arrows: Functional analysis of arrows used in the hunting of large game, *Antiquity* 64, 494–504.
- Golek M., Rieder H. 1999. Erprobung der Altpalaolithischen Wurfspeere von Schöningen, *Stadion, Internationale Zeitschrift für Geschichte des Sports* 25, 1–12.
- Greaves R.D. 1997. Hunting and Multifunctional Use of Bows and Arrows: Ethnoarchaeology of Technological Organization among Pume Hunters of Venezuela, (w:) H. Knecht (red.), *Projectile Technology*. New York: Plenum, 287–314.
- Griffin P.B. 1997. Technology and Variation in Arrow Design among the Agta of Northeastern Luzon (w:) H. Knecht (red.), *Projectile Technology*. New York: Plenum, 267–287.
- Gurina N.N. 1956. Oleneostrovskij mogilnik, *Materialy i issledovania* 47.
- Hamilton T.M. 1982. Native American Bows. *Missouri Archaeological Society Special Publication* 5.
- Henke W., Tattersall I. (red.) 2007. *Handbook of Paleoanthropology, I: Principles, Methods and Approaches*. Berlin: Springer, 18–86.
- Henshilwood C.S., Marean C.W. 2003. The origin of modern human behavior, *Current Anthropology* 44, 627–651.
- Higgins G.J. 1933. The aerodynamics of an arrow, *Journal of the Franklin Institute* 216, 91–101.
- Howard C.D. 1974. The Atlatl: function and performance, *American Antiquity* 39, 102–104.
- Hughes S. 1998. Getting to the Point: Evolutionary Change in Prehistoric Weaponry, *Journal of Archaeological Method and Theory* 5, 345–408.
- Kelly A. 1970. *The Australian Spearthrower*. B.A. (Honors) thesis. Sydney: University of Sydney.
- Klopsteg P.E. 1939. The penetration of arrows, *American Bowman Review* 8 (12).
- Knecht H. (red.) 1997. *Projectile Technology*. New York: Plenum.
- Kooi B.W. 1998. The archer's paradox and modelling. A review, *History of Technology* 20, 125–137.

- Lombard M. 2005. Evidence of hunting and hafting during the Middle Stone Age at Sibudu Cave, Kwa-Zulu-Natal, South Africa: A multianalytical approach, *Journal of Human Evolution* 48, 279–300.
- Lombard M., Wadley L. 2016. Hunting technologies during the howiesons poort at Sibudu Cave: What they Reveal about human cognition in KwaZulu-Natal, South Africa, between 65 and 62 ka, (w:) R. Iovita, K. Sano (red.), *Multidisciplinary approaches to the study of Stone Age weaponry*. Dordrecht: Springer, 273–286.
- McBrearty S., Brooks A.S. 2000. The revolution that wasn't: a new interpretation of the origin of modern human behavior, *Journal of Human Evolution* 39, 453–563.
- Oswalt W.H. 1976. *An Anthropological Analysis of Food-Getting Technology*. New York: John Wiley and Sons.
- Petrequin P., Petrequin A.M. 1990. Fleches de Chasse, Fleches de Guerre. Le Cas des Danis d'Irian Jaya (Indonesie), *Bulletin de la Societe Prehistorique Francaise* 87, 484–511.
- Prins H. 2010. The Atlatl as Combat Weapon in 17th-Century Amazonia: Tapuya Indian Warriors in Dutch Colonial Brazil, *The Atlatl, Newsletter of the World Atlatl association* 23 (2).
- Rieder H. 2003. Der große Wurf der frühen Jäger: Nachbau altsteinzeitlicher Speere, *Biologie im Unserer Zeit* 33, 156–160.
- Rosendahl G., Beinbauer K.W., Löscher M., Kreipl K., Walter R., Rosendahl W. 2006. Le plus vieil arc du monde? Une pièce intéressante en provenance de Mannheim, Allemagne, *L'anthropologie* 110, 371–382.
- Rots V., Plisson H. 2013. Projectiles and the abuse of use-wear method in search for impact, *Journal of Archaeological Science* 48, 1–12.
- Rust A. 1943. *Die Alt- und Mittelsteinzeitlichen Funde von Stellmoor*, Neumünster: Wachholtz Verlag.
- Salem P.E., Churchill E. 2016. Penetration, tissue damage, and lethality of wood-versus lithic-tipped points, (w:) R. Iovita, K. Sano (red.), *Multidisciplinary approaches to the study of Stone Age weaponry*. Dordrecht: Springer, 203–212.
- Sano K. 2016. Evidence for the use of the bow-and-arrow technology by the first modern humans in the Japanese islands, *Journal of Archaeological Science: Reports* 10, 130–141.
- Schmitt D.O., Churchill S.E., Hylander W.L. 2003. Experimental evidence concerning spear use in Neandertals and early modern humans, *Journal of Archaeological Science* 30, 103–114.
- Shea J.J. 2006. The origins of lithic projectile point technology: evidence from Africa, the Levant, and Europe, *Journal of Archaeological Science* 33, 823–846.
- Shea J.J. 2009. The impact of projectile weaponry on late Pleistocene hominin evolution, (w:) J. Hublin, M.P. Richards (red.), *The Evolution of Hominin Diets*. New York: Springer, 189–199.
- Shea J.J., Sisk M.L. 2010. Projectile technology and homo sapiens dispersal from Africa to Western Eurasia, *Paleo Anthropology*, 100–122.
- Shott M.J. 1997. Stones and shafts redux: the metric discrimination of chipped stone dart and arrow points, *American Antiquity* 62, 86–102.
- Sisk M.L., Shea J.J. 2011. The African origin of complex projectile technology: An analysis using tip cross sectional area and perimeter, *International Journal of Evolutionary Biology*, 1–8.
- Stodiek U. 1993. *Zur Technologe der jungpaläolithischen Sperrschender*, Tübingen Monographien zur Urgeschichte 9, Tübingen.
- Thieme H. 1997. Lower Palaeolithic hunting spears from Germany, *Nature* 385 (6619), 807–810.
- Thomas D.H. 1978. Arrowheads and atlatl darts: how the stones got the shaft, *American Antiquity* 43, 461–472.
- Tindale N.B. 1925. Natives of Groote Eyland, *Records of the South Australian Museum* 3, 61–134.
- Witthoft J. 1968. Flint arrowpoints from the Eskimo of northwestern Alaska, *Expedition*, winter 1968, University of Pennsylvania Museum 10 (2), 30–37.
- Yu P.L. 2006. From atlatl to bow and arrow: implicating projectile technology in changing systems of hunter-gatherer mobility, (w:) F. Sellet, R. Greaves, P. Yu, (red.), *Projectile Technology in Changing Systems of Hunter-gatherer Mobility*. Gainesville: University Press of Florida.